

**Comptes rendus de la
24^e réunion de la
Conférence générale
des poids et mesures
(octobre 2011)**

English version

**Proceedings of the
24th meeting of the
General Conference
on Weights and Measures
(October 2011)**

Bureau international des poids et mesures

Conférence générale des poids et mesures

24^e réunion (17-21 octobre 2011)

Note sur l'utilisation du texte anglais (voir page 362)

Les comptes rendus de la Conférence générale des poids et mesures sont présentés en anglais en même temps qu'en français. Il n'en demeure pas moins que la version officielle, en particulier concernant les résolutions adoptées par la Conférence, est celle en langue française.

The proceedings of the General Conference on Weights and Measures are prepared in English as well as French. Please note, however, that the official version, particularly of the Resolutions voted by the Conference, is the French one.

Édité par le BIPM
Pavillon de Breteuil
F-92312 Sèvres Cedex
France

Conception graphique :
Monika Jost

Imprimé par : Imprimerie Centrale, Luxembourg

ISSN 1016-5893
ISBN 978-92-822-2250-8

Table des matières

Liste des délégués et des invités 9

Comptes rendus des séances, 17-21 octobre 2011 23

Ordre du jour 24

- 1 Présentation des titres accréditant les délégués 27
- 2 Ouverture de la réunion 27
- 3 Discours du représentant de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères et européennes de la République française 27
- 4 Réponse de M. le Président du Comité international des poids et mesures 29
- 5 Discours de M. le Président de l'Académie des sciences de Paris, président de la 24^e réunion de la CGPM 30
- 6 Nomination du secrétaire de la réunion de la CGPM 32
- 7 Établissement de la liste des délégués ayant pouvoir de voter 33
- 8 Approbation de l'ordre du jour 35
- 9 Rapport de M. le Président du Comité international sur les travaux accomplis depuis la 23^e réunion de la Conférence générale (novembre 2007 – septembre 2011) 35
 - 9.1 Introduction 37
 - 9.2 Mise en œuvre des Résolutions approuvées par la Conférence générale lors de sa 23^e réunion 38
 - 9.3 L'arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie (CIPM MRA) 42
 - 9.4 Comités consultatifs 44
 - 9.5 Ateliers 45
 - 9.6 École d'été 48
 - 9.7 Les Comités consultatifs et la redéfinition de certaines unités de base du Système international d'unités, le SI 48
 - 9.8 Comités communs 49
 - 9.9 Collaboration avec l'OIML, l'ILAC et l'ISO, ainsi qu'avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux 50
 - 9.10 Journée mondiale de la métrologie 51

- 9.11 Réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie **52**
- 9.12 Réunion des représentants des États Parties à la Convention du Mètre **52**
- 9.13 Travail du BIPM **53**
- 9.14 Administration et finances **61**
- 9.15 Conclusion **65**
- 10 Relations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux **65**
 - 10.1 Rapports sur les relations avec l’AIEA, l’OIML, l’OMM, l’OMS, la CIE et l’ILAC **65**
 - 10.2 Initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux d’accréditation **73**
- 11 Rapport du CIPM sur l’éventuelle redéfinition d’un certain nombre d’unités de base du SI et sur les initiatives visant à améliorer l’exactitude et la traçabilité des mesures liées au changement climatique **74**
 - 11.1 Changements à venir concernant le Système international d’unités, le SI **74**
 - 11.2 Métrologie, changement climatique et économie du carbone **79**
- 12 Sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM **80**
- 13 Programme de travail du BIPM et implications financières **84**
 - 13.1 Programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016 **84**
 - 13.2 Dotation annuelle du BIPM **92**
- 14 Désignation des membres du Groupe de travail sur la dotation du BIPM **92**
- 15 Discussion sur le programme de travail et les options de financement **93**
- 16 Rapport sur l’Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (CIPM MRA) **98**
- 17 Rapport sur les questions relatives aux Associés à la Conférence générale **99**
 - 17.1 Sur le statut d’État Associé à la Conférence générale **99**
 - 17.2 Sur l’acceptation d’entités économiques comme Associé à la Conférence générale **99**
- 18 Sur l’exclusion des États Parties à la Convention du Mètre ayant des contributions arriérées depuis plus de six années **101**
- 19 Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées **102**
- 20 Sur une Convention sur les privilèges et immunités du BIPM **108**
- 21 Rapport initial du Groupe de travail sur la dotation du BIPM **109**
- 22 Discussion sur les Projets de résolution **110**

- 23 Rapports des présidents des Comités consultatifs **118**
 - 23.1 Comité consultatif des longueurs **118**
 - 23.2 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées **123**
 - 23.3 Comité consultatif d'électricité et magnétisme **134**
 - 23.4 Comité consultatif de thermométrie **137**
 - 23.5 Comité consultatif du temps et des fréquences **153**
 - 23.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie **159**
 - 23.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants **166**
 - 23.8 Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie **172**
 - 23.9 Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations **193**
 - 23.10 Comité consultatif des unités **199**
- 24 Rapport final du Groupe de travail sur la dotation du BIPM **202**
- 25 Vote des résolutions **203**
- 26 Renouvellement par moitié du CIPM **206**
- 27 Questions diverses **208**
- 28 Clôture de la 24^e réunion de la CGPM **209**

Résolutions adoptées par la Conférence générale lors de sa 24^e réunion 211

- Sur l'éventuelle révision à venir du Système international d'unités, le SI **212**
- Sur l'importance d'une collaboration internationale afin de rendre les mesures nécessaires à l'observation du changement climatique traçables au Système international d'unités (SI) **217**
- Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2013 à 2015 **219**
- Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale **221**
- Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale **223**
- Sur les contributions arriérées des États Parties à la Convention du Mètre **224**
- Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité internationale des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées **225**
- Sur la révision de la mise en pratique de la définition du mètre et sur la mise au point de nouveaux étalons optiques de fréquence **227**
- Sur l'adoption d'un système de référence terrestre commun **228**
- Sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM **229**

Annexe A Convocation de la Conférence générale des poids et mesures (24^e réunion) **231**

Annexe B Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les quatre années 2013 à 2016 **285**

Liste des sigles utilisés dans le présent volume 669

Liste des délégués et des invités à la 24^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures

Réunie à Paris du 17 au 21 octobre 2011 sous la présidence de
M. Alain Carpentier
Président de l'Académie des sciences de l'Institut de France

Président par délégation

M. Christian J. Bordé
Académie des sciences de l'Institut de France

Mesdames, Messieurs les délégués des États signataires de la Convention du Mètre et
Associés à la Conférence générale des poids et mesures*.

Afrique du Sud

M. M. Motuku, président-directeur général, National Metrology Institute of South Africa
(NMISA), Pretoria.

M. T. Demana, directeur principal, Technical Infrastructure, Department of Trade and Industry,
Pretoria.

Allemagne

M. S. Halldorn, ministère fédéral de l'Économie et de la Technologie, Berlin.

Mme F. Weritz, ministère fédéral de l'Économie et de la Technologie, Berlin.

M. E.O. Göbel*, président, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig.

M. K. Matthes, premier conseiller aux Affaires scientifiques et technologiques, ambassade
d'Allemagne, Paris.

Arabie saoudite

M. N.A. Molla, gouverneur général, Saudi Standards, Metrology and Quality Organization
(SASO), Riyad.

M. A.A. Al Habdan, directeur, National Measurement and Calibration Center (NMCC), Riyad.

M. F.T. Al Harbi, directeur adjoint du service des étalonnages, NMCC.

* Le nom des chefs de délégation apparaît en gras et celui des chefs de délégation par intérim en italique ;
le nom des membres du Comité international des poids et mesures est suivi d'un astérisque.

Argentine

M. J. Valdés*, directeur, Technology Transfer in Metrology, Micro-Nano Technology and New Materials, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Buenos Aires.

Australie

M. L. Besley, directeur et responsable de la métrologie, National Measurement Institute, Australia (NMIA), Department of Innovation, Industry, Science and Research, Lindfield.

M. B.D. Inglis*, président du CIPM.

Autriche

M. G. Freistetter, ministère fédéral de l'Économie et du Travail (BMWFJ), Vienne.

Belgique

M. J.-M. Poncin, conseiller général, Division Réglementation et Politique de Contrôle, Service public fédéral Économie, PME, Classes moyennes et Énergie, Direction générale de la Qualité et Sécurité, Bruxelles.

M. J. Nicolas, conseiller, responsable du service de Métrologie scientifique, Division Réglementation et Politique de Contrôle, Service public fédéral Économie, PME, Classes moyennes et Énergie, Direction générale de la Qualité et Sécurité, Bruxelles.

Brésil

M. H. Siqueira Brandi, directeur de la métrologie industrielle et scientifique, Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO), Rio de Janeiro.

Bulgarie

M. V. Tudjarov, secrétaire général, ministère de l'Économie, de l'Énergie et du Tourisme, Sofia.

Mme D. Ivanova, présidente par intérim, Bulgarian Institute of Metrology (BIM), Sofia.

Cameroun

Non représenté.

Canada

M. D. Wayner, vice-président, Recherche aux frontières de la science, Conseil national de recherches du Canada (CNRC), Ottawa.

M. J. W. McLaren*, vice-président du CIPM, directeur général, Institut des étalons nationaux de mesure, Conseil national de recherches du Canada (IÉNM-CNRC), Ottawa.

M. A. Steele, directeur de la métrologie, IÉNM-CNRC.

Chili

Non représenté, excusé.

Chine

M. Changcheng Pu, vice-ministre, Bureau d'État de la supervision de la qualité, de l'inspection et de la quarantaine (AQSIQ), Beijing.

M. Han Yi, directeur général du département de la métrologie, AQSIQ.

Melle Xiaokang Kong, directrice générale adjointe, département de la coopération internationale, AQSIQ.

M. Jianping Han, directeur, AQSIQ.

M. Yuejun Du, directeur, bureau principal, AQSIQ.

M. Huaxin Zheng, directeur adjoint, AQSIQ.

M. Yukuan Zhang, directeur, Institut national de métrologie (NIM), Beijing.

M. Yuning Duan*, directeur adjoint, NIM

Mme Gao Wei, responsable du bureau de la coopération internationale, NIM.

Croatie

M. Davor Zvizdic, responsable des étalons nationaux dans le domaine de la température, l'humidité et la pression, Croatian Metrology Institute (HMI), Zagreb.

Danemark

M. M. Kjær, directeur, Danish Fundamental Metrology Ltd (DFM), Lyngby.

Mme K. Rud Michaelsen, coordinatrice des activités de la métrologie, Danish Safety Technology Authority, Copenhague.

Égypte

M. A.B. Shehata, président, National Institute of Standards (NIS), Gizeh.

Espagne

M. J.Á. Robles Carbonell, directeur de la division scientifique et des relations institutionnelles, Centro Español de Metrología (CEM), Madrid.

Mme D. del Campo Maldonado, chef du service de température, CEM.

M. M. López Ruiz, conseiller industriel, ambassade d'Espagne, Paris.

États-Unis d'Amérique

M. P. Gallagher, directeur, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg.

*M. W.E. May**, vice-président du CIPM, directeur associé pour les programmes de laboratoire, NIST.

Mme C.M. Saundry, directrice, Office of International and Academic Affairs, NIST.

Mme R. Disselkoen, chargé d'affaires étrangères, Bureau of International Organization Affairs, Department of State, Washington D.C.

Fédération de Russie

M. V.N. Krutikov, vice-président, Rostekhnregulirovaniye of Russia, Moscou.

*M. L.K. Issaev**, directeur adjoint, Institute for Metrological Service (VNIIMS), Rostekhnregulirovaniye of Russia, Moscou.

Mme T.D. Kanishcheva, Rostekhnregulirovaniye of Russia, Moscou.

M. S.A. Kononogov, directeur, VNIIMS.

M. N.I. Khanov, directeur, Institut de métrologie D.I. Mendéléev (VNIIM), Rostekhnregulirovaniye of Russia, Saint-Pétersbourg.

Finlande

M. T. Hirvi, directeur, Centre for Metrology and Accreditation (MIKES), Helsinki.

Mme M. Jacobsson, conseiller senior, ministère de l'Emploi et de l'Économie, Helsinki.

France

Mme C. Lagauterie, chef du Bureau de la métrologie, ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, Paris.

M. J.-L. Laurent, directeur général, Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), Paris.

Mme M. Chambon, directrice de la recherche scientifique, LNE.

M. L. Énard*, conseiller scientifique et technique, LNE.

Mme J. Heurley, sous-directrice adjointe de la recherche, ministère des Affaires étrangères et européennes, Paris.

Grèce

Non représentée, excusée.

Hongrie

M. P. Pákay, directeur, Hungary Trade Licensing Office, département Métrologie (MKEH), Budapest.

Inde

Non représentée, excusée.

Indonésie

Non représentée, excusée.

Iran

Non représenté.

Irlande

Non représentée, excusée.

Israël

M. G. Deitch, commissaire à la standardisation, directeur technique, National Physical Laboratory of Israel (INPL), Jérusalem.

Italie

M. A. Carpinteri, président, Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM), Turin.

M. P. de Felice, directeur, Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (ENEA-INMRI), Rome.

M. P. Francisci, fonctionnaire, ministère du Développement économique, direction générale pour le marché, la concurrence, le consommateur et la technique normative, Rome.

Japon

M. Y. Miki, directeur général, National Metrology Institute of Japan (NMIJ/AIST), Tsukuba.

M. T. Yamada, directeur adjoint, division Mesure et infrastructure intellectuelle, Bureau de l'environnement et de la politique en matière de technologie scientifique industrielle, ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI), Tokyo.

M. I. Ishiguro, assistant du directeur, division Mesure et infrastructure intellectuelle, Bureau de l'environnement et de la politique en matière de technologie scientifique industrielle, METI.

M. I. Fujima, directeur du bureau de la coopération pour la métrologie internationale, NMIJ/AIST.

M. N. Takeda, premier secrétaire aux affaires scientifiques, ambassade du Japon, Paris.

Kazakhstan

Mme G. Lesbekova, expert senior en métrologie et évaluation de la conformité, Committee for Technical Regulation and Metrology of the Ministry of Industry and New Technologies of the Republic of Kazakhstan, Astana.

M. C. Omarov, troisième conseiller, ambassade du Kazakhstan, Paris.

Kenya

M. J.M. Kioko, directeur, Kenya Bureau of Standards (KEBS), Nairobi.

M. D.M. Moturi, KEBS.

Malaisie

M. A.R.Z. Abidin, directeur, SIRIM Berhad, Sepang, Selangor.

Mexique

M. H. Nava-Jaimes*, directeur général, Centro Nacional de Metrología (CENAM), Quéretaro.

M. I. Hernández, directeur du pôle de métrologie mécanique, CENAM.

M. I. Castelazo, directeur des services technologiques, CENAM.

Norvège

Mme E. Stokstad, directeur général, Norwegian Metrology Service, Justervesenet (JV), Kjeller.

M. H. Arne Frøystein, directeur général adjoint, JV.

Nouvelle-Zélande

M. T. Armstrong, directeur, Measurement Standards Laboratory of New Zealand (MSL), Lower Hutt.

Pakistan

Non représenté, excusé.

Pays-Bas

Mme A. van Spronsen, senior officer, ministère des Affaires économiques, de l'agriculture et de l'innovation, La Haye.

M. A. Dalhuijsen, directeur général, VSL, Delft.

M. R. Kaarls*, secrétaire du CIPM, président du Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM).

Pologne

Mme J.M. Popowska, présidente, Central Office of Measures/Główny Urząd Miar (GUM), Varsovie.

M. M. Dobieszewski, directeur d'unité, ministère de l'Économie, Varsovie.

M. Z. Ramotowski, directeur, GUM.

Mme P. Ruśkowska, GUM.

Mme J. Sękała, GUM.

Portugal

Mme M.E. Filipe, directrice du département Métrologie, Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica.

République de Corée

M. M. Kim, président, Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS), Daejeon.

Mme Kwang Hwa Chung*, scientifique émérite, KRISS.

M. H.Y. So, directeur de la division métrologie pour la qualité de la vie, KRISS.

M. S. Seo, directeur du bureau des partenariats, KRISS.

République dominicaine

Non représentée.

République populaire démocratique de Corée

Non représentée.

République Tchèque

M. M. Holeček, président, Czech Office for Standards, Metrology and Testing (UNMZ), Prague.

M. P. Klenovský, directeur général, Czech Metrology Institute (CMI), Brno.

Mme K. Vidimová, directeur adjoint du département de métrologie, UNMZ.

Roumanie

Mme M. Buzoianu, directrice scientifique, Institutul National de Metrologie (INM), Bucarest.

M. F. Iacobescu, directeur général, Romanian Bureau of Legal Metrology (BRML), Bucarest.

Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord

M. R. Gunn, directeur Programmes and Estate, National Measurement Office (NMO), Department for business, innovation and skills (BIS), Teddington.

M. P. Mason, directeur général, NMO BIS, Teddington, président désigné de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML).

M. S. Bennett*.

M. I. Mills, président du Comité consultatif des unités (CCU), University of Reading.

Serbie

Mme V. Živković, directeur, Directorate of Measures and Precious Metals (DMDM), Belgrade.

Mme J. Popović, ministre adjointe, ministère de l'Économie et du Développement régional, Belgrade.

Singapour

M. L.L. Chong, directeur, Agency for Science, Technology and Research (A*STAR), Singapour.

Slovaquie

Mme L. Gocníková, présidente, Slovak Office of Standards, Metrology and Testing/Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, Bratislava.

M. J. Kadlečík, directeur du département de métrologie, Slovak Office of Standards, Metrology and Testing/Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, Bratislava.

M. M. Halaj, directeur général par intérim, Slovak Institute of Metrology/Slovenský Metrologický Ústav (SMU), Bratislava.

M. J. Markovič, directeur général, Slovak Legal Metrology, Bratislava.

Suède

M. H. Nilsson, directeur de département, Technical Research Institute of Sweden (SP), Borås.

M. B. Johansson, chef de projet, Vinnova, Swedish Agency for Innovation Systems, Stockholm.

M. A.J. Thor, professeur associé, École royale polytechnique, Stockholm.

Suisse

M. C. Bock, directeur, Office fédéral de métrologie (METAS), Bern-Wabern.

M. P. Richard, sous-directeur, METAS.

Thaïlande

Non représentée, excusée.

Turquie

M. S. Süer, directeur par intérim, National Metrology Institute of Turkey (UME), Gebze-Kocaeli.

M. M. Karaoğlu, chef de section, direction générale pour la métrologie et la standardisation, Ankara.

M. Í.K. Kaynakçi, expert assistant, direction générale pour la métrologie et la standardisation, Ankara.

Uruguay

Mme C. Santo, directrice de la métrologie scientifique, Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), Montevideo.

Mme A. de Bellis, ministre-conseiller, ambassade de l'Uruguay, Paris

Venezuela (République bolivarienne du)

Non représentée, excusée.

États et entités économiques associés à la Conférence générale

Albanie

Mme M. Hoxha, directeur du département de la métrologie scientifique et industrielle, General Directorate of Metrology and Calibration (DPM), Tirana.

M. A. Laci, chef de la section des grandeurs électriques, DPM.

Bélarus

M. N. Zhagora, directeur, Belarussian State Institute for Metrology (BelGIM), Minsk.

Bolivie (État plurinational de)

Non représenté, excusé.

Bosnie-Herzégovine

M. Z. Džemić, directeur, Institute of Metrology of Bosnia and Herzegovina, Sarajevo.

Son Excellence Mme Nina Sajić, ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire, ambassade de Bosnie-Herzégovine, Paris.

Mme E. Merdan, conseiller, ambassade de Bosnie-Herzégovine, Paris.

CARICOM

Non représenté, excusé.

Costa Rica

Non représenté, excusé.

Cuba

Non représenté, excusé.

Équateur

Non représenté, excusé.

Estonie

Non représentée, excusée.

Ex-République yougoslave de Macédoine

Non représentée, excusée.

Géorgie

Non représentée, excusée.

Ghana

Non représenté, excusé.

Hong Kong, Chine

M. K.-s. Chiang, directeur, Government of the Hong Kong Special Administrative Region Standards and Calibration Laboratory (SCL), Wanchai.

M. C.-m. Lau, responsable, Government Chemist, Government of the Hong Kong Special Administrative Region Government Laboratory (GLHK), Kowloon.

Jamaïque

Non représentée, excusée.

Lettonie

Non représentée, excusée.

Lituanie

Non représentée, excusée.

Malte

Non représentée, excusée.

Maurice

Non représenté, excusé.

Monténégro

Mme V. Asanovic, directrice, Bureau of Metrology (BMM), Podgorica.

Son Excellence Mme I. Radovic, ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire, ambassade du Monténégro, Paris.

M. G. Vukoslavovic, directeur-adjoint, BMM.

Panama

Non représenté, excusé.

Paraguay

Non représenté, excusé.

Pérou

M. J.A. Dajes Castro, chef du service national de métrologie, Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección (INDECOPI), San Borja.

Philippines

Non représentées, excusées.

République de Moldova

Non représentée, excusée.

Seychelles

Non représentés, excusés.

Slovénie

M. S. Kopač, directeur, Ministry of Higher Education, Science and Technology, Metrology Institute (MIRS), Celje.

Sri Lanka

Non représenté, excusé.

Taipei chinois

M. Jia-Rey Duann, vice-président et directeur général, Institut de recherche de la technologie industrielle, Center for Measurement Standards (CMS), Hsinchu.

M. Gwo-Sheng Peng, CMS.

M. Ching-Ping Chao, spécialiste senior, 4^e division, Bureau of Standards, Metrology & Inspection (BSMI), Taipei.

Tunisie

M. M. Ben Hassine, directeur général, Agence nationale de métrologie (ANM), Tunis, président d'AFRIMETS.

Ukraine

M. P. Neyezhnikov, premier directeur-général adjoint sur le travail scientifique, National Scientific Centre "Institute of Metrology", Kiev.

Viet Nam

M. Ngo Quy Viet, directeur général, Directorate for Standards, Metrology and Quality (STAMEQ), Hanoi.

M. Khanh Xuan Vu, directeur, Vietnam Metrology Institute-Directorate for Standards and Quality (VMI-STAMEQ), Hanoi.

M. Bui Quoc Thu, chef de la Section des longueurs, VMI-STAMEQ.

Zambie

Non représentée, excusée.

Zimbabwe

M. R. Mafoti, président-directeur général, Scientific & Industrial Research & Development Centre (SIRDC), Harare.

M. M. Ranganai, directeur de la recherche, SIRDC.

Son Excellence M. D. Hamadziripi, ambassadeur extraordinaire et plénipotentiaire, ambassade du Zimbabwe, Paris.

M. B. Nengomasha, conseiller, ambassade du Zimbabwe, Paris.

Ont assisté à la Conférence

M. M. Kühne, directeur, Bureau international des poids et mesures (BIPM), Sèvres.

Les représentants des organisations internationales suivantes :

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Genève (M. A. Meghzifene, directeur de la Section de la dosimétrie et de la radiophysique médicale au sein de la Division de la santé humaine).

Commission européenne (M. K. Maruszewski, directeur, Institut des matériaux et mesures de référence (IRMM), Geel)

International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) (M. P. Unger, président de l'ILAC).

Organisation internationale de métrologie légale (OIML), Paris (M. S. Patoray, directeur du Bureau international de métrologie légale, BIML).

Organisation météorologique mondiale (OMM), Genève (M. W. Zhang, directeur du Département des systèmes d'observation et d'information).

Organisation mondiale de la santé (OMS), Genève (Mme A. Velazquez Berumen, coordinatrice, Imagerie diagnostique et dispositifs médicaux).

Commission internationale de l'électricité (CIE), M. F. Hengstberger*.

M. T.J. Quinn, directeur honoraire, BIPM, Sèvres.

M. K. Carneiro*.

M. A. Sacconi*.

M. W. Schwitz*.

M. U. Ugur*.

M. K. Iizuka, membre honoraire du CIPM.

M. D. Kind, membre honoraire du CIPM.

M. J. Kovalevsky, membre honoraire du CIPM.

Le personnel du BIPM.

**Comptes rendus des séances de la
24^e réunion de la Conférence générale
des poids et mesures
17-21 octobre 2011**

Ordre du jour

L'ordre du jour définitif est adopté comme suit :

- 1 Ouverture de la réunion.
- 2 Discours de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères et européennes de la République française.
- 3 Réponse de M. le Président du Comité international des poids et mesures.
- 4 Discours de M. le Président de l'Académie des sciences de Paris, Président de la Conférence générale.
- 5 Présentation des titres accréditant les Délégués.
- 6 Désignation du Secrétaire de la Conférence générale.
- 7 Établissement de la liste des Délégués ayant pouvoir de voter.
- 8 Approbation de l'ordre du jour.
- 9 Rapport de M. le Président du CIPM sur les travaux accomplis depuis la 23^e réunion de la Conférence générale.
- 10 Rapport sur les relations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux :
 - 10.1 Rapports d'organismes et organisations, parmi lesquels l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), la Fédération internationale de chimie clinique et médecine de laboratoire (IFCC), l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et la Commission internationale de l'éclairage (CIE) ;
 - 10.2 Initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux d'accréditation.
- 11 Rapport du CIPM sur l'éventuelle redéfinition d'un certain nombre d'unités de base du SI et sur les initiatives visant à améliorer l'exactitude et la traçabilité des mesures liées au changement climatique.
 - 11.1 Changements à venir concernant le Système international d'unités, le SI ;
 - 11.2 Métrologie, changement climatique et économie du carbone.
- 12 Sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM.
- 13 Programme de travail du BIPM et implications financières :
 - 13.1 Programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016 ;
 - 13.2 Dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures.
- 14 Désignation des membres du Groupe de travail sur la dotation du BIPM.
- 15 Rapport sur la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM.

- 16 Rapport sur les questions relatives aux Associés à la Conférence générale :
 - 16.1 Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale ;
 - 16.2 Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale.
- 17 Sur l'exclusion des États Parties à la Convention du Mètre ayant des contributions arriérées depuis plus de six années :
 - 17.1 Sur l'exclusion de la République du Cameroun ;
 - 17.2 Sur l'exclusion de la République dominicaine ;
 - 17.3 Sur l'exclusion de la République islamique d'Iran ;
 - 17.4 Sur l'exclusion de la République populaire démocratique de Corée.
- 18 Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées.
- 19 Sur une Convention sur les privilèges et immunités du BIPM.
- 20 Rapports des présidents des Comités consultatifs :
 - 20.1 Comité consultatif des longueurs ;
 - 20.2 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées ;
 - 20.3 Comité consultatif du temps et des fréquences ;
 - 20.4 Comité consultatif d'électricité et magnétisme ;
 - 20.5 Comité consultatif de thermométrie ;
 - 20.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie ;
 - 20.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants ;
 - 20.8 Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie ;
 - 20.9 Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations ;
 - 20.10 Comité consultatif des unités.
- 21 Propositions des Délégués.
- 22 Renouvellement par moitié du CIPM.
- 23 Votes des Résolutions.
- 24 Questions diverses.
- 25 Clôture de la réunion.

1 Présentation des titres accréditant les délégués

Comme requis dans la Convocation, la composition de chaque délégation doit être communiquée au BIPM au plus tard deux semaines avant l'ouverture de la réunion de la Conférence générale des poids et mesures (ci-après CGPM ou Conférence générale). À leur arrivée, les délégués ont été priés de présenter les titres d'accréditation remis par les autorités concernées de leur Gouvernement.

2 Ouverture de la réunion de la Conférence générale des poids et mesures

Au nom de M. Carpentier, président de l'Académie des sciences de Paris, M. Bordé, physicien et membre de l'Académie des sciences de Paris, ouvre la séance inaugurale de la 24^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures.

L'ouverture est suivie par une déclaration de M. Sellal, secrétaire général, représentant de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères et européennes de la République française.

3 Discours du représentant de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères et européennes de la République française

M. Sellal, secrétaire général du ministère des Affaires étrangères et européennes de la République française, prononce l'allocution suivante :

« Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs les Délégués,

Au nom de M. Alain Juppé, ministre des Affaires étrangères et européennes, et au nom du Gouvernement de la République française, j'ai le grand honneur et le plaisir de vous accueillir aujourd'hui à Paris à l'occasion de l'ouverture de cette 24^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures.

La France a le privilège d'être, depuis plus de 135 ans, le dépositaire de la Convention du Mètre, signée à Paris à l'époque par dix-sept États, dans le but d'établir une autorité mondiale dans le domaine de la métrologie.

La mission principale du Bureau international des poids et mesures était, à l'origine, la conservation des étalons du mètre et du kilogramme.

Cette mission de conservation demeure sans doute pertinente aujourd'hui, tout en évoluant dans ses modalités. Car plus que jamais, l'accroissement des échanges, le développement des sciences

et des techniques, l'apparition de nouveaux enjeux planétaires appellent des références communes et des repères accessibles à tous.

La mondialisation, nous le savons bien, est à la fois diversité croissante et besoin de convergence.

En raison de leur complexité, de leur technicité, des interrelations qui les caractérisent, les défis économiques, environnementaux, sociétaux auxquels le monde est aujourd'hui confronté ne peuvent être appréhendés, discutés et a fortiori résolus par les Politiques sans le concours de la science et la participation active des scientifiques que vous êtes.

La diplomatie, elle aussi, a besoin de rigueur, de références aussi incontestables que possible, de mesures susceptibles de nourrir la confiance.

Il existe en effet une demande croissante de résultats et de mesures fiables, reconnus, comparables sur le plan international. Nous sommes profondément convaincus qu'il ne peut y avoir de régulation internationale efficace sans repères communs. C'est ce que nous éprouvons dans la préparation du Sommet du G20 qui se réunira en France dans quelques semaines, et je ne peux m'empêcher de penser dans ce contexte à la pertinence du message de votre Conférence, quelle que soit la distance qui peut paraître séparer le monde de la physique et celui de la finance.

Toute l'histoire de votre organisation, mesdames et messieurs, me semble inspirée par ce double objectif : objectiver et universaliser. D'une part, il s'agit de conférer la plus grande précision, la plus grande rigueur à la définition des unités. D'autre part, il faut chercher à en promouvoir la plus grande extension, une acceptation aussi universelle que possible.

C'est dans cet esprit que, il y a un peu plus de dix ans, en octobre 1999, les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie de trente-huit États Membres du Bureau international des poids et mesures et les représentants de deux organisations internationales ont signé un Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure.

Cet arrangement répond au besoin accru de disposer d'un dispositif transparent et global, capable de fournir aux utilisateurs des informations quantitatives fiables, assurant l'équivalence des services fournis par les laboratoires nationaux de métrologie. Afin d'encourager la plus vaste participation possible à ce dispositif, la Conférence a créé un nouveau statut, la catégorie des Associés à la Conférence générale des poids et mesures, permettant à de nouveaux États et entités économiques d'attester de leurs capacités et compétences en matière de mesures.

Quels sont les enjeux de la métrologie aujourd'hui ?

La métrologie a pour caractéristique d'être à la fois peu connue du grand public et essentielle à la vie quotidienne de chacun. Bien plus, seule la mesure permet d'agir dans le monde physique, l'industrie, l'environnement, la santé. Il est donc indispensable pour nos sociétés de disposer des méthodes, des instruments et des étalons de la métrologie adaptés aux besoins d'aujourd'hui.

À titre d'exemple, récemment, l'alignement des échelles de temps utilisées par les systèmes globaux de navigation sur les références internationales du BIPM a permis d'obtenir un positionnement exact sur toute la surface de la Terre. De même, l'unification et la traçabilité des mesures de gaz à effet de serre ont contribué à alimenter les études relatives aux évolutions du climat.

Les nouveaux champs de la physique et de l'ingénierie supposent études et recherches qui intègrent, désormais, des dimensions nanométriques et des vitesses de plus en plus élevées. Pour

leur part, les nouvelles applications industrielles continuent de susciter des demandes de mesures spécifiques et d'inventer de nouvelles unités.

Les attentes les plus pressantes, dans les prochaines années, seront sans doute de répondre, par des mesures précises et traçables, aux enjeux de l'environnement, de la biotechnologie, du contrôle des médicaments, de la sécurité alimentaire et de la médecine.

Enfin, vos travaux vont représenter une étape supplémentaire dans la traduction des vieilles unités matérielles issues du siècle des Lumières, par des références à des constantes fondamentales de la physique.

C'est dire la modernité et l'esprit d'invention et de changement qui caractérisent votre organisation, l'une des plus anciennes organisations internationales du monde, tant il est vrai que la conservation de l'essentiel, ici des unités communes, appelle adaptation permanente, en l'occurrence la nouvelle expression de ces unités et mesures.

En 1875, M. Dumas, ancien ministre et secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, qui représentait la France à la Conférence diplomatique du Mètre cette année-là, soulignait que pour assurer la tâche qui lui était confiée, le Bureau international des poids et mesures devait être « doté d'un personnel d'hommes expérimentés, qui, travaillant d'une manière continue avec des instruments dont ils auront l'habitude, pourraient mettre dans leurs observations la méthode, la suite et la précision qu'elles réclament. »

Depuis cette année 1875, le Comité international des poids et mesures s'est réuni une centaine de fois, associant à ses travaux des personnalités scientifiques de premier plan, dont de nombreux prix Nobel, et a accompagné, parfois précédé, les bouleversements prodigieux de la physique et des technologies.

Je suis convaincu que vos travaux, les résolutions qui seront proposées et adoptées au cours de cette session de la Conférence générale des poids et mesures continueront, dans le même esprit que celui qui animait ses fondateurs, à servir les intérêts de la science, de la communauté internationale, et comme on l'aurait sans doute dit lors de l'adoption du mètre, le 26 mars 1791, de l'Humanité toute entière.

Je vous remercie. »

4 Réponse de M. le Président du Comité international des poids et mesures

M. Inglis, président du Comité international des poids et mesures (ci-après CIPM ou Comité international), remercie M. Sellal de l'intervention qu'il a donnée au nom de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères et européennes de la République française. Il souligne la reconnaissance au niveau international du rôle que la France a joué dans le domaine de la métrologie, non seulement en tant que dépositaire de la Convention du Mètre, mais aussi comme catalyseur lors de l'établissement et du développement du BIPM. M. Sellal a mentionné que la science était l'un des moteurs les plus puissants de la mondialisation. La science est également essentielle pour faire progresser les mesures : la métrologie, ou science de la mesure, accompagne les évolutions des nouvelles technologies ou de celles émergentes, en particulier dans les domaines de l'environnement, des biotechnologies et des tests médicaux. M. Inglis est

convaincu que les représentants des dix-sept États ayant signé la Convention du Mètre en 1875 seraient surpris de voir les progrès effectués depuis cette époque, même s'il reste encore beaucoup à faire. Il remercie le Ministre pour ses mots encourageants et conclut en remerciant de nouveau M. Sellal pour son discours.

5 Discours de M. le Président de l'Académie des sciences de Paris, président de la 24^e réunion de la CGPM

M. Bordé prononce l'allocution suivante au nom de M. Carpentier, président de l'Académie des sciences de Paris, qui a été retardé.

« Monsieur le Secrétaire général, Mesdames et Messieurs les Délégués, Monsieur le Président du CIPM, Monsieur le Directeur du BIPM, mes chers collègues, j'ai, au nom de l'Académie des sciences, le privilège et le grand plaisir d'accueillir en vous les représentants d'une métrologie internationale en plein essor. Vous êtes porteurs d'une double mission :

- d'une part, celle de maintenir et même de faire progresser l'universalité du système international d'unités à l'écoute de la communauté scientifique et à la lumière de ses découvertes les plus récentes. La métrologie s'appuie aujourd'hui sur la physique la plus avancée et, en retour, ses progrès irriguent et inspirent la science moderne la plus fondamentale. Par exemple, la question récente très débattue dans les médias de la vitesse des neutrinos est essentiellement un problème de métrologie du temps et de l'espace ;
- d'autre part, il vous appartient d'aider la société à faire face à tous ses besoins pour quantifier et maîtriser nombre de facteurs et de périls touchant à notre quotidien. La métrologie doit s'exercer aujourd'hui dans les domaines extrêmement variés que sont l'environnement, le climat, la santé, l'énergie, le commerce, l'industrie, la sécurité, les ressources, les transports, la navigation, les communications, le temps, la géodésie...

Où en sommes-nous ? Je voudrais développer rapidement ces deux points.

Le système d'unités progresse rapidement vers une nouvelle ère où il sera fondé sur un jeu de constantes fondamentales, grâce en particulier à la physique quantique. De façon générale, nous assistons à l'émergence d'une métrologie quantique, que ce soit en électricité avec les effets Josephson, Hall quantique et l'effet tunnel à un électron, ou dans le domaine de la physique atomique avec l'utilisation d'atomes froids en interférométrie atomique. Cette métrologie quantique permet le passage du monde microscopique au monde macroscopique. Le rêve de Maxwell de redéfinir notre système d'unités à partir des propriétés universelles du monde microscopique devient réalité.

La plupart des unités de base actuelles pourraient ainsi, comme le mètre, être rattachées à la seconde en fixant une constante fondamentale de la physique : la constante de Planck pour le kilogramme, la constante de Boltzmann pour le kelvin, la constante d'Avogadro pour la mole et l'impédance du vide ou la charge de l'électron pour l'ampère. La définition de la seconde pourrait elle-même évoluer à l'avenir, compte tenu du développement des horloges optiques et des mesures de fréquences par laser à impulsions femtosecondes. Les progrès extraordinaires dans la mesure du temps, un facteur dix tous les dix ans dans l'exactitude des horloges atomiques, tirent vers le haut toute la métrologie.

Nous savons donc que le système international d'unités, le SI, n'est pas figé mais qu'il évolue forcément avec notre compréhension croissante du monde physique et les progrès rapides de la technologie. C'est votre devoir d'orienter et d'accompagner cette évolution dans la bonne direction, celle d'une plus grande cohérence et d'une plus grande universalité, pour faire bénéficier le SI de toute la richesse de la science d'aujourd'hui.

Cette mutation doit se faire en accord avec la communauté scientifique ; c'est la condition pour que la future métrologie sous-tende transversalement toute la science et devienne un langage véritablement universel.

Pour bien manifester l'intérêt que l'Académie des sciences porte à votre domaine et pour montrer l'exemple, elle a créé un comité permanent « Science et métrologie » présidé par Messieurs Christian Bordé et Jean Kovalevsky qui comprend en son sein deux des prix Nobel récents dans le domaine de la métrologie, les professeurs Claude Cohen-Tannoudji et Theodore Haensch. Ce comité a pour mission d'accompagner au plus haut niveau la réflexion scientifique sur la métrologie. Mais, c'est aussi la communauté scientifique toute entière au niveau mondial qui doit contribuer en permanence aux progrès de la métrologie. Ceci implique que les métrologues et le BIPM, au travers des comités consultatifs, doivent rester ouverts pour rassembler et consulter largement cette communauté autour des questions de fond qui leur sont aujourd'hui posées.

Le BIPM est très présent grâce à l'excellence scientifique de ses chercheurs et à quelques projets très ambitieux qui lui permettent de rester à l'avant-garde de la recherche en métrologie fondamentale. Je prendrai deux exemples qui me paraissent prioritaires.

Le Département des masses qui conserve et dissémine l'unité de masse, le kilogramme, met en œuvre une expérience originale mais très pertinente de balance du watt cryogénique. Cette balance du watt peut être vue comme une horloge qui permet une mesure directe de la fréquence de de Broglie-Compton associée au kilogramme et donc une redéfinition de l'unité de masse à partir de la constante de Planck.

Le Département de l'électricité qui s'attache, entre autres, aux réalisations du volt et de l'ohm en utilisant les effets Josephson et Hall quantique (en particulier sur le graphène), est en train de réaliser un condensateur calculable, un étalon de Lampard, qui constitue une réalisation unique et remarquable de l'impédance du vide. La comparaison avec la résistance de von Klitzing doit redonner la constante de structure fine si toutefois notre compréhension de l'effet Hall quantique est correcte.

Ce type d'effort est absolument nécessaire pour que le BIPM conserve toute la compétence nécessaire pour mettre en musique les découvertes et les technologies au plus haut niveau.

À côté de ces aspects amont de la métrologie, les besoins de la société en matière de mesures sont de plus en plus pressants en ce qui concerne la vie économique mais aussi la vie quotidienne de chacun, et plus spécialement la médecine et l'environnement. L'actualité en France vient nous le rappeler en permanence : accidents de dosimétrie des rayonnements en milieu hospitalier, effet de serre et réchauffement climatique, ozone en excès au sol et en déficit dans la stratosphère, dégradation de notre environnement sonore... Là aussi le BIPM a un rôle essentiel à jouer pour assurer la traçabilité et la crédibilité des mesures. Les nombreux défis à relever comme ceux liés au climat et à la santé doivent être traités avec une vision internationale.

Par exemple, le Département des rayonnements ionisants du BIPM assure l'équivalence mondiale des mesures de dosimétrie et de radioactivité. À l'heure actuelle, le BIPM dispose d'une source de cobalt-60 pour comparer les étalons primaires de dosimétrie et pour étalonner

les étalons secondaires. Un projet majeur du prochain programme de travail est d'installer un accélérateur linéaire (LINAC) au BIPM afin qu'il dispose d'un moyen de mesurer la dose absorbée dans l'eau dans des faisceaux de photons aux hautes énergies. Cela réduirait l'incertitude de 2,2 % à environ 1 % pour les mesures primaires, et aurait pour conséquence une amélioration notable de toute la chaîne de traçabilité jusqu'aux LINACs utilisés dans les hôpitaux pour traiter les tumeurs cancéreuses. Ce projet, de portée sociale importante, est soutenu par un certain nombre d'organisations internationales.

Il nous faut rendre un grand crédit au BIPM pour la qualité de son travail d'harmonisation de la métrologie mondiale, grâce à l'Arrangement du CIPM et à la base de données sur les comparaisons clés. Il faut aussi souligner l'intérêt indiscutable des recherches qui y sont menées et, de façon générale, des équipements uniques au BIPM qui servent de référence internationale.

Il est important de rappeler autant que possible que le BIPM est un organisme international et neutre, ce qui signifie que les projets scientifiques qu'il met en œuvre le sont au bénéfice de tous les États Membres, à coût partagé et dans l'impartialité la plus complète, comme il avait été prévu en 1875 (on relira à cet égard le discours de Jean-Baptiste Dumas, membre éminent de l'Académie des sciences, lors de la Conférence diplomatique du mètre, séance du 23 mars 1875, relatif à la création du BIPM). Cette neutralité n'empêche en rien des collaborations scientifiques avec les meilleures équipes mondiales.

Avec toute la prudence qui s'impose, il vous appartient de poursuivre cet effort et de trouver la bonne route, qui assure à la fois la continuité et le renouveau de notre système d'unités, tout en maintenant la traçabilité et en restant à l'écoute des besoins de la société. Je vous souhaite à cet égard une conférence très productive et pleine de succès. »

M. Carpentier, président de l'Académie des sciences, étant entretemps arrivé, fait un discours succinct. Il souligne l'importance que l'Académie des sciences attache à la Conférence générale des poids et mesures et se dit très honoré de se trouver dans la salle où se tient sa 24^e réunion, rue de Prony. Marie Riche de Prony (1755-1839) était en effet un mathématicien et un grand ingénieur, membre et président de l'Académie des sciences, qui a participé aux calculs pour la construction de la Tour Eiffel. Il confie ensuite la présidence de la réunion de la CGPM à M. Bordé et souhaite aux délégués une réunion pleine de succès.

M. Bordé remercie M. Carpentier et ajoute quelques précisions sur le rôle de M. de Prony dans la métrologie ; ce dernier a été commissaire des poids et mesures de l'Institut de France et a eu pour mission de rattacher l'unité du kilogramme, telle qu'elle venait d'être définie par l'Académie des sciences, à l'ancienne unité de masse, le marc. Il a donc eu un rôle essentiel dans l'établissement du kilogramme.

6 Nomination du secrétaire de la réunion de la CGPM

Le président de la réunion de la CGPM ouvre la séance et propose que M. Kaarls, secrétaire du CIPM, soit nommé secrétaire de la réunion de la CGPM. En l'absence d'objection, M. Kaarls est élu secrétaire de la réunion de la CGPM.

7 Établissement de la liste des délégués ayant pouvoir de voter

En tant que secrétaire de la réunion de la CGPM, M. Kaarls souhaite la bienvenue aux délégués des États Membres participant à la 24^e réunion de la CGPM. Après avoir examiné les titres accréditant les délégués, il procède à l'établissement de la liste, par État, des délégués chargés du vote au nom de leur Gouvernement, et demande à chaque chef de délégation de confirmer la présence de la délégation. Cette liste, par ordre alphabétique, s'établit comme suit :

Afrique du Sud	M. Motuku
Allemagne	S. Halldorn
Arabie saoudite	N.A. Molla
Argentine	J. Valdés
Australie	L. Besley
Autriche	G. Freistetter
Belgique	J.-M. Poncin
Brésil	H. Siqueira Brandi
Bulgarie	V. Tudjarov
Canada	D. Wayner
Chine	C. Pu
Croatie	D. Zvizdic
Danemark	M. Kjær
Espagne	J.A. Robles Carbonell
États-Unis d'Amérique	P. Gallagher
Fédération de Russie	V.N. Krutikov
Finlande	T. Hirvi
France	C. Lagauterie
Hongrie	P. Pákay
Israël	G. Deitch
Italie	A. Carpinteri
Japon	Y. Miki
Kazakhstan	G. Lesbekova
Kenya	J. Kioko
Malaisie	A. Abidin
Mexique	H. Nava-Jaimes
Norvège	E. Stokstad

Nouvelle-Zélande	T. Armstrong
Pays-Bas	A. van Spronsen
Pologne	J.M. Popowska
Portugal	M. Filipe
République de Corée	M. Kim
République tchèque	M. Holeček
Roumanie	M. Buzoianu
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord	R. Gunn
Serbie	V. Živković
Singapour	L. Chong
Slovaquie	L. Gocníková
Suède	H. Nilsson
Suisse	C. Bock
Turquie	S. Süer
Uruguay	C. Santo

Sur les cinquante-cinq États Membres, quarante-deux sont représentés¹. La majorité requise pour le vote des Résolutions est donc de vingt-deux.

M. Kaarls souhaite ensuite la bienvenue aux représentants des Associés à la CGPM et donne lecture de la liste des Associés représentés, par ordre alphabétique : Albanie, Belarus, Bosnie-Herzégovine, Hong Kong (Chine), Monténégro, Pérou, Slovénie, Taïpei chinois, Tunisie, Ukraine, Viet Nam et Zimbabwe.

Il souhaite également la bienvenue aux représentants de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), de la Commission européenne, de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Enfin, M. Kaarls mentionne quelques informations pratiques et demande à tous les délégués de remplir divers formulaires requis pour les visites des laboratoires du BIPM qui auront lieu ultérieurement au cours de la semaine. Il évoque également brièvement les réceptions qui seront données par l'Ambassadeur d'Allemagne, le mardi 18 octobre, et par l'Ambassadeur des Pays-Bas, le jeudi 20 octobre.

¹ La délégation de l'Égypte (chef : A.B. Shehata) ayant dûment présenté les titres l'accréditant lors de la 3^e séance, le nombre d'États Membres représentés est dès lors porté à 43.

8 Approbation de l'ordre du jour

Le président de la réunion de la CGPM demande aux délégués s'ils ont des commentaires sur l'ordre du jour révisé qui a été transmis en juin 2011 et qui comporte un point de discussion supplémentaire concernant le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM. Il mentionne par ailleurs que le début des sessions du matin des mardi 18 octobre et vendredi 21 octobre a été avancé à 9h00. En l'absence de commentaires ou d'objections, l'ordre du jour révisé est adopté.

9 Rapport de M. le Président du Comité international sur les travaux accomplis depuis la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures (novembre 2007 – septembre 2011)

M. Inglis, président du CIPM, présente le rapport suivant :

« En vertu de l'Article 7 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, j'ai le plaisir en tant que président du Comité international des poids et mesures (CIPM) de vous présenter mon rapport sur les travaux accomplis depuis la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures (CGPM) qui s'est tenue au mois de novembre 2007.

Je souhaiterais toutefois faire quelques remarques au préalable.

Je voudrais tout d'abord accueillir les quatre nouveaux États Membres et douze nouveaux Associés à la CGPM. Depuis la 23^e réunion de la CGPM, trois États ayant précédemment le statut d'Associé ont décidé de devenir Membres : il s'agit du Kazakhstan, de la Croatie, et du Kenya. L'Arabie saoudite est quant à elle devenue État Membre le 11 février 2011. Par ailleurs, on compte douze nouveaux Associés à la CGPM : le Bangladesh, la Bolivie, la Bosnie-Herzégovine, la Géorgie, le Ghana, Maurice, le Monténégro, le Paraguay, le Pérou, les Seychelles, la Zambie et le Zimbabwe. Je suis certain que la CGPM se joint à moi pour souhaiter la bienvenue à tous ces États. L'augmentation du nombre d'États Membres et Associés témoigne de l'importance de la Convention du Mètre et accroît l'impact officiel du Système international d'unités (SI) au niveau mondial. En outre, cela permet à un plus grand nombre de laboratoires nationaux de métrologie de signer l'Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie (CIPM MRA) : les laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés reconnaissant mutuellement leurs certificats d'étalonnage et de mesurage sont ainsi plus nombreux, ce qui contribue à réduire les obstacles techniques au commerce. Comme l'avait envisagé la CGPM lors de la création de la catégorie spéciale d'Associé, le statut d'Associé constitue une première étape pour devenir Membre et il est particulièrement réjouissant de voir trois Associés effectuer cette démarche, mais nous reviendrons ultérieurement sur ce point important.

Par souci de clarification, je souhaite attirer l'attention de la CGPM sur le cas spécifique du Pérou, actuellement Associé à la CGPM. Le Pérou a été l'un des États fondateurs de la Convention du Mètre lors de sa signature en 1875, et est resté État Membre jusqu'en 1956, date

à laquelle le gouvernement du Pérou a envoyé une note à l'ambassade de France à Lima indiquant que le Pérou désirait se retirer. Par conséquent, le Pérou n'a plus été considéré comme État Membre à partir de 1960. En 2008, le Pérou a souhaité devenir Associé à la CGPM. Comme les délégués s'en souviendront, la Résolution 5 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) indique que « la demande d'un État qui est ou a déjà été partie à la Convention du Mètre de devenir Associé à la Conférence Générale ne sera pas examinée ». On pourrait dès lors penser que cela interdit au Pérou de devenir Associé. Toutefois, la Résolution 5 ne prévoit pas d'effet rétroactif, elle ne s'applique donc qu'aux États qui étaient Membres lors de l'adoption de la Résolution 5 ou qui ont cessé de l'être après. Le Pérou n'étant pas État Membre au moment de l'adoption de cette résolution, le CIPM, après avoir pris un avis juridique, a décidé que le Pérou pouvait devenir État Membre ou Associé, si tel était son souhait. Le Pérou est ainsi devenu Associé le 28 mai 2009.

À présent, je voudrais rendre hommage à mon prédécesseur, M. Göbel, auquel j'ai succédé en tant que président du CIPM le 15 octobre 2010, immédiatement après la 99^e session du CIPM. En vertu des dispositions applicables, M. Göbel a démissionné de ses fonctions de président du CIPM étant donné le fait que M. Wallard, directeur du Bureau international des poids et mesures (BIPM), prenait sa retraite le 31 décembre 2010 et que M. Kühne lui succédait. M. Göbel et M. Kühne sont tous deux de nationalité allemande, or l'Article 9 du Règlement annexé à la Convention du Mètre prévoit que le président et le secrétaire du CIPM, et le directeur du BIPM, doivent appartenir à des pays différents. M. Göbel a été un éminent président et, sous sa direction et ses conseils avisés, le CIPM a mis en place des politiques fortes concernant le travail et la gestion du BIPM, deux des responsabilités les plus importantes confiées par la CGPM au CIPM. Comme je vous en ferai part bientôt, ces quatre dernières années ont été riches en décisions clés et débats scientifiques, notamment en ce qui concerne l'éventuelle redéfinition de certaines unités du SI, ainsi qu'en questions administratives et de politique. M. Göbel a dirigé le CIPM avec compétence, tact et diplomatie, ainsi qu'en faisant preuve d'un haut niveau d'engagement scientifique. Il a en effet fixé un niveau d'exigences très élevé et je ferai de mon mieux pour suivre son exemple.

Je voudrais également remercier l'ensemble des membres actuels du CIPM, ainsi que ceux qui ont démissionné de leurs fonctions depuis la 23^e réunion de la CGPM, pour leur contribution au cours des quatre années passées. Tous ont joué un rôle important en tant que membres du CIPM et en tant que présidents de Comité consultatif. Il n'est peut-être pas opportun de ma part de distinguer l'un d'entre eux mais je souhaiterais remercier tout spécialement le secrétaire du CIPM, M. Kaarls. Le travail de secrétaire est fondamental et M. Kaarls continue à l'exécuter avec énergie, enthousiasme, engagement et distinction.

Je porte solennellement à l'attention de la CGPM les membres du CIPM qui ont démissionné de leurs fonctions depuis la 23^e réunion de la CGPM : MM. M.S. Chung, Gao Jie, G. Moscati et H. Semerjian. Le CIPM a accueilli un certain nombre de nouveaux membres : Mme K.H. Chung et MM. Y. Duan, W.E. May et H.O. Nava-Jaimes.

C'est avec tristesse que je dois vous annoncer le décès de quatre anciens membres du CIPM, Myung Sai Chung, Jan de Boer, Sigfrido Leschiutta et Daheng Wang, ainsi que le décès de Pierre Giacomo, ancien directeur du BIPM.

- Myung Sai Chung a été membre du CIPM de 1996 à 2007, ainsi que président du Comité consultatif des longueurs (CCL).
- Jan de Boer a été membre du CIPM de 1953 à 1994, président du Comité consultatif de thermométrie (CCT) de 1960 à 1968 et président du Comité consultatif des unités (CCU) de

1967 à 1990. En 1962, il a été élu secrétaire du CIPM, poste qu'il a conservé jusqu'en 1989. Il a été élu membre honoraire du CIPM en 1994.

- Sigfrido Leschiutta a été membre du CIPM de 1997 à 2006 et président du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) de 1997 à 2006.
- Daheng Wang a été membre du CIPM de 1979 à 1992. Il a été le premier membre du CIPM de nationalité chinoise.
- Pierre Giacomo est entré au BIPM en 1966 en tant que physicien chercheur principal. Il a été nommé par le CIPM sous-directeur en 1968, puis directeur désigné en 1976. Il est devenu directeur en 1978, poste qu'il a conservé jusqu'à son départ à la retraite en 1988, date à laquelle il a été nommé par le CIPM directeur honoraire du BIPM.

J'ai déjà mentionné que M. Andrew Wallard, précédent directeur du BIPM, a pris sa retraite le 31 décembre 2010. Je voudrais remercier Andrew pour la façon qu'il a eue de conduire le BIPM de 2004 à 2010, et souligner la contribution significative et essentielle qu'il a apportée, en particulier dans les domaines administratif et organisationnel ainsi que dans celui de la collaboration internationale, et qui a permis d'augmenter le nombre d'États Membres et d'Associés, comme je l'ai précédemment évoqué.

9.1 Introduction

Le BIPM a pour mission d'assurer l'uniformité mondiale des mesures. Il n'existe presque aucun domaine scientifique ou sociétal dans lequel la confiance au niveau international dans des mesures traçables et la compréhension du concept d'incertitude n'aient un rôle fondamental à jouer. C'est ce message simple qui a été mis en évidence, de façon très nette et avec enthousiasme, lors du symposium organisé en octobre 2009 à l'occasion de la célébration du dixième anniversaire de la création du CIPM MRA. Je reviendrai sur cet événement ultérieurement mais, y ayant moi-même assisté, je n'ai aucun doute quant au fait que la communauté internationale attache une grande importance au travail du BIPM. Des laboratoires nationaux de métrologie, des organisations intergouvernementales et organismes internationaux, des entreprises commerciales, des acteurs de l'industrie ainsi que des économistes ont apporté leur soutien à la mission du BIPM et ont souligné l'importance des mesures dans l'économie mondiale.

J'espère que nous nous concentrerons, lors de cette réunion de la CGPM, sur la façon de rendre encore plus efficace la mission du BIPM et de renforcer son aptitude à répondre aux besoins de la communauté internationale.

Le CIPM a travaillé avec le personnel du BIPM afin de mettre en place un programme de travail efficace et stratégiquement ciblé pour le prochain quadriennium. Le rapport que je vais vous présenter et le programme de travail qui vous sera décrit par le directeur du BIPM mettent fortement l'accent sur la réponse que le BIPM peut apporter aux grands défis auxquels le monde est confronté. Dès le début de la présidence de M. Göbel, le CIPM a discuté des besoins en métrologie dans les domaines du changement climatique, de la dépendance énergétique, de la qualité de l'alimentation, et de ceux de la communauté médicale, et il a également examiné d'autres évolutions importantes en science et en ingénierie qui requièrent des mesures exactes. Le CIPM continue à préparer les changements majeurs qu'implique la redéfinition de certaines unités de base du SI et à s'assurer que le travail de laboratoire du BIPM est à la pointe de la science et de la technologie et qu'il répond aux besoins des laboratoires nationaux de métrologie

ainsi qu'à ceux de nos partenaires de la communauté internationale. Le travail scientifique du BIPM porte principalement sur l'organisation de comparaisons d'étalons nationaux et sur la maintenance d'équipements de référence internationaux qui sont mis à la disposition de tous les États Membres et qui sont essentiels pour asseoir la confiance dans l'exactitude des mesures nationales. La stratégie du CIPM a été de fixer des priorités, tout en ayant conscience des ressources limitées. Le CIPM a essayé de se concentrer sur les activités existantes ou nouvelles qu'il jugeait essentielles, ce qui l'a conduit à devoir prendre des décisions difficiles. Dans certains domaines, il a ainsi été nécessaire de supprimer certaines activités ; dans d'autres, nous avons adopté une démarche qui consiste à suivre de près les évolutions et à prévoir l'implication du BIPM au moment opportun, en gardant à l'esprit le fait qu'élargir le champ de ses compétences demande du temps.

Avant de conclure cette introduction, je souhaiterais faire une remarque au sujet de la terminologie utilisée concernant la Convention du Mètre. Il y a souvent confusion entre la dénomination de l'organisation intergouvernementale elle-même et le siège où se trouvent le directeur et les membres du personnel. Cette confusion est due, en particulier, au fait que la Convention du Mètre a été signée le 20 mai 1875 alors que le droit des organisations internationales ne s'est développé formellement qu'au 20^e siècle avec la multiplication de ce type d'organisations. Il y a de cela quelques années, le CIPM a reçu l'avis juridique selon lequel l'entité « BIPM » constitue en effet l'organisation intergouvernementale qui a été créée par la Convention du Mètre et qui inclut de façon officielle deux organes, la CGPM et le CIPM. Les États qui accèdent à la Convention du Mètre deviennent donc Membres du BIPM et Parties à la Convention du Mètre. Les expressions « États Parties à la Convention du Mètre » et « États Membres du BIPM » sont, d'un point de vue juridique, synonymes. Le CIPM a discuté de cette question et a choisi d'adopter l'expression « États Parties à la Convention du Mètre » et d'utiliser le terme BIPM afin de se référer au siège de l'organisation afin d'essayer de réduire les risques de confusion. Nous adaptons progressivement les rapports du BIPM afin d'y intégrer la terminologie juridique adéquate, utilisée internationalement.

9.2 Mise en œuvre des Résolutions approuvées par la CGPM lors de sa 23^e réunion

Le CIPM a porté une attention particulière à un certain nombre de Résolutions clés adoptées par la CGPM à sa 23^e réunion.

La **Résolution 1** concernait l'importance de la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation. Le rôle du BIPM à ce sujet est de travailler, au niveau international, avec l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Je suis heureux de vous informer qu'un groupe de travail commun au BIPM et à l'ILAC a recommandé l'utilisation d'une définition commune du terme « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) » plutôt que le terme « meilleure aptitude de mesure (BMC) » traditionnellement utilisé dans le domaine de l'accréditation. Cette recommandation a été discutée et favorablement accueillie par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie. En 2007, l'assemblée générale de l'ILAC et le CIPM ont approuvé la recommandation du groupe de travail commun. Celle-ci aide à lever toute confusion dans la pratique et permet une approche harmonisée des déclarations d'incertitude. Le BIPM et l'ILAC continuent à étudier des sujets d'intérêt commun, tels que les procédures utilisées par les accréditeurs pour mettre à jour les portées des laboratoires nationaux de métrologie qui choisissent l'accréditation pour se conformer aux exigences du CIPM MRA. Les accréditeurs ont ainsi l'occasion de tirer profit des

examens de CMCs effectués dans le cadre du CIPM MRA, ce qui leur évite de répéter ces examens. L'ILAC et le BIPM travaillent également sur des déclarations concernant la politique en matière de traçabilité, ainsi que sur un document de l'ILAC portant sur la façon dont les accréditeurs doivent prendre en compte les incertitudes des CMCs publiées dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB). L'objectif est d'éviter que des laboratoires puissent être accrédités pour une incertitude plus faible que celle des laboratoires nationaux de métrologie par l'intermédiaire desquels ils établissent leur traçabilité au SI. Il est nécessaire de surveiller cette situation afin de renforcer la confiance dans les déclarations d'incertitude des certificats d'étalonnage émis par les laboratoires accrédités.

La **Résolution 2** portait sur le rapport du CIPM sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM. Ce rapport a été accueilli très favorablement par un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie et a été considéré comme un document de planification clé contribuant à mettre en évidence les thèmes d'importance auxquels les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM doivent prêter attention. Le CIPM considère que, depuis la 23^e réunion de la CGPM, la plus grande partie de son rapport de 2007 est encore d'actualité et qu'il n'y a aucune raison de produire un nouveau rapport conséquent. Les Comités consultatifs ont eu par ailleurs pour mission de rédiger des documents de stratégie à propos des défis majeurs qui se posent dans leurs domaines spécifiques : je vous recommande ces documents qui sont des revues de l'état actuel des connaissances. Certains États Membres ont également élaboré des déclarations concernant leurs besoins métrologiques ; ces déclarations sont à la disposition de la communauté de la métrologie, tout comme le rapport qui vous a été présenté en 2007. Il conviendra peut-être, dans le futur, de réaliser une vaste étude mais le CIPM estime qu'à l'heure actuelle, les informations pertinentes sur l'évolution des besoins métrologiques sont largement disponibles.

Dans la **Résolution 3** sur la dotation du BIPM, il était demandé au directeur du BIPM et au CIPM de fixer des priorités pour les activités proposées dans le programme de travail pour les années 2009 à 2012. Cette hiérarchisation des priorités s'est imposée afin de réduire le programme de travail et se conformer à la dotation votée par la CGPM à sa 23^e réunion.

Lors de sa session de 2008, le CIPM a donc examiné les priorités proposées par le directeur du BIPM, ainsi que ses hypothèses sur une éventuelle augmentation des ressources, fondées principalement sur l'adhésion de deux nouveaux États Membres et sur l'accroissement du nombre d'Associés avec cinq nouveaux Associés.

Il a été clairement convenu que la métrologie des masses et les activités connexes visant à mettre au point une balance du watt, qui sera nécessaire pour réaliser la redéfinition proposée du kilogramme, constituaient des activités de la plus haute priorité.

Parmi les autres domaines de priorité élevée approuvés par le CIPM figurent le maintien du travail sur les échelles de temps et la mise en place d'un équipement de référence international pour la dosimétrie aux hautes énergies de photons, ceci afin de répondre aux besoins des États Membres en matière de traçabilité pour le traitement par radiothérapie du cancer. Priorité a également été donnée à l'extension du programme de chimie à l'analyse organique de substances de masse molaire plus élevée afin de répondre aux besoins croissants dans des domaines tels que la médecine clinique, la pharmaceutique et la sécurité alimentaire.

De façon inévitable, il a fallu mettre fin à un certain nombre d'activités, alors que d'autres ont été ajournées et certaines reportées au programme de travail pour les années 2013 à 2016 que le directeur du BIPM vous présentera lors de cette réunion.

Parmi les activités que le CIPM a décidé d'arrêter ou de réduire figurent les suivantes :

- le service de remplissage des cuves à iode utilisées par les laboratoires nationaux de métrologie pour les lasers asservis a été arrêté en 2008 ;
- certains étalons de fréquence utilisés par le service interne au BIPM d'étalonnage de fréquence n'ont pas été remplacés à la fin de leur vie ;
- le projet d'un étalon voyageur de tension pour les comparaisons électriques effectuées dans les laboratoires nationaux de métrologie a été reporté afin d'économiser des ressources de personnel ;
- l'extension des équipements de référence du BIPM pour les mesures d'activité des émetteurs de particules alpha a été ajournée ;
- plusieurs projets en métrologie des gaz, certains se rapportant au changement climatique, ont été annulés ou reportés ;
- les frais généraux ont été réduits de manière significative par des économies, la réorganisation des services de soutien et, une fois encore, le report de travaux de maintenance des bâtiments.

Grâce aux efforts fournis par le BIPM afin d'augmenter le nombre de nouveaux États Membres par rapport à ce qui était prévu, ainsi qu'à des contributions volontaires et à d'autres types de soutien, tels que les détachements et la création d'activités communes, ces décisions ont été réexaminées et le BIPM a pu reprendre un certain nombre d'activités qui avaient été précédemment différées. Je souhaite remercier les laboratoires nationaux de métrologie et les gouvernements qui ont ainsi accepté d'apporter leur soutien au BIPM.

La **Résolution 4** portait sur l'importance du CIPM MRA pour le commerce. Bien qu'aucune décision n'ait été prise concernant la demande du BIPM d'obtenir le statut d'observateur au comité des obstacles techniques au commerce de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), certains éléments positifs sont apparus au cours de ces derniers mois et permettent de penser que l'OMC pourrait prendre une décision à ce sujet. D'autre part, le BIPM a travaillé avec l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI), qui a pu pleinement apprécier l'intérêt du CIPM MRA par rapport à sa mission dans le domaine du commerce et du développement durable. Ainsi, l'ONUDI, sur les conseils du BIPM, a sponsorisé un certain nombre de programmes dans des pays en développement pour l'essentiel, afin de les préparer à devenir Associés à la CGPM et signataires du CIPM MRA. Le symposium organisé pour célébrer le dixième anniversaire du CIPM MRA en octobre 2009 a également permis d'attirer l'attention de nombre des principaux bénéficiaires du CIPM MRA sur la valeur et l'utilisation de l'Arrangement. Je dois également porter à l'attention des délégués le fait que l'Organisation météorologique mondiale (OMM) a signé le CIPM MRA le 1^{er} avril 2010. Je reviendrai sur ce point ultérieurement mais la signature du CIPM MRA par l'OMM représente un grand pas en avant et permettra de garantir que les moyens mis en œuvre pour répondre aux défis majeurs du changement climatique suivent les pratiques métrologiques les meilleures.

Les **Résolutions 5 et 6** traitaient du statut d'Associé des États et Entités économiques ; les conclusions de l'examen de ces questions par le CIPM sont incluses aux projets de résolutions qui sont soumis à la CGPM lors de la présente réunion.

Dans la **Résolution 7**, la CGPM décidait, entre autres, que le BIPM devait entreprendre un programme de portée limitée auprès des laboratoires nationaux de métrologie des États en développement et en transition afin d'attirer leur attention sur les avantages à devenir État Membre ou Associé. Ce programme a porté ses fruits et, comme je l'ai déjà mentionné, quatre nouveaux États Membres et douze nouveaux Associés ont rejoint le BIPM, ce qui a été

encouragé, dans une large mesure, par les efforts déployés par le personnel du BIPM. Le BIPM maintient des contacts avec un certain nombre d'autres États et je pense que les efforts du BIPM, ainsi que sa coopération avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux, ont contribué à mieux faire connaître la Convention du Mètre et les avantages, en particulier, du CIPM MRA. Le CIPM s'est félicité du détachement par le National Institute of Standards and Technology (NIST), États-Unis d'Amérique, et le National Metrology Institute of Japan (NMIJ), Japon, de membres de leur personnel afin de travailler à cette activité de collaboration internationale. Plus récemment, un responsable des relations internationales a été recruté pour une durée indéterminée grâce aux revenus supplémentaires apportés par les nouveaux États Membres. Il est important pour le BIPM, je le crois, de renforcer ses relations internationales afin d'étendre l'influence de la Convention du Mètre et du SI. Plus nombreux seront les États que l'on convaincra de la nécessité pour leurs laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires désignés de participer au CIPM MRA, plus les États Membres actuels, avec lesquels ils font commerce, pourront avoir confiance dans les mesures associées aux exportations. Conformément à l'approche globale de la Convention du Mètre, un plus grand nombre d'États Membres renforce l'aptitude du BIPM à mettre en œuvre, grâce aux contributions de ces États, un programme de travail qui réponde à la majorité des besoins formulés par les laboratoires nationaux de métrologie et autres, sans que cela n'engendre de coûts supplémentaires pour les États Membres existants. La CGPM a toujours reconnu que l'accession de nouveaux États Membres fait croître à la fois les demandes et les coûts pour le BIPM. C'est pourquoi la CGPM a toujours considéré le montant total des contributions de l'ensemble des États Membres, y compris les contributions des nouveaux États Membres ayant adhéré à la Convention du Mètre depuis la précédente réunion de la CGPM, comme point de départ pour le calcul de la dotation réévaluée.

La **Résolution 8** concernait les contributions arriérées des États Membres depuis plus de six ans. Le BIPM a consacré des efforts considérables afin de réduire le montant des contributions arriérées d'un certain nombre d'États Membres et conclure des accords de rééchelonnement avec les États Membres débiteurs. Toutefois, au moment de la rédaction du présent rapport, les États Membres débiteurs depuis plus de six ans sont toujours dans la même situation, c'est pourquoi les projets de résolution F invitent la CGPM, conformément à la Résolution 8, à prendre une décision quant à l'exclusion de ces États.

La **Résolution 9** soulignait les progrès effectués dans le domaine des étalons optiques de fréquence et le besoin de mettre au point des méthodes de comparaison de temps et de fréquences plus exactes, en particulier sur de longues distances, afin de tirer pleinement profit de leurs performances. En effet, les techniques de comparaison de temps et de fréquence n'étaient pas adaptées. Or, il est nécessaire de comparer à distance les étalons de fréquence de nouvelle génération pour qu'ils puissent être exploités. Les progrès réalisés en la matière par les laboratoires nationaux de métrologie, et que le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) suit de près, se poursuivent et des résultats très impressionnants ont été obtenus ; les comparaisons de temps et de fréquence à l'aide de fibres optiques ont prouvé qu'il était possible d'atteindre une stabilité de l'ordre de 10^{-16} , pour des durées moyennes d'une seconde, sur des distances de plusieurs centaines de kilomètres. De nouveaux progrès sont attendus dans les années à venir, en particulier en ce qui concerne le besoin vital en matière de comparaisons de temps intercontinentales à un niveau d'exactitude de 10^{-17} ou 10^{-18} afin d'exploiter pleinement les capacités des horloges optiques, ce qui permettra d'améliorer de façon considérable la gestion du temps et d'envisager une éventuelle redéfinition de la seconde au cours de la prochaine décennie.

Je souhaiterais également évoquer la **Résolution 10** sur le symbole du séparateur décimal, adoptée par la CGPM lors de sa 22^e réunion (2003). Cette Résolution recommandait d'utiliser comme symbole le point ou la virgule selon l'usage dans le pays concerné. Le directeur du BIPM de l'époque, en collaboration avec le président du Comité consultatif des unités (CCU), avait écrit au secrétaire général de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et à celui de la Commission électrotechnique internationale (CEI) afin de porter à leur attention la Résolution 10 et leur suggérer de l'appliquer à la production des normes ISO/CEI afin d'améliorer leur acceptation au niveau international et éviter toute confusion. Ces contacts entre le BIPM, l'ISO et la CEI se sont poursuivis de façon régulière mais la Résolution 10 n'a, de notre point de vue, malheureusement pas été adoptée par ces organisations. L'ISO et la CEI continuent d'utiliser la virgule comme séparateur décimal dans leurs documents de normalisation, quelle que soit la langue de publication.

L'ISO et la CEI ont également souligné qu'une étude effectuée par l'U.S. National Committee (USNC) de la Commission électrotechnique internationale (CEI) confirmait que l'utilisation de la virgule dans les versions en langue anglaise des normes de l'ISO et de la CEI ne représente pas un problème pour l'industrie américaine.

L'ISO et la CEI se sont toutefois engagées à continuer à examiner la question du symbole du séparateur décimal. Il se pourrait, à l'avenir, que de nouvelles technologies de publication (telles que XML ou « extensible mark-up language ») facilitent la sélection du point ou de la virgule comme séparateur décimal lors de la publication d'un document. Une telle fonctionnalité pourrait persuader le Bureau de gestion technique de l'ISO (TMB) et le Bureau de gestion de la normalisation de la CEI (SMB) de réviser leur politique de publication mais, à l'heure actuelle, aucun changement en ce sens n'est à prévoir.

Il est à noter, cependant, que la publication des guides 98 et 99 de l'ISO/CEI, à savoir le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (GUM) et le *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* (VIM), fait exception à cette pratique, ce qui a été expressément demandé par le Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) dont l'ISO et la CEI sont des organisations membres.

Les **autres Résolutions** adoptées par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) portaient pour l'essentiel sur le SI et son importance dans des domaines tels que le changement climatique. Ces questions seront abordées ultérieurement lors de la réunion.

9.3 L'Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie (CIPM MRA)

Au moment de la rédaction du présent rapport, le CIPM MRA a été signé par quatre-vingt-six laboratoires nationaux de métrologie et trois organisations intergouvernementales ou organismes internationaux. Il est clair pour le CIPM que le CIPM MRA est un élément clé permettant d'attirer de nouveaux États Membres et Associés car il leur offre la reconnaissance internationale de leurs aptitudes de mesures, ainsi que de leur aptitude à participer au système mondial de métrologie. Le symposium visant à célébrer le dixième anniversaire du CIPM MRA a notamment mis en évidence le succès de l'Arrangement. Il ne fait aucun doute que le CIPM MRA, comme l'a déclaré l'UNIDO, aide les pays en développement à démontrer leur conformité lorsqu'ils souhaitent faire du commerce à l'international. L'entreprise Boeing a notamment souligné que le « remarquable » CIPM MRA lui avait permis de faire des économies

et de gagner en efficacité. Selon l'OMM, le CIPM MRA permet de répondre au problème de savoir comment prendre des décisions dans le domaine du changement climatique lorsque les mesures présentent des incertitudes élevées. Le CIPM considère ainsi le travail du BIPM dans le cadre du CIPM MRA et de la KCDB comme hautement prioritaire.

Je souhaite assurer la CGPM, si besoin est, de la rigueur des procédures du CIPM MRA. Aucun laboratoire national de métrologie ne peut voir ses CMCs enregistrées dans la KCDB sans qu'elles n'aient été examinées de façon rigoureuse et approfondie, et sans que les Systèmes Qualité liés à ces CMCs ne soient également examinés au niveau international par des pairs. Par ailleurs, une fois qu'une CMC a été publiée, l'aptitude doit rester valide : un laboratoire national de métrologie ne peut donc pas simplement se reposer sur ses bons résultats antérieurs. Nous avons désormais plusieurs exemples de laboratoires nationaux de métrologie de taille et degré d'expérience divers qui ont vu certaines de leurs CMCs retirées de la KCDB, habituellement de façon temporaire, lorsque l'approbation de leur Système Qualité par l'organisation régionale de métrologie concernée n'était plus valable ou était annulée, ou que d'autres problèmes étaient survenus. La renommée du CIPM MRA dépend de l'intégrité et de la validité des données contenues dans la KCDB : le CIPM et le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB) s'engagent ainsi à l'excellence dans ce domaine.

Il est également clair que le texte original du CIPM MRA fait désormais référence à des normes de qualité devenues obsolètes ou à des événements qui devaient survenir lors de la période de transition originale, et qu'il n'inclut pas la nouvelle définition du terme « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages » approuvée par le CIPM et adoptée par l'ILAC. Par ailleurs, des détails complémentaires ont été ajoutés par le CIPM ou le JCRB à un certain nombre de procédures. Suite à des discussions entre les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et le directeur du BIPM, le CIPM a convenu qu'un addendum au CIPM MRA permettant de mettre à jour les références aux normes devenues obsolètes devait être rédigé. Ce projet d'addendum a été présenté aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie lors d'une réunion en mai 2011. Tous les signataires présents lors de cette réunion se sont mis d'accord sur le texte d'un addendum de portée limitée. La version révisée de l'addendum a été transmise à l'ensemble des signataires du CIPM MRA afin d'obtenir leur consentement écrit. Cette réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie a également été l'occasion de recueillir divers points de vue concernant une révision plus approfondie du texte du CIPM MRA qui permettrait de mieux refléter certains aspects actuels de sa mise en œuvre, notamment en ce qui concerne le rôle du JCRB et l'examen des Systèmes Qualité par les organisations régionales de métrologie. La réunion a permis de conclure qu'il n'était actuellement pas nécessaire de procéder à cette révision mais que la question serait reconsidérée lors de futures réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie.

Au cours de ces dernières années, le CIPM a clarifié le rôle du JCRB en précisant ses fonctions exécutives par rapport aux responsabilités du CIPM en matière de politique. Le CIPM a également approuvé un certain nombre de documents visant à garantir la meilleure mise en œuvre possible du CIPM MRA.

L'émergence d'une nouvelle organisation régionale de métrologie a nécessité que le CIPM mette en place une politique concernant l'approbation de nouvelles organisations régionales de métrologie dans le cadre du CIPM MRA. En 2009, le CIPM a approuvé le Système de métrologie intra-africain (AFRIMETS), organisation qui succède à la Southern African Development Community Cooperation in Measurement Traceability (SADCMET). Le CIPM est tout à fait conscient que le CIPM MRA requiert des ressources significatives de la part des

laboratoires nationaux de métrologie et des organisations régionales de métrologie et les remercie tous pour leur soutien.

9.4 Comités consultatifs

Je n'entrerai pas dans les détails des activités des dix Comités consultatifs, cela incombe aux présidents des Comités qui vous présenteront ultérieurement leur rapport. Il existe, toutefois, quelques points communs à l'ensemble des Comités consultatifs que je souhaite porter à votre attention.

Depuis la 23^e réunion de la CGPM, le CIPM a discuté de la question de la métrologie dans le domaine de la science et de l'ingénierie des matériaux. Un petit nombre de laboratoires nationaux de métrologie ont des activités dans ce domaine et le CIPM a demandé à l'un de ses membres, Seton Bennett, alors sous-directeur du National Physical Laboratory (NPL) du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, d'évaluer la situation et de déterminer si le CIPM pouvait jouer un rôle en la matière puis de présenter un rapport au CIPM. Ce rapport contient un certain nombre de recommandations que le CIPM met en application à l'heure actuelle. Il est estimé, dans ce rapport, qu'il est trop tôt pour créer un nouveau Comité consultatif ayant des responsabilités dans ce domaine d'activité mais que, pour commencer, les Comités existants peuvent mettre en place un certain nombre d'actions. L'une des recommandations est d'organiser un certain nombre de comparaisons dans des domaines prioritaires et d'importance stratégique, dont les résultats permettraient d'évaluer la situation actuelle et d'analyser si le fait de porter plus d'attention à la traçabilité au SI peut améliorer la cohérence des résultats de mesures. Il a par ailleurs été recommandé de coopérer sur ce sujet avec le Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS). Le VAMAS est un groupe d'experts qui encourage la collaboration internationale en matière de recherche prénormative sur les matériaux. Le BIPM a ainsi conclu un protocole d'accord avec le VAMAS en juin 2008 selon lequel le VAMAS identifierait les actions prioritaires dans certains domaines choisis, ainsi que les thèmes à étudier en consultation avec les Comités consultatifs du CIPM concernés.

Tous les Comités consultatifs (sauf le Comité consultatif des unités) ont créé leur propre groupe de travail ou sous-groupe afin de gérer aussi efficacement que possible les questions relatives au CIPM MRA. Le CIPM n'exige pas une structure commune car il est préférable de laisser chaque président et chaque Comité libres de traiter ces questions comme ils le souhaitent. Ainsi, le Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie (CCQM) examine les CMCs lors d'une réunion annuelle, alors que d'autres Comités disposent d'un groupe de travail sur les CMCs qui surveille les examens effectués de façon continue au cours de l'année par les organisations régionales de métrologie. Les groupes de travail sur les CMCs ou sur les comparaisons clés ont en général également pour responsabilité de préciser la couverture des CMCs, d'identifier et de travailler sur les protocoles détaillés des comparaisons clés, ainsi que de revoir les rapports de comparaisons et les approuver de façon provisoire. Le CIPM a approuvé lors de sa 98^e session en octobre 2009 les nouvelles règles de fonctionnement des Comités consultatifs et de leurs groupes de travail, parmi lesquelles figurent les critères pour devenir membre d'un Comité consultatif.

À la demande du CIPM, la plupart des Comités consultatifs ont formé des groupes de travail sur la stratégie dont la mission est d'identifier les défis pour chacun de leurs domaines d'activité et de proposer les mesures nécessaires pour relever ces défis. Dans certains cas, cela est susceptible d'impliquer une action du BIPM ; dans d'autres, les Comités consultatifs émettent des recommandations aux laboratoires nationaux de métrologie, le plus souvent afin qu'ils mettent

en place une activité coordonnée. Ces documents de stratégie sont publiés et disponibles gratuitement, et peuvent aider les laboratoires nationaux de métrologie à élaborer leur propre programme de travail.

Les Comités consultatifs conseillent par ailleurs le CIPM sur les priorités à donner aux activités que le BIPM doit mettre en place et examinent les incertitudes associées aux services de mesure et d'étalonnage du BIPM. Ces incertitudes sont désormais intégrées aux pages concernées de la KCDB, ce qui offre une plus grande transparence et aide les assesseurs ou examinateurs des services de mesure d'un laboratoire national de métrologie à évaluer les incertitudes, lorsque le laboratoire concerné établit sa traçabilité au SI par l'intermédiaire du BIPM.

L'examen par les Comités consultatifs du travail du BIPM fournit au CIPM une très bonne évaluation indépendante de la qualité, de l'intérêt et de l'efficacité du travail de laboratoire et de coordination du BIPM, et donne au CIPM des orientations sur les priorités. Le CIPM tient largement compte de ces conseils lorsqu'il soumet à la CGPM des propositions concernant le programme de travail du BIPM et il serait difficile pour le CIPM de faire avancer des propositions sans qu'elles aient reçu le soutien des Comités consultatifs concernés.

Les observateurs d'autres organisations pertinentes qui assistent aux réunions des Comités consultatifs ou les personnes jouant un rôle de liaison entre les Comités consultatifs et d'autres organismes apportent une aide importante aux Comités consultatifs dans tous les aspects de leur travail. Le CIPM a souhaité que ces collaborations augmentent au cours de ces dernières années, ce qui présente en outre l'avantage d'attirer l'attention d'autres communautés sur l'importance de la traçabilité des mesures et de l'évaluation des incertitudes.

9.5 Ateliers

Une évolution nette ces dernières années a été l'augmentation du nombre d'ateliers organisés par les Comités consultatifs sur des sujets spécifiques. Dans de nombreux cas, des observateurs et des représentants d'autres organisations concernées par le sujet étudié ont été invités, l'objectif étant de stimuler la coopération et la participation à des programmes coordonnés. Les ateliers peuvent en outre aider à identifier les besoins en matière de comparaisons d'organismes particuliers, ce qui peut ensuite être pris en considération par les Comités consultatifs lorsqu'ils élaborent leur stratégie et leur programme de travail. Une autre question d'intérêt commun pour les Comités consultatifs, qui a par ailleurs fait l'objet d'un certain nombre d'ateliers, est celle de l'analyse statistique des résultats des comparaisons clés et, en particulier, le lien entre les comparaisons clés du CIPM ou du BIPM et celles effectuées par les organisations régionales de métrologie.

Les ateliers remplissent une autre fonction particulièrement utile, dans le sens où ils ouvrent la voie à de nouveaux domaines d'application pour les concepts fondamentaux que sont la traçabilité au SI et l'incertitude. L'élément moteur ici est le fait que le BIPM peut coopérer avec d'autres organisations et débattre de la question des meilleures pratiques de mesure. Dans presque tous les cas, ces ateliers ont généré de nouvelles collaborations qui permettent, dans un domaine d'application spécifique, d'associer l'expérience et les compétences du BIPM aux connaissances spécialisées de l'organisation partenaire. C'est le domaine de la métrologie en chimie qui a connu le plus de succès, avec la mise en place d'initiatives communes dans les domaines de l'alimentation, des biosciences, de la pharmacie et de la bio-pharmacie, du contrôle antidopage dans le milieu du sport, et de la médecine légale.

Parmi les ateliers organisés par le BIPM, trois sont à distinguer en particulier.

Le **premier atelier** que je mentionnerai et qui s'est tenu en novembre 2009 avait pour thème les « Grandeurs physiologiques et unités du SI » et traitait de l'interaction des différentes formes de rayonnement avec le corps humain et de la traçabilité des mesures au SI. Un facteur de complication dans ce domaine réside dans le fait que bien que nous puissions effectuer précisément des mesures physiques concernant les rayonnements, leurs effets biologiques ou physiologiques induits sur le corps sont plus difficiles à évaluer. L'objectif de cet atelier était de rassembler les parties concernées par les mesures traçables, fiables et comparables dans ce domaine, avec celles responsables de la rédaction et de l'application des normes et/ou de la législation en matière de santé et sécurité. L'atelier visait également à identifier les défis potentiels et les étapes à franchir.

Cet atelier a rassemblé soixante-dix personnes de vingt-deux pays différents. La plupart des participants provenaient de laboratoires nationaux de métrologie ou étaient membres de comités techniques ou groupes de travail au sein de commissions, institutions ou unions internationales telles que l'ISO, la CEI, la Commission internationale de l'éclairage (CIE), l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), l'International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) et l'International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP).

De façon générale, l'approche adoptée afin d'évaluer les effets de diverses formes de rayonnement sur le corps humain consiste à procéder à des mesures des différents paramètres caractéristiques du rayonnement concerné, puis à estimer ou modéliser les effets sur le corps humain au moyen d'un « spectre d'action » qui relie les paramètres mesurés physiquement aux effets biologiques détectés sur, ou dans, le corps.

Il a été observé au cours de l'atelier :

- qu'en général, l'incertitude de mesure n'est pas toujours établie de façon appropriée ;
- que l'intérêt et la pertinence des données biologiques ne sont pas toujours satisfaisantes ;
- que l'application des modèles existants a ses limites, par exemple en ce qui concerne les effets très faibles ou les effets de saturation ;
- que le Groupe de travail du JCGM sur l'incertitude pourrait être invité à mettre en œuvre un guide sur la modélisation des « spectres d'action » à intégrer au projet de supplément du GUM sur la modélisation.

Suite à cet atelier, le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) a créé un sous-groupe de travail afin de discuter des aspects techniques de la métrologie aux fréquences terahertz et de conseiller le CCPR sur des sujets techniques liés aux grandeurs de mesure dans ce domaine, qui nécessitent la traçabilité au SI. Un autre atelier de ce type sera organisé dans quelques années afin d'évaluer les progrès effectués.

Le **deuxième atelier**, organisé en février 2010, avait pour objectif de faire le point sur l'état actuel des nanosciences et de la métrologie. Un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie ont des activités dans ce domaine même si leurs programmes sont relativement limités. Le BIPM a jugé opportun d'organiser un atelier international afin d'identifier les défis et les priorités dans le domaine des nanosciences, et de déterminer les différentes actions à mettre en œuvre par le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie.

L'atelier a rassemblé des scientifiques provenant des laboratoires nationaux de métrologie et de l'industrie, ainsi que des experts de la communauté de la réglementation et de la normalisation. Il a abordé la très large question de la nanotechnologie en se concentrant sur huit thèmes spécifiques : les analyses toxicologiques, la nanobiologie, les aérosols, la microscopie, l'analyse

de surface, les films et revêtements fins, la métrologie mécanique, ainsi que les mesures et applications électriques et magnétiques. L'atelier a permis de discuter de la question clé de la réunion, à savoir « Quelles activités sont nécessaires pour mettre en place une infrastructure internationale efficace pour la métrologie à l'échelle nanométrique ? ».

Le rapport complet de cet atelier, disponible sur le site internet du BIPM, comprend un résumé des discussions concernant cette question clé, et fait le point sur les éléments moteurs pour travailler sur ce sujet, sur les problèmes techniques et les obstacles au progrès, sur ce qu'il en est de la traçabilité au SI et des besoins dans ce domaine, ainsi que sur l'utilisation prévue des matériaux de référence et des normes et les besoins en la matière. De façon succincte, il ressort que les principaux éléments moteurs d'une implication au niveau international sont l'environnement, la santé et la sécurité, la définition d'un cadre réglementaire approprié et sa promotion, ainsi que le fait d'encourager et de favoriser les avantages industriels, et donc économiques. L'un des principaux obstacles au progrès est le long délai nécessaire pour passer de la recherche à l'innovation.

Les applications actuelles et potentielles des nanotechnologies sont vastes, et la charge de travail requise pour faire avancer les connaissances scientifiques et s'assurer de l'adoption responsable et en toute sécurité de ces nouvelles technologies est conséquente. Un atelier de suivi sera organisé, je l'espère, d'ici quelques années mais il a été conclu qu'il était prématuré de proposer une activité dans le domaine des nanosciences pour le programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016.

Le **troisième atelier**, organisé conjointement par le BIPM et l'Organisation météorologique mondiale (OMM), portait sur le rôle de la métrologie et du changement climatique, et sur la question de savoir comment améliorer les techniques de contrôle par satellite, au sol ou autres, par l'adoption des meilleures pratiques météorologiques. Des sessions parallèles de discussion, conduites par des experts de haut niveau, ont contribué à ce que nos collègues de la communauté météorologique s'engagent à tirer davantage parti des compétences des laboratoires nationaux de métrologie.

Cet atelier a constitué pour le BIPM un pas en avant important car, même si de nombreux contacts de travail existaient dans diverses disciplines entre les métrologistes et certains acteurs des réseaux d'observation (comme le réseau du programme de veille de l'atmosphère globale ou celui des systèmes d'observation de la Terre), l'atelier a permis de mener à terme des négociations entreprises de longue date, avec la signature du CIPM MRA par Michel Jarraud, secrétaire général de l'OMM.

Les conclusions générales de l'atelier ont été les suivantes :

- les résultats des mesures effectuées dans le cadre de la surveillance du climat et du bilan énergétique de la Terre par détection à distance par satellite, ainsi que par des méthodes de mesure et données d'observation au niveau du sol, doivent si possible être traçables au SI afin d'obtenir des données homogènes et de qualité sur le long terme ;
- la communauté de la météorologie doit continuer à définir ses besoins en matière de mesures et doit les transmettre de façon officielle aux laboratoires nationaux de métrologie ;
- l'OMM, le BIPM, les laboratoires nationaux de métrologie et la communauté universitaire doivent travailler ensemble afin de pouvoir satisfaire les demandes formelles pour des étalons de mesure dont l'exactitude et l'incertitude répondent aux besoins des scientifiques et modélistes spécialistes du climat et, le cas échéant, des organismes législatifs et réglementaires ;

- les étalonnages des instruments utilisés par la communauté de la météorologie doivent être effectués à toutes les étapes des missions spatiales ou des projets sur terre, et les laboratoires nationaux de métrologie doivent être impliqués dans la préparation de ces étalonnages et dans leur réalisation.

L'OMM et le BIPM ont établi une stratégie commune afin d'identifier les besoins en matière de mesures exactes et s'assurer que les recommandations formulées lors de l'atelier sont bien suivies, mises en œuvre et contrôlées. Le BIPM et l'OMM se sont ainsi engagés à collaborer au niveau international afin d'aborder les questions de métrologie et les problèmes de mesures en ce qui concerne l'un des défis les plus importants auquel le monde est actuellement confronté. Le rapport de cet atelier a été très largement diffusé auprès des gouvernements, des organisations intergouvernementales, des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), ainsi qu'auprès de la Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

9.6 École d'été

Bien qu'il ne s'agisse pas *stricto sensu* d'un atelier, et que le CIPM n'ait pas été directement impliqué, je voudrais maintenant porter à l'attention de la CGPM l'école d'été qui s'est tenue au siège du BIPM en 2008 et qui a remporté un franc succès. Pendant deux semaines, près de quatre-vingt-dix étudiants désignés par les laboratoires nationaux de métrologie ont assisté à plus de quarante conférences, dont certaines ont été données par des lauréats du prix Nobel. Ces conférences ont associé théorie et pratique, chimie et physique, et ont abordé le thème de l'actuel SI et de son éventuelle révision à venir. Cette école d'été a également permis de créer des échanges entre les métrologistes du futur. Les retours sur cet événement ont été excellents et le CIPM a suggéré que le BIPM pourrait organiser à nouveau un tel événement d'ici quelques années.

9.7 Les Comités consultatifs et la redéfinition de certaines unités de base du Système international d'unités, le SI

Il m'apparaît comme fondamental de vous présenter le travail en cours sur la préparation de la redéfinition d'un certain nombre d'unités de base du SI. Chaque président de Comité consultatif présentera en détail les activités de son Comité et le président du CCU fera le point sur la situation actuelle. Suite aux discussions intenses qui ont eu lieu ces dernières années, il existe désormais un consensus ferme en faveur d'une redéfinition du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole à partir des valeurs numériques fixées de la constante de Planck, h , de la charge élémentaire, e , de la constante de Boltzmann, k , et de la constante d'Avogadro, N_A , respectivement.

Il fait aussi consensus que le groupe de la CODATA fournira ces valeurs numériques au moment de la redéfinition, si bien qu'elles représenteront les meilleures données disponibles.

En se fondant sur les conseils des Comités consultatifs et sur les critères qu'ils ont fixés pour définir le niveau de confiance acceptable concernant les valeurs des constantes, le CIPM a décidé que, en dépit des progrès impressionnants effectués par les laboratoires nationaux de métrologie ces dernières années, les résultats des expériences de la balance du watt et ceux du projet de coordination internationale sur la constante d'Avogadro (IAC) ne présentaient pas

encore un degré de convergence suffisant pour permettre de déterminer en toute confiance une valeur numérique pour la constante de Planck.

Tous ces éléments ont été inclus dans le projet de résolution A qui présente ce que le CIPM souhaite mettre en place concernant le SI mais qui ne propose pas de redéfinition. Le CIPM estime que les critères fixés pour pouvoir procéder à une redéfinition de certaines unités n'ont pas encore été remplis et qu'il est donc prématuré de faire des propositions fermes. Toutefois, le CIPM partage globalement l'avis que la situation semble être suffisamment claire pour que des propositions soient soumises aux États Membres en 2015. Si tel n'est pas le cas, il pourrait alors être nécessaire de réévaluer la situation. En supposant que les progrès scientifiques nécessaires seront réalisés, la voie à suivre est toute tracée et comporte, outre l'amélioration des résultats scientifiques, deux autres étapes essentielles. Premièrement, pour chaque unité redéfinie, il faut rédiger une mise en pratique claire, c'est-à-dire une série d'instructions précises décrivant les différents moyens officiellement approuvés pour réaliser la définition de l'unité en pratique. Cette mise en pratique est préparée par le personnel du BIPM et par les Comités consultatifs. En second lieu, le rôle du BIPM après la redéfinition du kilogramme doit être clair et doit faire l'objet d'un consensus. Même si certains laboratoires nationaux de métrologie seront en mesure de réaliser la nouvelle définition du kilogramme au plus haut niveau d'exactitude, nous pensons à l'heure actuelle que la majorité des réseaux de dissémination de la masse continueront à se fonder sur des prototypes traditionnels. C'est pourquoi le BIPM prévoit, dans son actuel programme de travail ainsi que dans celui à venir, de continuer à fournir aux États Membres un service d'étalonnage de masse, fondé à la fois sur les prototypes traditionnels en platine iridié et sur des artefacts de nouvelle génération et de meilleure qualité métallurgique et métrologique qui constitueront des réalisations de la nouvelle définition du kilogramme.

Il sera également nécessaire pour le BIPM de conduire des comparaisons clés des réalisations primaires du kilogramme.

En ce qui concerne les utilisateurs, le CIPM pense qu'il est essentiel de procéder à cette transition sans heurt et aussi aisément que possible. Le CIPM incite donc les laboratoires nationaux de métrologie à prendre les mesures nécessaires afin de promouvoir les éventuelles redéfinitions d'unités du SI auprès de la communauté scientifique, des unions scientifiques internationales, des organisations intergouvernementales et organismes internationaux, ainsi qu'auprès du grand public, et à diffuser des informations à ce sujet.

9.8 Comités communs

Le rapport sur le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) sera présenté par le président du CCQM et j'ai par ailleurs déjà évoqué le travail du JCRB. En outre, le BIPM collabore avec un certain nombre d'organisations au sein du Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM). Les deux principaux documents élaborés par le JCGM sont le GUM et le VIM. Vous trouverez de plus amples détails sur les deux groupes de travail du JCGM chargés de l'élaboration de ces ouvrages dans le Rapport annuel du directeur sur l'activité et la gestion du BIPM, et je souhaiterais surtout attirer l'attention de la CGPM sur le fait que le GUM et le VIM, tous deux considérés comme des documents clés de la métrologie, peuvent être téléchargés gratuitement sur le site internet du BIPM. Le Groupe de travail sur le GUM élabore une série de suppléments traitant des meilleures pratiques métrologiques dans un certain nombre de domaines importants concernant l'incertitude de mesure, comme par exemple l'évaluation de conformité. Le Groupe de travail sur le VIM, qui a publié la troisième édition du VIM en 2008, reste actif dans un certain nombre de sous-projets. Les activités des deux Groupes de travail du

JCGM sont revues chaque année lors d'une réunion des organisations membres du JCGM (à savoir le BIPM, la CEI, l'IFCC, l'ILAC, l'ISO, l'OIML, l'IUPAC et l'IUPAP) conformément à la charte révisée du JCGM.

Par ailleurs, le BIPM, tout comme un certain nombre d'organisations, est membre du Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation (JCDCMAS), dont l'objectif était d'essayer de coordonner les programmes d'aide des organisations membres dans les pays en développement. Cet objectif initial s'est avéré trop ambitieux et, à l'initiative du BIPM, le JCDCMAS a revu ses missions et met désormais en œuvre un programme plus modéré d'échanges d'informations. Lors d'une réunion sur ce sujet en mars 2009, le BIPM a organisé un forum pour les laboratoires nationaux de métrologie qui fournissent des conseils et de l'assistance aux pays en développement. Lors de ce forum, les participants ont pu s'exprimer sur la meilleure façon d'accomplir un tel travail mais ont reconnu que ces programmes dépendent très largement de la politique des pays concernés et qu'une coordination étroite n'était pas possible. Néanmoins, un événement du même type pourrait être organisé d'ici quelques années afin de faire le point sur les meilleures pratiques.

Le 18 juillet 2011, le BIPM et l'OMM ont créé un groupe commun de liaison dont la principale mission est de transformer les recommandations préparées au cours de l'atelier commun au BIPM et à l'OMM intitulé « Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty », qui s'est tenu en 2010, en points d'action dont le groupe commun de liaison surveillera la mise en œuvre. La première réunion de ce groupe commun se tiendra au début de 2012 au siège du BIPM. Le groupe commun se réunira une fois par an et tiendra une téléconférence entre ses réunions annuelles. Il est envisagé d'organiser un atelier de suivi en 2014.

9.9 Collaboration avec l'OIML, l'ILAC et l'ISO, ainsi qu'avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux

Les relations entre le BIPM et l'OIML ont été pendant un certain temps l'un des sujets majeurs auquel s'est consacré le CIPM. Comme la CGPM s'en rappellera, cela a été un thème de discussion récurrent au fil des ans et la dernière fois que la question a été soulevée de façon officielle, la CGPM et le Comité international de métrologie légale (CIML) ont estimé qu'il n'était pas opportun de procéder à des changements majeurs. En mars 2008, une réunion du bureau du CIPM et du Conseil de la Présidence du CIML a permis de discuter d'un document préparé conjointement par le directeur du BIPM et celui du Bureau international de métrologie légale (BIML). Pour l'essentiel, les directeurs ont étudié les moyens de développer et de renforcer la coopération entre les deux organisations, en évoquant notamment la possibilité d'un déménagement du BIML sur le site du BIPM ou d'une fusion des deux organisations. Les directeurs ont souligné que si les États Membres souhaitent qu'une collaboration plus étroite soit instaurée, avec une possible fusion des deux organisations à long terme, cela impliquerait sans doute des coûts significatifs à court terme. Selon les directeurs, les questions administratives peuvent être résolues si les deux organisations s'engagent toutes deux en faveur d'un tel rapprochement. Le bureau du CIPM s'est montré favorable à cette collaboration plus étroite et était prêt à demander la poursuite de l'étude de cette question. Toutefois, le CIML à cette époque a estimé qu'une telle proposition, qui impliquait d'utiliser les actifs de l'OIML pour contribuer à financer un tel déménagement, serait difficile à justifier en l'absence d'avantages quantifiables ou sans raison impérieuse de fusionner. Les deux organisations en sont donc restées là.

Après de longues discussions lors des réunions du CIML de 2009 et 2010, la question a de nouveau été soulevée, et le bureau du CIPM a de nouveau rencontré le Conseil de la Présidence du CIML. Il en est ressorti qu'il existe un large spectre d'opinions parmi les États Membres de l'OIML qui vont de l'opposition totale à un encouragement général afin d'examiner en détail la question d'un rapprochement.

Aucune nouvelle initiative concernant un rapprochement n'a été considérée adéquate mais il a été décidé de façon claire de coopérer étroitement, en organisant notamment un séminaire commun avec l'ONUDI lors de la Journée mondiale de la métrologie, en travaillant conjointement sur un projet de l'ONUDI et de l'AFRIMETS, et en produisant un certain nombre de documents d'information sur les domaines d'application de la métrologie. Par ailleurs, le BIML a été tenu informé des progrès des travaux visant à redéfinir un certain nombre d'unités, en particulier le kilogramme.

Pendant de nombreuses années, le BIPM a tenu des réunions annuelles tripartites de liaison avec l'OIML et l'ILAC. Plusieurs documents de principe, tels que la déclaration tripartite de 2006 sur l'importance des Arrangements mutuels de reconnaissance et la déclaration commune au BIPM et à l'ILAC de 2005 sur les rôles et responsabilités des laboratoires nationaux de métrologie et des organismes d'accréditation reconnus au niveau national, ont été rédigés. Il est devenu de plus en plus évident que cette collaboration pouvait être renforcée par la participation de l'ISO, afin de réunir toutes les entités clés dans le domaine de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation. L'ISO a participé pour la première fois à une réunion de liaison en mars 2010 et les quatre organisations ont accepté de coopérer afin d'élaborer une politique commune sur l'importance de la traçabilité.

Le BIPM dispose d'une coopération de type A avec un certain nombre de comités techniques de l'ISO tels que le Comité pour l'évaluation de la conformité (CASCO) et l'ISO/TC 229 sur les nanotechnologies. En créant le poste de responsable des relations internationales, le BIPM a renforcé ses activités dans ce domaine. Parmi les autres collaborations figurent celles avec le Comité de l'ISO pour les matériaux de référence (REMCO), l'Agence mondiale antidopage (AMA) et le Codex Alimentarius.

9.10 Journée mondiale de la métrologie

Il me faut vous parler du succès de la Journée mondiale de la métrologie. Cette initiative a fortement évolué au cours de ces dernières années et cet événement annuel est désormais le fruit d'un partenariat entre le BIPM et l'OIML auquel collaborent les laboratoires nationaux de métrologie, en particulier la PTB. Des posters et de la documentation ont ainsi été créés en de nombreuses langues et sont utilisés par de nombreux laboratoires nationaux de métrologie afin de promouvoir la métrologie au niveau national. Par ailleurs, des publications sur les applications de la métrologie ont été produites conjointement par le BIPM et l'OIML : elles expliquent l'importance de la métrologie dans des domaines spécifiques tels que le changement climatique, le transport et l'énergie. Ces activités, ainsi que le site internet du BIPM, prouvent que le BIPM prend les dispositions nécessaires pour promouvoir la métrologie au niveau international et aider les laboratoires nationaux de métrologie dans leurs propres activités de promotion.

9.11 Réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie

Depuis plus de dix ans, des réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie ont été organisées au siège du BIPM afin d'informer les directeurs de l'avancée du travail du BIPM, de leur présenter les projets concernant les programmes de travail à venir et de recueillir leurs avis et commentaires. Les premières réunions portaient pour l'essentiel sur la mise en œuvre du CIPM MRA alors que plus récemment, les discussions se sont concentrées sur le programme de travail du BIPM. Ainsi, depuis la dernière réunion de la CGPM, des réunions des directeurs ont eu lieu le 14 novembre 2007, le 7 octobre 2009, les 2 et 3 juin 2010 et le 25 mai 2011. Il n'y a pas eu de réunion des directeurs en 2008 et la réunion de 2009 a coïncidé avec le symposium organisé pour célébrer le dixième anniversaire du CIPM MRA. Les commentaires et conseils formulés lors de ces réunions ont été très utiles au CIPM qui prévoit donc de continuer à tenir ces réunions annuellement ou quasi-annuellement.

9.12 Réunion des représentants des États Parties à la Convention du Mètre

Une réunion des représentants des États Parties à la Convention du Mètre s'est tenue au siège du BIPM les 26 et 27 mai 2011 afin de discuter du programme de travail et budget du BIPM pour les années 2013 à 2016. Trois projets de résolutions concernant la Convention du Mètre et la gouvernance, chacun élaboré à l'initiative d'un gouvernement, ont été présentés et débattus lors de cette réunion. Les discussions sur ces sujets ont apporté au CIPM des informations précieuses sur les préoccupations partagées par un certain nombre de délégations et ont conduit le CIPM, avec l'encouragement des représentants des États Parties à la Convention du Mètre, à préparer un projet de résolution supplémentaire, le projet de résolution N, qui sera soumis à la CGPM au cours de la présente réunion.

Les représentants des États Parties à la Convention du Mètre ont tenu une session à huis clos (à laquelle ne participaient ni les membres du CIPM ne faisant pas partie d'une délégation d'un gouvernement, ni les membres du personnel du BIPM) afin de discuter du programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016 et de quatre scénarios de financement. Les conclusions de cette session à huis clos ont été résumées de la façon suivante :

- Tous les États soutiennent et apprécient fortement la Convention du Mètre et le travail du BIPM, soulignant les avancées effectuées, notamment en ce qui concerne l'évolution du CIPM MRA.
- Les points de vue concernant les scénarios de financement sont variés, allant du soutien aux scénarios I et II à un financement inférieur à celui prévu au scénario IV, avec une majorité ayant tendance à être favorable au scénario III ou IV. Certains États Membres ont fait part de leur intention de soutenir le BIPM par des contributions volontaires supplémentaires. D'autres pensent que de telles contributions ne doivent pas générer d'obligations permanentes.
- Il y a eu un soutien unanime pour une nouvelle direction stratégique plus forte du BIPM avec des priorités claires, développée conjointement par les États Membres, les laboratoires nationaux de métrologie et le CIPM.
- Certains États Membres s'interrogent sur l'équilibre actuel entre les activités de coordination et le travail scientifique et technique, et se demandent s'il sera toujours adapté à l'avenir.

- Un aspect clé de la nouvelle stratégie sera de considérer quels doivent être les rôles du BIPM, des organisations régionales de métrologie et des laboratoires nationaux de métrologie.
- Il a été recommandé que le BIPM examine s'il serait approprié ou non de faire payer certains de ses services et de partager les coûts de certaines activités menées en commun avec d'autres organisations.
- Les discussions sur la modernisation des structures de gouvernance doivent se dérouler en parallèle aux évolutions stratégiques.
- Il y a un fort sentiment qu'il ne faut pas attendre la prochaine réunion de la CGPM prévue en 2015 pour mettre en œuvre ces changements.²

De façon générale, la réunion des représentants des États Parties à la Convention du Mètre s'est avérée un succès et a constitué un véritable forum de communication qui devrait se tenir de façon régulière, peut-être annuellement.

9.13 Travail du BIPM

La dernière partie conséquente de mon rapport concerne le travail du BIPM. La Convention du Mètre confie au CIPM la surveillance du travail du BIPM, que ce soit au niveau de sa gestion, de ses activités de laboratoire ou de ses relations internationales. C'est une tâche exigeante qui permet de garantir, pour l'essentiel, que le travail effectué est en cohérence avec les décisions prises par les États Membres lors des différentes réunions de la CGPM et leurs souhaits. Les États Membres sont tenus informés annuellement des activités du BIPM par l'intermédiaire du *Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du BIPM* et du *Rapport annuel aux Gouvernements des Hautes Parties Contractantes sur la situation administrative et financière du BIPM*. Ce dernier est le principal support de communication officielle du BIPM avec les gouvernements et contient un grand nombre d'informations financières. Étant donné la longueur et la complexité de ce document, et afin de tenir compte des commentaires formulés par un certain nombre de délégations lors de la 23^e réunion de la CGPM, le BIPM a lancé un nouveau rapport plus succinct qui présente aux décideurs politiques les sujets d'intérêt les plus importants.

Mon objectif à présent est de vous exposer brièvement certains de ces sujets d'importance.

Je commencerai par évoquer le travail scientifique accompli par le BIPM depuis la dernière réunion de la CGPM.

Masses

Le Département des masses continue à assurer la mission du BIPM concernant le kilogramme du SI. Une fois que l'unité de masse aura été redéfinie, le Département aura pour responsabilité de continuer à assurer la dissémination du kilogramme et de garantir la cohérence et la traçabilité du système mondial de métrologie des masses. Dans le domaine des étalonnages, la rénovation du laboratoire, l'acquisition d'un nouveau comparateur de masses de 1 kg dans le vide, et la construction d'un comparateur de masses automatique pour des étalons de masse entre 1 g et 100 g ont permis d'améliorer les équipements du Département. Depuis 2007, soixante certificats

² Par suite à l'adoption de la Résolution 3 « Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2013 à 2015 », la prochaine réunion de la CGPM se tiendra en 2014.

d'étalonnage de masse ont été émis, quatre études spéciales effectuées pour des laboratoires nationaux de métrologie, et dix étalonnages de masse réalisés pour les besoins internes du BIPM.

La détermination du volume d'étalons au niveau de 1 kg a été effectuée à l'aide d'une balance hydrostatique avec pour référence de l'eau bidistillée. Afin de réduire l'incertitude, des tests ont été effectués avec succès dans un bain d'eau à l'aide de cylindres de 500 g en monocristal de silicium ; l'objectif final est de remplacer l'eau par du fluorocarbure liquide, et d'utiliser les cylindres en silicium comme référence pour étalonner la masse volumique du fluorocarbure. Un système pour la détermination du volume d'étalons de moins de 100 g a été acheté afin de permettre au BIPM d'étalonner des étalons spéciaux nécessaires aux activités internes. Depuis 2007, seize certificats d'étalonnage de volume ont été émis, deux études spéciales effectuées pour des laboratoires nationaux de métrologie, et deux étalonnages de volume réalisés pour les besoins internes du BIPM.

Le Département des masses continue à fournir un service de fabrication de prototypes en platine iridié aux laboratoires nationaux de métrologie et au BIPM. Onze prototypes ont ainsi été fabriqués depuis 2007. La fabrication des prototypes, qui est essentielle pour la dissémination de l'unité de masse aux États Membres existants et à ceux venant d'accéder à la Convention du Mètre, nécessite des ajustements de masse, ainsi que des étalonnages de masse, de volume et de susceptibilité volumique magnétique.

Les ventes du susceptomètre magnétique du BIPM se poursuivent. Des étalonnages de susceptibilité volumique ont été réalisés pour vingt-trois laboratoires nationaux de métrologie. Les étalonnages des manomètres du BIPM par rapport à la balance de pression conservée au Département des masses ont continué, cent-vingt-sept certificats ayant été émis depuis 2007, ce qui équivaut à environ trente-et-un certificats par an. Tous les étalonnages de masse réalisés répondent aux exigences du système de management de la qualité fondé sur la norme ISO/CEI 17025:2005.

Afin de préparer la mise en pratique de la nouvelle définition à venir du kilogramme et de prendre part à la détermination de la constante d'Avogadro et de la constante de Planck, le Département des masses a entrepris des études sur les effets de la sorption de l'eau à la surface des étalons, ainsi que sur la contamination de masses dans le vide par une jauge à vide. Le Département a effectué des comparaisons de masse d'artefacts de sorption sous la houlette du sous-groupe de travail 1 du Groupe de travail du CCM sur les étalons de masse. Dans le cadre du projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro (IAC), il a également réalisé des comparaisons de masse entre des sphères de silicium naturel et des sphères de ^{28}Si enrichi isotopiquement avec une incertitude cible finale d'environ 5 μg . Une comparaison bilatérale des masses d'essai utilisées pour l'expérience de la balance du watt du NPL a été conduite afin d'étudier les écarts entre la valeur de la constante de Planck obtenue par les balances du watt du NPL et du NIST.

Le Département des masses a commencé à créer un ensemble de nouveaux étalons de masse en prévision de la redéfinition du kilogramme. La masse moyenne des étalons constituant cet ensemble permettra de garantir la stabilité de la référence de masse du BIPM, qui sera utilisée pour la dissémination de l'unité de masse. Elle devra aussi être traçable à la nouvelle définition à venir du kilogramme, ce qui nécessitera d'effectuer des comparaisons avec des réalisations primaires du « nouveau » kilogramme. Cet ensemble sera composé d'environ douze étalons de masse fabriqués en platine iridié, en monocristal de silicium, et en acier inoxydable. Une étude visant à contrôler la stabilité de la masse des étalons en fonction des conditions de stockage est en cours afin de déterminer comment optimiser ces conditions de stockage. Un premier groupe

d'étalons sera stocké dans le vide (à environ 1 mPa), deux autres groupes le seront dans des gaz chimiquement inertes tels que l'azote et l'argon, et un dernier groupe sera conservé dans l'air ambiant. On contrôlera la présence d'oxygène, d'eau et d'hydrocarbures dans le gaz de sortie à quelques 10^{-6} . Le gaz résiduel présent dans le dispositif de stockage dans le vide sera également contrôlé au même niveau d'incertitude. Les caissons ont été fabriqués par l'atelier de mécanique du BIPM et le réseau reliant ces caissons aux sources de gaz, bacs et analyseurs est en cours de construction.

Le NPL, le METAS et le BIPM ont établi une coopération trilatérale afin de travailler sur les projets suivants :

- la méthodologie permettant de comparer la masse d'étalons dans le vide et dans l'air ;
- l'analyse de surface par spectrométrie de photoélectrons induits par rayons X d'échantillons en acier inoxydable, platine iridié, monocristal de silicium et alliage d'or ;
- des comparaisons de masse, dans le vide ou en atmosphère inerte, d'artefacts transportés dans des conditions similaires à celles des comparaisons prévues ;
- une étude de l'efficacité des méthodes de nettoyage utilisées, telles que le jet de plasma d'hydrogène ou d'oxygène (méthode mise au point par le METAS) ; l'exposition à l'ozone et à la lumière ultraviolette (méthode UVOx mise au point par le NPL) ; les méthodes traditionnelles de nettoyage du BIPM ; et le solvant utilisé dans le cadre du projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro (méthode mise au point par le NMIA).

Le Département des masses a installé avec succès une boîte à gants et un système de transfert dans le vide afin de pouvoir charger dans le comparateur de masses dans le vide des artefacts conservés dans le vide ou dans une atmosphère inerte.

Le Département des masses continue à coopérer avec l'European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) dans le domaine de la recherche sur les propriétés magnétiques des étalons de masse, et à collaborer avec l'Agence spatiale européenne sur le programme Laser Interferometer Space Antenna (LISA) concernant des problèmes de propriétés magnétiques. Il a été mis fin à l'expérience de la balance de torsion et le système a été transféré à l'université de Birmingham (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord). Le Département des masses poursuit ses activités liées au travail des Comités consultatifs et continue à coordonner les mesures de masse du projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro (IAC). Le Département collabore aussi avec d'autres collègues du BIPM au projet de la balance du watt du BIPM.

Balance du watt

La balance du watt est l'un des projets les plus importants du BIPM : le CIPM a ainsi accordé à cette activité la plus haute priorité dans le programme de travail pour les années 2009 à 2012. La balance du watt, ainsi que la création d'un ensemble de nouveaux étalons de masse, sont des projets essentiels pour que le BIPM puisse assumer sa responsabilité en métrologie des masses, une fois le kilogramme redéfini. Le travail sur la balance du watt est le fruit d'une collaboration entre plusieurs départements scientifiques du BIPM, la plus grande contribution étant apportée par le Département des masses. Depuis la dernière réunion de la CGPM, deux nouveaux postes, l'un pour un assistant, l'autre pour un physicien, ont été créés et un post-doctorant a été recruté pour une période de deux ans afin de travailler sur la balance du watt.

La balance du watt du BIPM se fonde sur un nouveau concept dans lequel les mesures statiques et dynamiques sont effectuées de façon simultanée, alors que dans le cas des balances du watt conventionnelles, ces mesures sont réalisées de façon séquentielle. Cette technique permet à l'expérience du BIPM d'être insensible aux dérives du champ magnétique et réduit la sensibilité due aux défauts d'alignement de la bobine mais requiert des caractéristiques de conception innovantes. Outre cette nouvelle méthode de mesure, la balance du watt du BIPM peut également fonctionner de façon traditionnelle, en deux phases de mesure distinctes, ce qui permet au BIPM de démontrer la validité de son concept.

Des progrès significatifs ont été effectués :

- un chercheur invité du NMIJ, Japon, a construit une source de courant de stabilité élevée, avec une dérive relative du courant de seulement 2×10^{-9} par minute ;
- la conception du circuit magnétique a été achevée. Elle a été soigneusement étudiée afin de réduire le niveau de perturbations électromagnétiques détectées par la bobine. Le système sera fabriqué et assemblé au début de l'année 2012 ;
- le travail sur un étalon de tension de Josephson spécifiquement conçu pour les mesures de tension a commencé ;
- une procédure novatrice d'alignement de la bobine et du champ magnétique par rapport à la direction de l'accélération gravitationnelle a été mise au point. Cet alignement sera maintenu de façon dynamique pendant le mouvement de la bobine par un nouveau mécanisme intégré à la suspension ;
- un nouveau laboratoire disposant de deux larges bases en béton, l'une pour la balance du watt, l'autre pour un gravimètre, a été préparé. Les mesures de gravimétrie absolue effectuées lors de la comparaison internationale de gravimètres absolus, ICAG-2009, et la cartographie des variations spatiales dans ce laboratoire permettront au BIPM de déterminer l'accélération gravitationnelle locale à l'emplacement où sera posée la masse d'essai de la balance du watt, une fois que cette dernière aura été transférée dans le nouveau laboratoire.

Les premières mesures de la constante de Planck ont été effectuées au début de 2009 mais l'incertitude obtenue était encore relativement importante. Une autre série de mesures a été réalisée en 2010 sur une période de cinq semaines. Les résultats obtenus étaient en accord à 5×10^{-6} près avec la valeur de la CODATA, ce qui entre dans les limites de l'incertitude estimée à 5×10^{-5} . Avec ce résultat publié en 2010, le BIPM fait partie, avec le NIST, le NPL et le METAS, des seules équipes à avoir publié des résultats obtenus à partir d'une expérience de la balance du watt.

L'incertitude obtenue à l'heure actuelle est dominée par les composantes liées à divers alignements critiques. L'instauration par le BIPM de nouvelles procédures d'alignement permettra de réduire ces composantes d'incertitude. Un nouvel interféromètre tri-directionnel permettra d'effectuer des mesures de vitesse plus exactes, ce qui contribuera également à réduire l'incertitude.

La balance du watt sera installée au premier semestre de 2012 sur une base en béton dans le nouveau laboratoire. Le niveau de vibration de cette base en béton est considérablement plus faible que celui de l'endroit où est actuellement posée la balance du watt, ce qui réduira le bruit des mesures. Le transfert de la balance du watt dans le nouveau laboratoire fournira l'occasion de placer l'expérience dans une enceinte à vide disponible depuis avril 2011. Avec ces améliorations, le BIPM espère atteindre une incertitude de l'ordre de 1×10^{-6} au début de 2012.

L'un des objectifs des premières déterminations de la constante de Planck était de comparer les résultats obtenus avec la nouvelle méthode de mesures simultanées du BIPM à ceux acquis de façon traditionnelle. Actuellement, nous pouvons affirmer que les deux méthodes sont en accord avec une reproductibilité expérimentale de 5×10^{-6} .

La méthode des mesures simultanées a des avantages intéressants mais présente la difficulté qu'il faut dissocier la tension induite dans la bobine de la chute de tension non désirée résultant du courant traversant la bobine. Une possibilité serait d'utiliser une bobine supraconductrice dans laquelle la chute de tension résistive serait nulle. Une étude de faisabilité a été conduite afin d'étudier, avec le soutien du NIST, le comportement d'une bobine supraconductrice, et afin d'analyser certaines difficultés d'ingénierie concernant la version cryogénique de la balance du watt. La construction, à petite échelle, d'une bobine mobile supraconductrice a commencé fin 2010.

Le travail sur la balance du watt, qui fonctionne à l'heure actuelle à température ambiante, se poursuivra jusqu'à ce qu'on atteigne les limites de l'incertitude. L'objectif est d'atteindre une incertitude inférieure à quelques 10^{-7} d'ici 2015. Il sera décidé au cours du programme de travail pour les années 2013 à 2016 si le BIPM entreprend la construction d'une version cryogénique de la balance du watt. Un tel système serait mis au point parallèlement à la balance du watt fonctionnant à température ambiante.

Temps

Le Département du temps, des fréquences et de la gravimétrie est devenu le Département du temps le 1^{er} janvier 2011. Le Département du temps est parvenu à améliorer d'un facteur de 2 à 3 l'incertitude statistique du lien à l'UTC pour environ 25 % des laboratoires participants en utilisant pour les comparaisons d'horloges une combinaison des mesures de phase et de code des signaux du GPS. La méthode utilisée, appelée GPS PPP, a été officiellement introduite au calcul de l'UTC en septembre 2009. Les campagnes d'étalonnage relatif en continu des équipements du GNSS effectuées dans les laboratoires participants, ainsi que les campagnes coordonnées par les organisations régionales de métrologie ont permis d'améliorer l'incertitude systématique de l'UTC. Un doctorat sur l'étalonnage absolu des récepteurs du GNSS, qui est presque terminé, présente d'excellents résultats. Des récepteurs du GLONASS ont été étalonnés puis des comparaisons horaires fondées sur des observations des satellites du GLONASS ont été incluses à partir de novembre 2009 au calcul de l'UTC. Cela constitue la première étape pour mettre en place des liens horaires multi-systèmes pour le calcul de l'UTC. Une méthode de liens combinés GPS-GLONASS visant à améliorer les comparaisons d'horloges pour le calcul de l'UTC a été mise au point et intégrée de façon officielle à la *Circulaire T* du BIPM le 1^{er} janvier 2011. Une extrapolation mensuelle de TT (BIPM) a été mise en place et publiée pour les applications requérant une échelle de temps qui présente une meilleure stabilité à long terme et un niveau d'exactitude le plus élevé. Un modèle parabolique de prédiction de la fréquence des horloges participant au calcul de l'UTC est en cours de développement et est actuellement intégré aux logiciels ; ce modèle devrait mettre fin à la dérive observée ces dernières années entre l'Échelle atomique libre (EAL) et le Temps atomique international (TAI) ou le Temps terrestre (TT). Le délai de publication de la *Circulaire T* du BIPM a été réduit (d'environ une semaine) grâce à la mise en place d'une procédure automatisée de soumission et de collecte des données. La comparaison internationale de gravimètres absolus ICAG-2009 a été définie comme une comparaison clé.

Le Département du temps poursuit ses activités de collaboration internationale, et joue notamment un rôle de premier plan à l'International Committee on GNSS (ICG) concernant les références temporelles pour les applications du GNSS.

Électricité

Le travail du Département de l'électricité s'est concentré sur les comparaisons d'étalons électriques primaires de laboratoires nationaux de métrologie afin de permettre à ces laboratoires de tester leurs propres réalisations des unités correspondantes en les comparant aux étalons de référence stables et bien caractérisés du BIPM. Le Département a effectué un nombre croissant de comparaisons sur site d'étalons de tension de Josephson, à un taux d'environ 2 à 3 comparaisons par an, afin de répondre aux demandes des laboratoires nationaux de métrologie et d'obtenir les incertitudes les plus faibles possibles. En 2009, quinze laboratoires nationaux de métrologie d'États Membres se sont déclarés intéressés pour participer à ce type de comparaisons. Le fait de collaborer ainsi avec le BIPM permet aux laboratoires nationaux de métrologie d'améliorer leurs propres étalons de tension. Afin de garantir la continuité de son programme de comparaisons, le BIPM met actuellement au point un nouvel étalon de Josephson transportable.

Plusieurs laboratoires nationaux de métrologie ont demandé que le BIPM reprenne les comparaisons sur site de résistances de Hall quantifiées qui avaient auparavant été réalisées à cinq reprises entre 1993 et 1999. Le nombre de systèmes de résistance de Hall quantifiée augmente dans le monde entier et les comparaisons utilisant des résistances bobinées comme étalons de transfert sont limitées par leur stabilité inhérente. Une comparaison directe de deux systèmes de résistance de Hall quantifiée permet une réduction de l'incertitude d'au moins un facteur de dix. Un nouveau cryostat de résistance à effet Hall quantique transportable a été construit et ses dispositifs électroniques seront modernisés au cours de l'année 2011.

Outre les comparaisons sur site, le Département de l'électricité organise des comparaisons d'étalons de résistance, de capacité et de tension par le biais d'étalons de transfert.

L'une des comparaisons sur site d'étalons de Josephson a été étendue afin d'effectuer une comparaison entre l'étalon de tension de Josephson programmable de nouvelle génération du BIPM et l'étalon de tension à réseau de Josephson conventionnel du LNE. On a constaté que les deux réseaux présentaient un excellent accord, avec une incertitude relative exceptionnellement faible de moins de 1×10^{-10} , ce qui indique que ces nouveaux réseaux programmables conviennent aux applications métrologiques.

Le NPL a invité le BIPM à effectuer une comparaison de résistances de Hall quantifiées utilisant du graphène, le nouveau matériau bidimensionnel, et de l'arséniure de gallium, le matériau conventionnel. Les résultats sont en accord avec une incertitude relative de l'ordre de 1×10^{-10} , ce qui représente la mesure la plus exacte de résistance à Hall quantifiée en graphène obtenue jusqu'alors. Comme les propriétés électroniques du graphène et de l'arséniure de gallium sont très différentes, cette comparaison constitue un test important de l'universalité de la résistance de Hall quantifiée. Cet important résultat scientifique revêt également un intérêt pour la future réalisation des unités électriques fondée sur l'effet Hall quantique. Les propriétés du graphène pourraient également permettre de mettre au point un système de résistance de Hall quantifiée transportable beaucoup plus compact pour les comparaisons sur site.

Un condensateur calculable mis au point en collaboration avec le NMIA (Australie) sera utilisé comme étalon primaire pour l'unité de capacité, le farad. Cet instrument a été conçu afin d'atteindre une incertitude relative de l'ordre de 1×10^{-8} , ce qui n'avait jamais été le cas

auparavant. Un condensateur calculable permet la réalisation directe d'une unité électrique du SI avec la plus faible incertitude possible. L'objectif est aussi de mesurer la constante de von Klitzing, R_K , en unités du SI, ce qui est important dans la perspective de la redéfinition de quatre unités de base du SI. Les premières mesures seront effectuées en 2011.

Le Département de l'électricité apporte son soutien au projet de la balance du watt du BIPM en mettant au point un étalon de tension de Josephson dédié et en donnant des conseils généraux concernant les mesures électriques.

Rayonnements ionisants

Le Département des rayonnements ionisants a lancé trois nouvelles comparaisons en continu. Les comparaisons de dosimétrie dans des faisceaux d'accélérateurs, à l'aide du calorimètre transportable du BIPM, ont commencé en 2009 avec la participation du Canada, de l'Allemagne et des États-Unis d'Amérique. Le calorimètre fournit également une nouvelle détermination de la dose absorbée dans l'eau dans les faisceaux de ^{60}Co de l'équipement de référence du BIPM. L'équipement de comparaison en mammographie a été achevé en 2009 avec la construction et la validation d'une nouvelle chambre à parois d'air libre utilisée comme étalon primaire, ainsi que l'installation et la détermination des caractéristiques d'un tube de rayons x à cible en molybdène. Les premières comparaisons ont été effectuées avec le Japon, les États-Unis d'Amérique et l'Allemagne, et les caractéristiques des étalons nationaux de Chine et d'Italie ont été déterminées. Grâce au travail de personnes en détachement et de chercheurs invités venant du Mexique, du Danemark, d'Afrique du Sud et des Pays-Bas, les premières comparaisons en continu du BIPM en curiethérapie à l'aide d'étalons de transfert ont pu être effectuées aux Pays-Bas, en France et au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. Le BIPM a mis au point et amélioré l'ensemble de ses étalons primaires pour le kerma dans l'air dans les faisceaux de photons, en effectuant en particulier des déterminations robustes de volume, des mesures et des calculs de Monte Carlo. Les changements qui en résultent pour ces étalons primaires ont été approuvés par le CCRI puis publiés. L'ICRU et le CCRI analysent à l'heure actuelle les études du BIPM sur la valeur- I pour le graphite et sur la valeur- W pour l'air qui ont des implications pour les étalons de kerma dans l'air du monde entier. Le BIPM a également travaillé en étroite collaboration avec l'Australie, le Mexique, le Portugal et l'Égypte sur la mise au point de leurs étalons primaires. Au total, trente-quatre comparaisons de dosimétrie ont été effectuées, dont une comparaison à des niveaux de dose de l'ordre du kilogray, et vingt-huit rapports ont été publiés, dont trois articles pour un numéro spécial de *Metrologia*. Par ailleurs, le BIPM a procédé à la détermination des caractéristiques et à l'étalonnage de quatre-vingt-neuf étalons secondaires nationaux de dosimétrie, dont ceux du service de mesure fourni conjointement par l'AIEA et l'OMS.

Quinze pays envoient régulièrement au BIPM des ampoules de matériau radioactif pour les comparaisons en continu de mesure d'activité à l'aide du Système de référence international (SIR) : quarante-sept comparaisons ont ainsi été effectuées et vingt résultats déjà publiés. La nouvelle version du système de mesure du SIR a été adoptée en 2009. Les niveaux d'activité des impuretés de dix-neuf radionucléides parmi ceux soumis pour comparaison ont été mesurés. L'utilisation du SIR a été étendue aux radionucléides à courte durée de vie grâce à la mise au point d'un instrument de transfert du SIR qui a déjà été utilisé aux États-Unis d'Amérique, en Corée et au Japon pour des mesures de $^{99\text{m}}\text{Tc}$, le radionucléide le plus couramment utilisé en imagerie médicale. L'extension du SIR aux émetteurs de rayonnement bêta pur progresse de façon satisfaisante et une étude pilote qui sera conduite en 2011 utilisera les techniques de scintillation liquide du BIPM pour mesurer des échantillons de ^{63}Ni venant de six laboratoires.

Des études de ^{237}Np , ^{241}Am , ^{85}Kr et ^{177}Lu ont été réalisées afin de soutenir les comparaisons de mesures d'activité du CCRI. Le BIPM a par ailleurs piloté et participé aux comparaisons de ^{55}Fe et ^3H , et analysé les résultats des comparaisons de ^{85}Kr et ^{241}Pu . De plus, le BIPM a modernisé ses équipements de mesure primaire et a participé avec succès à une comparaison du CCRI pilotée par l'IRA-METAS et le NPL sur l'évaluation de l'incertitude.

La responsabilité de l'étalonnage des thermomètres à résistance de platine étalon pour les besoins internes du BIPM a été confiée au Département des rayonnements ionisants qui a ainsi conduit une comparaison bilatérale dans ce domaine avec le LNE-INM. Le Département a ensuite mis à jour son Système Qualité et effectué deux campagnes d'étalonnage pour les autres départements du BIPM.

Chimie

Le Département de la chimie continue à travailler sur l'équivalence internationale des étalons de gaz pour le contrôle de la qualité de l'air et la surveillance du changement climatique. Le Département a effectué vingt-huit comparaisons d'étalons nationaux de référence mesuriers d'ozone par rapport aux étalons maintenus par le BIPM (dans le cadre, pour la majorité, de la comparaison clé en continu BIPM.QM-K1), ce qui a permis d'améliorer d'un facteur de l'ordre de 5 la cohérence des étalons dans le monde entier, et d'atteindre les niveaux de performance requis pour la surveillance à long terme de l'ozone de surface. Le Département a coordonné les premières comparaisons internationales d'étalons de gaz de dioxyde d'azote (CCQM-K74 et CCQM-P110), nécessaires pour la surveillance et la réduction au niveau international de la pollution de l'air due aux émissions des véhicules. Trente-six résultats provenant de dix-sept laboratoires nationaux de métrologie ont été comparés et la valeur de référence a été fournie par l'équipement primaire de mesure du dioxyde d'azote du BIPM. Le BIPM a organisé une comparaison coordonnée et un atelier sur l'utilisation, les performances et les limites des méthodes spectroscopiques (spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier) pour mesurer les gaz de façon exacte et traçable. Un étalon de référence à laser pour la mesure de l'ozone et un équipement pour le titrage en phase gazeuse ont été mis au point et de nouvelles mesures de la section efficace d'absorption de l'ozone dans la bande d'absorption Hartley ont fourni de nouvelles données de référence. Celles-ci permettront d'améliorer l'exactitude et la cohérence de la surveillance à long terme de l'ozone atmosphérique. Le Département de la chimie a continué à mettre au point et à valider des équipements de comparaison d'étalons de méthane dans l'air et d'étalons primaires de formaldéhyde au siège du BIPM, afin de préparer les comparaisons internationales que le BIPM coordonne (CCQM-K82 et CCQM-K90). Celles-ci sont requises pour garantir une surveillance précise à long terme des gaz à effet de serre et des processus atmosphériques liés.

Le travail du Département de la chimie sur l'équivalence internationale des calibrateurs primaires organiques dans le domaine de la santé, l'alimentation, la médecine légale, la pharmaceutique et la surveillance de l'environnement a porté sur :

- la réalisation de trois comparaisons coordonnées par le BIPM de calibrateurs primaires organiques (CCQM-P20.f, CCQM-K55.a, CCQM-K55.b) concernant respectivement une substance thérapeutique (digoxine), une hormone stéroïde (estradiol) et un pesticide (aldrine). La comparaison (CCQM-K55.c) sur l'antibiotique chloramphénicol a commencé. Les comparaisons du BIPM ont permis d'obtenir cinquante-sept résultats soumis par les laboratoires nationaux de métrologie participants afin d'étayer leurs déclarations d'aptitudes en matière de mesures concernant des calibrateurs primaires organiques et afin d'établir leurs déclarations de traçabilité dans le domaine de la chimie organique ;

- la mise au point et l'approbation d'un modèle de comparaison pour les calibrateurs primaires organiques de molécules de petite taille, fondé sur la classification par poids moléculaire et la polarité, si bien qu'un groupe de seulement trois comparaisons de calibrateurs primaires organiques conduites continûment suffit pour étayer les déclarations d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) dans le domaine de l'analyse organique de molécules de petite taille. On considère ainsi que les comparaisons coordonnées du BIPM étayent les 1 121 CMCs concernant les substances organiques actuellement publiées dans la KCDB ;
- la mise au point et la validation de méthodes de mesure pour assigner une valeur aux calibrateurs primaires de molécules de petite taille, parmi lesquelles les médicaments, stéroïdes, pesticides, antibiotiques et acides aminés. Les études de faisabilité sur les méthodes de bilan massique et autres procédures permettant de déterminer la pureté de molécules de grande taille telles que l'angiotensine et l'insuline ont commencé. Le transfert de connaissances qui a lieu lors des comparaisons du CCQM coordonnées par le BIPM a permis d'améliorer de manière significative les performances des participants aux comparaisons coordonnées par le BIPM.

Le Département de la chimie continue à soutenir le JCTLM et à collaborer avec d'autres organisations intergouvernementales. Ce travail a ainsi concerné :

- la refonte de la base de données du JCTLM et des processus de nomination et d'examen de propositions pour une plus grande cohérence avec les nouvelles normes harmonisées sur les matériaux de référence certifiés et les procédures de mesure de référence (ISO 15193:2009 et ISO 15194:2009) ;
- l'intense collaboration avec l'Organisation météorologique mondiale (OMM) afin d'organiser l'atelier commun au BIPM et à l'OMM intitulé « Measurement Challenges for Global Observation System for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty » ; et
- la collaboration et le transfert de connaissances avec les groupes d'experts de l'OMM concernés par les oxydes d'azote, les composés organiques volatils et la section efficace d'absorption de l'ozone afin de mettre au point et d'améliorer les étalons de mesure et les données de référence.

9.14 Administration et finances

Je souhaiterais d'abord évoquer un certain nombre d'amendements qui ont été apportés à l'Accord de siège du BIPM. Cet accord entre le CIPM et la France régit les relations entre le BIPM et la France, son pays hôte, nécessaires au BIPM pour qu'il puisse accomplir sa mission sur le territoire français. L'Accord de siège de 1969 ne prévoit pas l'ensemble des dispositions considérées comme nécessaires à l'accomplissement par le BIPM de sa mission, c'est pourquoi nous avons négocié des amendements à l'Accord de siège avec le Gouvernement de la République française.

Pour l'essentiel, les amendements convenus entre le CIPM et le Gouvernement de la République française prévoient l'inviolabilité des archives du BIPM, l'immunité de juridiction avec certaines limitations concernant les relations entre les membres du personnel du BIPM et des tiers, ainsi que des limitations aux exemptions portant sur les biens et avoirs. Le CIPM a approuvé ces modifications telles que décrites dans le rapport de la 96^e session du CIPM en novembre 2007.

La République française a adopté une loi ratifiant les amendements à l'Accord de siège du BIPM, loi publiée au Journal Officiel de la République française du 30 juillet 2008.

Je tiens à remercier le Gouvernement de la République française pour l'adoption de ces amendements.

En février 2008, suite à un certain nombre de présentations et discussions au cours de sa session de novembre 2007, le CIPM a approuvé à l'unanimité de nouveaux Statut, Règlement et Instructions applicables aux membres du personnel du BIPM (SRI) qui incluent notamment pour la première fois un code de conduite applicable aux membres du personnel du BIPM. Ces nouveaux SRI ont permis de mettre à jour le Statut du personnel du BIPM et correspondent désormais aux normes actuelles et contribuent à attirer, recruter et retenir du personnel de grande qualité.

Un des points majeurs des nouvelles conditions d'emploi est l'introduction de dispositions relatives au règlement de différends concernant les conditions d'emploi entre un membre du personnel et le BIPM, en accord avec l'amendement à l'Accord de siège qui prévoit la reconnaissance de la compétence d'un tribunal administratif international, le Tribunal administratif de l'Organisation internationale du Travail (TAOIT), après épuisement des voies de recours internes. Le directeur du BIPM a eu un certain nombre de discussions avec les représentants du personnel au cours de l'élaboration de ces nouveaux SRI et la transition entre les anciennes et les nouvelles dispositions s'est effectuée de façon satisfaisante.

La CGPM a conscience des récents événements auxquels a été confronté le monde financier et des effets que cela a eus, entre autres, sur les régimes de retraite des salariés d'entreprises nationales et d'organisations internationales. Depuis la dernière réunion de la CGPM, le CIPM a effectué l'un de ses examens périodiques du Règlement de la Caisse de retraite du BIPM et de la situation actuarielle, le principal objectif étant de s'assurer que les actifs de la Caisse de retraite du BIPM sont suffisants pour assurer, sur le long terme, le paiement des droits à la retraite. En conséquence, le CIPM a adopté des amendements aux Statut et Règlement de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM pour les membres du personnel recrutés avant le 1^{er} janvier 2010, ainsi que de nouvelles dispositions pour les membres du personnel recrutés après cette date. Cette révision s'est avérée d'autant plus importante que l'espérance de vie des retraités et des membres du personnel a augmenté de façon constante au cours de ces dernières décennies et qu'elle est aujourd'hui plus élevée que jamais auparavant ; en outre, le nombre de membres du personnel à la retraite va bientôt dépasser le nombre de membres du personnel en service.

Ces amendements ont été discutés, révisés puis mis en œuvre. Les principales décisions ont été les suivantes : augmentation de l'âge normal de départ à la retraite, augmentation des cotisations des membres du personnel, réduction du montant de la pension de retraite pour les membres du personnel recrutés après le 1^{er} janvier 2010, et réduction de certains avantages annexes. Le CIPM estime que ces amendements devraient garantir la pérennité de la Caisse de retraite du BIPM pour de nombreuses années à venir, les projections réalisées allant jusqu'en 2050.

Les conditions d'emploi du BIPM doivent être compétitives et offrir une rémunération et des avantages suffisants pour attirer et retenir du personnel hautement qualifié. Une étude a comparé les salaires du BIPM par rapport à ceux offerts dans d'autres organisations intergouvernementales, dans les secteurs public et privé français et dans un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie. Les résultats indiquent que le BIPM est, de façon générale, compétitif et qu'il n'y a pas de raison de procéder à des modifications substantielles. Toutefois, le CIPM a profité de cette étude sur les salaires pour apporter un certain nombre de changements

à l'échelle des grades du BIPM afin de refléter les conditions du marché et permettre une progression adéquate de la rémunération des membres du personnel tout au long de leur carrière.

Le directeur a informé le CIPM de la réorganisation des commissions du personnel du BIPM, désormais au nombre de quatre, contre six auparavant. Des rapports sur la création d'un Comité Santé et Sécurité et sur la formation suivie par plusieurs membres du personnel du BIPM afin de devenir experts dans un certain nombre de domaines spécifiques ont été présentés au CIPM. La rédaction de la plupart des documents du BIPM concernant la sécurité a été revue et je suis heureux de pouvoir annoncer que le BIPM présente de bons résultats en matière de sécurité, aucun incident grave n'ayant été signalé.

Parmi les autres réformes entreprises, le BIPM a mis en œuvre un nouveau référentiel comptable et est passé d'une comptabilité de trésorerie à une comptabilité d'engagement. Ce changement a été fortement encouragé par le bureau du CIPM et par les membres du CIPM. Le BIPM a ainsi mis en place de nouveaux principes et règles comptables qui ont été appliqués à compter des états financiers de 2010. Afin de comparer les états de 2010 à ceux de 2009, les données financières de 2009 ont été retraitées selon les nouveaux principes et règles. Ainsi, les états financiers des quatre exercices du programme de travail actuel suivront les mêmes principes comptables. Le nouveau système de comptabilité permet d'accroître la transparence de la gestion financière du BIPM vis-à-vis des États Membres, et rend l'utilisation du Fonds de réserve et du Fonds d'investissement du BIPM plus claire. Le Fonds de réserve est destiné à couvrir les fluctuations dans le versement des contributions annuelles des États Membres, et le Fonds d'investissement à couvrir les coûts d'infrastructure du BIPM incluant l'amortissement des équipements, tout investissement supplémentaire nécessaire, et toute dépense imprévue.

Ces réformes en matière d'administration et de gestion du personnel ont constitué un défi important pour le BIPM. En mettant en place ces réformes, le BIPM adopte les meilleures pratiques actuelles et le CIPM estime que la plupart des modifications nécessaires concernant la politique interne et la gestion du BIPM ont été effectuées et mises en œuvre avec succès.

La structure des effectifs du BIPM a changé quelque peu au cours de ces dernières années et le précédent directeur du BIPM ainsi que l'actuel ont eu pour politique de maintenir l'équilibre entre les recrutements de durée indéterminée et ceux de durée déterminée. Cette politique a reçu le soutien du CIPM. Il est nécessaire d'engager des membres du personnel à titre permanent afin d'assurer la continuité des activités fondamentales du programme de travail, tandis que les membres du personnel recrutés pour une durée déterminée apportent les compétences particulières requises pour mettre en œuvre certains projets spécifiques. Il s'est avéré que cette flexibilité était une grande réussite, en particulier lorsqu'elle est associée à des détachements de laboratoires nationaux de métrologie ou autres. Depuis la dernière réunion de la CGPM, le BIPM a accueilli au total dix-sept personnes en détachement pour des durées diverses, ce qui représente en moyenne trois équivalents temps plein annuellement. Les avantages d'un programme encourageant les détachements sont clairs : amélioration de la collaboration et de la communication entre le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie, et opportunité pour le personnel des laboratoires nationaux de métrologie d'avoir une expérience unique de la métrologie au niveau international.

Comme vous le savez, en se fondant sur la proposition qui lui est faite par le directeur du BIPM, le CIPM élabore le budget annuel au cours de l'exercice précédant son application. Le CIPM s'assure que les ressources disponibles permettent de garantir un budget équilibré et que le Fonds de réserve du BIPM est suffisant pour pallier les fluctuations dans le paiement des contributions annuelles des États Membres. Je suis heureux de vous informer que 99 % de la

dotation, ainsi que 81 % de la contribution discrétionnaire supplémentaire, ont été versés au cours des années 2008 à 2010. Cependant, étant donné la situation économique difficile rencontrée à l'heure actuelle par un certain nombre d'États Membres, le BIPM est confronté à un plus grand nombre d'arriérés de paiement concernant les contributions de 2011. Le budget du BIPM est bien géré et atteindra l'équilibre pour les années 2009 à 2012. Toutefois, comme vous le verrez dans le projet de budget et programme de travail proposés pour les années 2013 à 2016, un certain nombre d'investissements concernant l'infrastructure du BIPM sont nécessaires, notamment pour la rénovation des bâtiments qui a été reportée depuis le précédent programme de travail ou qui a fait suite à la hiérarchisation des priorités. Par ailleurs, si le BIPM doit remplir pleinement sa mission et répondre aux besoins des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres comme cela est décrit dans le programme de travail pour les années 2013 à 2016, cela générera des dépenses significatives.

Le BIPM maintient un Système Qualité qui répond aux exigences de la norme ISO/CEI 17025:2005 en ce qui concerne ses services de mesure. Des audits internes et externes sont bien évidemment effectués de manière régulière et, dans un souci de transparence, le Système Qualité du BIPM a été présenté en détail aux experts des organisations régionales de métrologie lors d'une réunion spéciale en mars 2008. Ces experts ont fait un certain nombre de propositions utiles, suite à quoi le BIPM a révisé ses documents portant sur la qualité. Le BIPM a recruté un responsable Qualité, Santé et Sécurité à plein temps en 2009 et le Manuel Qualité a été révisé de manière significative en octobre 2010. Le directeur du BIPM présente régulièrement au CIPM des rapports sur le Système Qualité du BIPM que le CIPM considère efficace et efficient. Un autre progrès concerne les incertitudes associées aux services d'étalonnage et de mesurage du BIPM qui sont désormais publiées sur le site internet du BIPM, avec un lien depuis l'annexe C de la KCDB et sous un format similaire à celui utilisé pour les CMCs déclarées par les laboratoires nationaux de métrologie. Les incertitudes associées aux services d'étalonnage et de mesurage du BIPM sont par ailleurs examinées par les Comités consultatifs concernés.

Un certain nombre de rénovations ont été effectuées depuis la dernière réunion de la CGPM : l'ancien atelier de mécanique a ainsi été réaménagé afin d'être transformé en salles de réunion, et le bâtiment des lasers a été rénové afin d'y transférer le laboratoire du temps, actuellement situé à l'Observatoire, et de créer deux laboratoires supplémentaires pour le programme de travail en chimie.

Enfin, je voudrais porter à votre attention les efforts accrus du personnel du BIPM afin de rendre compte du travail accompli par le BIPM. Le nombre de publications scientifiques produites par le personnel du BIPM est impressionnant et un certain nombre de publications d'ordre plus général ont largement contribué à promouvoir la métrologie.

9.15 Conclusion

Il n'est jamais évident pour les gouvernements, surtout dans un environnement mondial financier difficile, d'apporter leur soutien à des organisations scientifiques, et en particulier à des organisations scientifiques internationales. On en revient de façon inévitable à l'évaluation de la valeur et à la hiérarchisation des priorités pour chaque État. Dans le cas du BIPM, je suis persuadé que le travail effectué par quelque soixante-dix personnes au profit des États Membres est de grande valeur, en particulier lorsque l'on garde à l'esprit le fait que les coûts sont partagés. Le travail à fournir pour répondre aux besoins actuels des États Membres et faire face aux défis majeurs à relever est conséquent. Le BIPM est en mesure d'apporter une réelle valeur ajoutée en traitant des principaux aspects globaux des besoins des États Membres. Lorsque vous étudiez le programme de travail et budget au cours de cette réunion de la CGPM et que vous prendrez une décision quant au financement du programme de travail proposé, je vous exhorte à considérer les avantages et le retour sur investissement que le BIPM apporte à votre État. Je vous recommande de soutenir le programme de travail proposé : il a été examiné avec attention, revu par le CIPM qui en a fixé les priorités, et discuté lors de deux réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, puis le CIPM a procédé à une nouvelle hiérarchisation des priorités.

En conclusion, en tant que président du CIPM, je tiens à nouveau à remercier mes collègues du CIPM pour le travail qu'ils accomplissent en soutien au BIPM et au profit de tous les États Membres. Je souhaite également remercier les nombreux scientifiques de talent qui travaillent au sein des Comités consultatifs du CIPM et fournissent de précieux conseils au CIPM, ainsi que leurs institutions mères pour leur soutien continu. Enfin, je remercie et salue les membres du personnel du BIPM pour leur travail exceptionnel, leurs efforts permanents et leur dévouement qui permet au BIPM d'accomplir tellement avec des ressources si limitées. »

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Inglis, président du CIPM, pour son rapport et ouvre la discussion.

Il n'y a pas de commentaires.

10 Relations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux

M. Kaarls souligne l'importance croissante de la collaboration du BIPM avec un certain nombre d'organisations intergouvernementales et organismes internationaux. Il présente les intervenants de l'AIEA, l'OIML, l'OMM, l'OMS, la CIE et l'ILAC.

10.1 Rapports sur les relations avec l'AIEA, l'OIML, l'OMM, l'OMS, la CIE et l'ILAC

Agence internationale de l'énergie atomique

M. Meghzifene, directeur de la Section de la dosimétrie et de la radiophysique médicale, Division de la santé humaine, de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), fait une brève présentation sur les relations entre le BIPM et l'AIEA au nom du directeur général de

l'AIEA. Il présente de façon générale le soutien apporté par le BIPM à l'AIEA dans le domaine de la dosimétrie, en particulier en ce qui concerne la traçabilité, puis il évoque l'aide scientifique et technique du BIPM dans d'autres domaines, la collaboration entre l'AIEA et le BIPM, et le projet d'accélérateur linéaire du BIPM.

M. Meghzifene explique quelle est la position de l'AIEA dans le système métrologique international de la dosimétrie des rayonnements. Les laboratoires primaires d'étalonnage se situent en haut de l'échelle de traçabilité, les laboratoires secondaires d'étalonnage se trouvant au niveau intermédiaire et les utilisateurs finaux au niveau le plus bas. L'AIEA est un laboratoire secondaire d'étalonnage en dosimétrie. Généralement, l'AIEA établit sa traçabilité par l'intermédiaire du BIPM puis la dissémine au réseau de laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie qui la transmet ensuite directement aux utilisateurs finaux.

Concernant le soutien apporté par le BIPM, l'AIEA étalonne ses étalons dosimétriques de référence pour la radiothérapie et la radioprotection au siège du BIPM tous les deux à trois ans. Afin de mesurer l'impact de ces étalonnages, l'AIEA a étalonné 46 étalons de référence utilisés par ses laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie à l'AIEA en 2010. Au total, 39 États sont traçables au BIPM par l'intermédiaire de l'AIEA. La plupart de ces États utilisent les étalons de l'AIEA pour disséminer la traçabilité aux utilisateurs finaux. En 2010, près de 1 300 étalonnages ont été effectués par les laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie à l'aide des 46 étalons de référence étalonnés par l'AIEA à partir des quelques étalons de référence de l'AIEA étalonnés par le BIPM.

Par ailleurs, le second service en matière de traçabilité fourni par le BIPM à l'AIEA concerne les radiations de référence des dosimètres thermoluminescents utilisés dans des réseaux de vérification et de contrôle de la mise en œuvre de protocoles en dosimétrie. Ces dosimètres thermoluminescents sont envoyés aux États Membres de l'AIEA, en particulier aux hôpitaux et aux laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie. Les radiations de référence sont fournies par le BIPM comme un service externe d'assurance qualité.

À titre d'exemple de la collaboration entre le BIPM et l'AIEA, le BIPM assure la présidence du Comité scientifique du réseau de laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie commun à l'AIEA et à l'OMS, et a participé à la préparation de la charte spécifique aux laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie. Le BIPM a également pris part à la préparation de protocoles et de directives dans le domaine de la dosimétrie. Le BIPM et l'AIEA collaborent également dans le domaine des données nucléaires et des mesures d'activité.

M. Meghzifene évoque la proposition d'installer un accélérateur linéaire sur le site du BIPM. Le Code international de bonne pratique pour la dosimétrie en radiothérapie indique que l'étalonnage direct des dosimètres pour la dose absorbée dans l'eau dans les faisceaux d'accélérateurs linéaires est la méthode privilégiée. Ce Code de bonne pratique est utilisé par 80 % des pays du monde. Selon l'AIEA, le projet d'accélérateur linéaire du BIPM permettrait de faire progresser la dosimétrie appliquée à l'utilisateur final en garantissant une dissémination directe des étalonnages.

M. Meghzifene termine sa présentation en citant un extrait de la lettre envoyée par Werner Burkart, directeur général adjoint de l'AIEA, chargé du Département des sciences et des applications nucléaires, au BIPM afin de soutenir le projet de l'accélérateur linéaire : *Le nombre de laboratoires primaires d'étalonnage en dosimétrie qui possèdent un accélérateur linéaire a augmenté depuis l'an 2000. Ainsi, l'établissement d'étalons internationaux de dose absorbée dans l'eau dans les faisceaux aux hautes énergies de photons et d'électrons à l'aide d'un accélérateur linéaire installé au siège du BIPM permettra de comparer les étalons nationaux et*

de disposer de services d'étalonnage pour les laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie qui répondent aux recommandations du Protocole international de dosimétrie. Ce projet permettrait d'améliorer de façon significative l'exactitude des mesures de dosimétrie pour la radiothérapie, ce qui aurait des répercussions positives sur le traitement par radiothérapie administré aux patients atteints d'un cancer³.

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Meghzifene pour sa présentation.

M. Bock (Suisse) demande si l'AIEA pourrait soutenir financièrement le projet d'accélérateur linéaire du BIPM. M. Meghzifene répond qu'il considère que cela n'est malheureusement pas réaliste car le transfert de fonds d'une organisation intergouvernementale à une autre est difficile à justifier. Toutefois, l'AIEA a envoyé une lettre de soutien au BIPM dans laquelle l'organisation reconnaît la valeur ajoutée que représente le projet de l'accélérateur du BIPM pour les États Membres de l'AIEA, d'un point de vue technique et scientifique.

Organisation internationale de métrologie légale

M. Mason, président du Comité international de métrologie légale (CIML), expose brièvement les relations entre le BIPM et l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML).

M. Mason indique que le CIML, organe exécutif de l'OIML, a tenu sa 46^e réunion à Prague, République tchèque, du 11 au 14 octobre 2011. De nouvelles nominations ont eu lieu à l'OIML depuis le début de 2011, celle de M. Mason en tant que président du CIML, et celle de M. Patoray, directeur du Bureau international de métrologie légale (BIML). Depuis sa prise de fonctions, M. Patoray s'est attaché aux questions opérationnelles, financières et de gestion qui se posaient à l'OIML ces dernières années.

La nouvelle stratégie de l'OIML a constitué l'un des principaux thèmes de la 46^e réunion du CIML. Cette stratégie, dont l'élaboration a nécessité sept mois au total, traduit la nouvelle façon de travailler au sein de l'organisation. Le CIML a réexaminé la direction stratégique de l'OIML et la déclaration de la mission de l'OIML. Au final, peu de changements ont été effectués mais certains aspects, tels que les infrastructures et la coopération internationale, ont été plus particulièrement renforcés. L'OIML a restructuré ses objectifs afin de clarifier ses procédures et la pertinence de sa stratégie par rapport à sa mission et, en particulier, ses priorités.

Les six objectifs de l'OIML sont les suivants :

1. mettre l'accent sur le rôle de l'OIML en tant qu'organisation d'élaboration de normes. Le texte de la stratégie de l'OIML ne mentionne pas de façon explicite le BIPM dans ce premier objectif mais le BIPM s'inscrit dans l'infrastructure globale concernant les normes dans le domaine de la métrologie, l'évaluation de la conformité et l'accréditation ;
2. établir son propre système de reconnaissance mutuelle. De nouveau, le BIPM n'est pas cité dans ce deuxième objectif mais le CIPM MRA est utilisé comme modèle pour les systèmes de reconnaissance mutuelle que l'OIML a mis en place et qu'il continue à développer ;
3. représenter les intérêts de la métrologie légale auprès des organisations internationales et, en premier lieu, auprès des organes de l'organisation créée par la Convention du Mètre, ce qui est explicitement reconnu dans la stratégie ;
4. aider les membres de la communauté mondiale de la métrologie légale, en particulier les communautés des pays en développement. Aucune référence spécifique au BIPM n'est faite

³ Traduction non officielle du BIPM.

mais l'OIML, pour effectuer ce travail, devra collaborer avec les organisations régionales de métrologie et, en particulier, avec les organisations régionales de métrologie légale. Il est évident que l'expérience du BIPM en matière de coopération avec les organisations régionales de métrologie sera très utile à l'OIML concernant cet objectif ;

5. coopérer avec d'autres organismes dans le domaine de la métrologie afin de faire connaître les avantages d'une infrastructure métrologique solide sur le plan légal, scientifique et industriel, ce qui est particulièrement pertinent pour les besoins des pays en développement. La nécessité de travailler avec les organes de l'organisation créée par la Convention du Mètre est clairement mentionnée ;
6. améliorer son efficacité et le rendement de son travail dans certains secteurs identifiés, ce qui constitue un objectif interne. Il existe ainsi de fortes similitudes avec les défis auxquels le BIPM est confronté, l'objectif étant d'améliorer l'efficacité de l'OIML et le rendement de son travail en disposant de ressources limitées.

M. Mason souhaite par ailleurs attirer l'attention sur deux points :

- le CIML à sa 46^e réunion a adopté la Résolution 14 sur la collaboration entre l'OIML et le BIPM qui « reconnaît une nouvelle ère de collaboration, à tous les niveaux, entre l'OIML et le BIPM ». Il est demandé dans cette résolution d'intensifier la coopération avec le BIPM dans les activités opérationnelles, ce qui porte déjà ses fruits, et de poursuivre les discussions au sujet d'un éventuel rapprochement géographique.
- le CIML à sa 46^e réunion a également adopté la Résolution 25 concernant la contribution de l'OIML aux activités liées à la préparation pour la redéfinition de certaines unités de base du SI. Les Membres et les Comités techniques concernés de l'OIML sont en particulier encouragés à participer à ce travail.

M. Mason indique pour conclure que l'OIML est une organisation qui va de l'avant avec une confiance renouvelée. L'organisation s'attaque à des problèmes qui ont paru difficiles pendant de nombreuses années. Il espère que l'OIML et le BIPM travailleront de façon encore plus étroite, dans leur intérêt mutuel. La dernière partie de la stratégie de l'OIML s'intitule « Collaboration avec les autres » et contient une référence explicite à la coopération avec les organes de l'organisation créée par la Convention du Mètre. M. Mason incite les délégués de la CGPM à prendre connaissance de l'ensemble de la stratégie de l'OIML.

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Mason pour sa présentation.

M. Richard (Suisse) fait un commentaire sur la coopération entre le BIPM et l'OIML en indiquant qu'il s'agit maintenant d'un nouveau départ. Il encourage le BIPM et l'OIML à renforcer leur collaboration et à se rapprocher, en explorant les possibilités de créer une organisation unique et unifiée, et à examiner l'analyse faite par le CIML à sa 46^e session afin d'évaluer les progrès effectués en matière de coopération. M. Mason souligne que malgré les nombreux points communs entre les deux organisations, le BIPM et l'OIML ne pourront chercher à atteindre que ce qui est réalisable.

Organisation météorologique mondiale

M. Zhang, directeur du Département des systèmes d'observation et d'information de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) présente les relations entre le BIPM et l'OMM. Au nom de M. Jarraud, secrétaire général de l'OMM, M. Zhang remercie la CGPM de son aimable invitation. M. Zhang présente l'OMM, une institution spécialisée des Nations Unies qui

dépend du Conseil économique et social. L'OMM, dont le secrétariat est situé à Genève, compte 189 États et territoires Membres.

M. Zhang évoque la collaboration de l'OMM avec le BIPM. L'atelier commun à l'OMM et au BIPM intitulé « Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty » s'est tenu au siège de l'OMM à Genève, Suisse, du 30 mars au 1^{er} avril 2010. L'atelier a abordé des sujets clairement définis et a permis de formuler des recommandations.

L'une des plus grandes réussites de l'OMM au cours de ces soixante dernières années a été la mise en place du Système mondial d'observation. Dans le cadre du programme de la veille météorologique mondiale et du Système mondial d'observation, l'OMM exploite des systèmes de mesure par satellite et au niveau du sol, qui délivrent entre autres des résultats de mesures physiques et chimiques. L'OMM compte ainsi plus de 10 000 stations de mesure au sol et vingt satellites opérationnels.

M. Zhang indique que depuis les années 80, les indicateurs de performance utilisés pour les prévisions météorologiques se sont améliorés. Les prévisions météorologiques sur trois, cinq et sept jours sont désormais très fiables. Toutefois, de grands défis restent à relever concernant le changement climatique et les phénomènes météorologiques violents.

La troisième Conférence mondiale sur le climat qui s'est tenue en 2009 a constitué un événement historique pour l'OMM. C'est au cours de cette Conférence qu'il a été demandé qu'on parvienne à un accord afin d'établir une structure internationale pour les services liés au climat. Ce projet a été identifié, lors du Congrès international sur le climat en 2011, comme une priorité essentielle du prochain exercice financier de l'OMM.

Le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) concernant l'augmentation continue de la concentration des gaz à effet de serre a mis en évidence le problème de l'incertitude de mesure dans ce domaine. L'OMM aura besoin de la coopération du BIPM pour résoudre ce problème.

Depuis 2000, le BIPM et le NIST opèrent le laboratoire central d'étalonnage pour le réseau du programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM pour les mesures d'ozone *in situ*. Dans le domaine des étalons de traces de gaz pour des gaz réactifs qui jouent un rôle important dans la pollution de l'air, dans la diminution de la couche d'ozone et dans le changement climatique, le BIPM et l'OMM collaborent dans divers secteurs. En 2009, un laboratoire central d'étalonnage pour les composés organiques volatils a été établi par le BIPM et l'OMM : il fait partie du système d'observation du programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM. Le grand nombre de composés concernés a toutefois généré des problèmes : le travail requis dépasse les capacités d'un seul laboratoire ou d'une seule institution et la solution a été de partager les responsabilités entre plusieurs laboratoires de métrologie. Quatre laboratoires nationaux de métrologie ont accepté de former ensemble le laboratoire central d'étalonnage. M. Zhang les remercie pour leur coopération.

Des services d'information sur la détection du carbone, fondés sur l'observation et la modélisation inverse, seront nécessaires pour que les décideurs politiques, l'industrie, les scientifiques et le public puissent prendre des décisions éclairées concernant la mise en place des mesures de réduction du carbone définies dans le protocole post-Kyoto. La collaboration entre l'OMM et le BIPM, en particulier en ce qui concerne les gaz sous forme de traces, comporte encore de nombreux défis.

L'OMM et le BIPM ont établi une stratégie commune afin d'identifier les besoins en matière de mesures exactes et s'assurer que les recommandations formulées lors de l'atelier commun de 2011 sont bien suivies, mises en œuvre et contrôlées. M. Zhang termine sa présentation en observant qu'il est conscient des difficultés financières auxquelles toutes les organisations, dont l'OMM, sont confrontées mais que le changement climatique est une préoccupation qui concerne tous les pays : il incite vivement l'ensemble des délégations à continuer à soutenir le travail effectué dans ce domaine, ainsi que la collaboration entre le BIPM et l'OMM.

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Zhang pour sa présentation.

Organisation mondiale de la santé

Mme Velazquez, coordinatrice de l'équipe Imagerie diagnostique et dispositifs médicaux du département Technologies essentielles de la santé de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), donne l'allocution suivante sur les relations entre le BIPM et l'OMS.

M. le Président du Comité international des poids et mesures, M. le Secrétaire de la Conférence générale des poids et mesures, Mesdames et Messieurs les délégués des États Membres, je suis très heureuse de m'adresser à vous et de vous présenter la valeur essentielle du travail du Comité international des poids et mesures pour l'Organisation mondiale de la santé et donc pour les services de santé. Ces services sont fournis dans le monde entier à l'aide de plus de 10 000 types de technologies de santé, parmi lesquelles les médicaments et les dispositifs médicaux, qui requièrent des mesures exactes pour assurer le diagnostic et le traitement des maladies. Au nom du directeur général de l'OMS, je souhaite vous transmettre le message suivant.

L'OMS est l'autorité directrice et coordonnatrice dans le domaine de la santé au sein du système des Nations Unies. Elle est chargée de diriger l'action sanitaire mondiale, de définir les programmes de recherche en santé, de fixer des normes et des critères, de présenter des options politiques fondées sur des données probantes, de fournir un soutien technique aux pays et de suivre et d'apprécier les tendances en matière de santé. La normalisation des mesures revêt une importance croissante dans le domaine de la santé et de la sécurité humaines. L'OMS se félicite du travail accompli par le BIPM qui contribue à relever les défis du 21^e siècle dans le domaine de la santé publique.

L'OMS et les systèmes mondiaux de santé bénéficient directement du travail effectué par le BIPM dans plusieurs domaines, dont celui de la métrologie des rayonnements ionisants, où la traçabilité est essentielle pour les services offerts par le réseau des laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie géré conjointement par l'Agence internationale de l'énergie atomique et l'OMS. Le réseau des laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie a pour mission de vérifier que les services fournis par les laboratoires nationaux respectent les normes métrologiques acceptées au niveau international.

L'OMS salue le travail du BIPM concernant les comparaisons de dosimétrie dans le domaine de la mammographie et de la curiethérapie à des niveaux élevés de dose. La mammographie et la curiethérapie, ainsi que les pompes à cobalt et les accélérateurs linéaires, sont des technologies médicales clés pour diagnostiquer et traiter le cancer dont l'incidence a augmenté, même dans les pays en développement. Malheureusement, le cancer est désormais l'une des principales causes de décès dans le monde, avec plus de 7,6 millions de décès en 2008. Plus de 70 % de ces décès surviennent dans des pays à revenu faible ou intermédiaire.

Le BIPM a proposé de s'orienter vers l'utilisation d'un accélérateur linéaire pour étalonner les étalons de mesure nationaux dans le domaine de la dosimétrie aux hautes énergies de photons. Ce projet est fortement soutenu par l'OMS car il permettrait d'administrer de façon plus précise les traitements par radiothérapie grâce à une plus grande exactitude des mesures et des instruments, ce qui aurait pour conséquence en définitive de sauver des vies grâce à des traitements efficaces.

Les activités du BIPM ont également des répercussions sur la santé publique dans le domaine des dispositifs de diagnostic *in vitro*. L'OMS encourage activement l'industrie à s'assurer de la traçabilité métrologique des calibrateurs et des valeurs des matériaux de contrôle, conformément aux directives du groupe de travail sur l'harmonisation globale (GHTF, Global Harmonization Task Force) concernant les réglementations sur les dispositifs médicaux. Cet effort est soutenu par le BIPM par l'intermédiaire de la base de données des systèmes de mesure de référence en médecine de laboratoire qui promeut l'utilisation adéquate des matériaux et méthodes de référence d'ordre hiérarchique supérieur. Cela est essentiel pour garantir la cohérence de la production industrielle et la comparabilité des résultats des tests de diagnostic des divers produits et laboratoires. Une plus grande cohérence et une meilleure comparabilité des dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro* permettront d'effectuer des diagnostics plus exacts et de contrôler de manière plus efficace des maladies telles que le HIV/SIDA ou les maladies cardiovasculaires.

L'initiative du BIPM visant à mettre au point des équipements internationaux pour assigner des valeurs physico-chimiques aux molécules de grande taille, telles que l'insuline, présente un grand intérêt pour l'OMS. La mise en place d'un étalon international pour l'insuline humaine biosynthétique pourrait améliorer la qualité et la cohérence de la production d'insuline. Cela est plus important que jamais, étant donné que l'insuline biosynthétique tend à être produite par des fabricants de médicaments génériques et du fait de l'absence de directives concernant les tests d'insuline. L'incidence du diabète augmente dans le monde entier et il est donc nécessaire de fournir de l'insuline à moindre coût et de façon fiable pour garantir l'efficacité du traitement.

Le 19 septembre 2011, l'Assemblée générale des Nations Unies a examiné lors d'une réunion de haut niveau le sujet de la prévention et du contrôle des maladies non transmissibles, telles que le diabète, les maladies cardiaques et le cancer, pour lesquelles le BIPM fournit d'importantes références internationales permettant d'effectuer des mesures exactes pour le diagnostic et le traitement.

Pour conclure, je souhaite remercier le BIPM d'avoir invité l'OMS à intervenir devant la CGPM aujourd'hui. Nous espérons que le BIPM et l'OMS continueront à collaborer car les questions de métrologie et de santé publique ne cessent de s'entrecroiser et la coopération entre le BIPM et l'OMS contribue à ce que les technologies de santé soient utilisées efficacement dans les services de santé.⁴

Le président de la réunion de la CGPM remercie Mme Velazquez pour sa présentation.

Commission internationale de l'éclairage

M. Hengstberger, président sortant de la Commission internationale de l'éclairage (CIE), présente les relations entre le BIPM et la CIE.

⁴ Traduction non officielle du BIPM.

La CIE coopère étroitement avec le BIPM depuis presque un siècle, l'unité de base du SI concernée étant la candela. Les mesures de la lumière sont principalement fondées sur la définition de la candela. Toutefois, la candela ne permet de mesurer de façon exacte la lumière qu'à une seule longueur d'onde. Pour les autres longueurs d'onde, une norme internationale est nécessaire pour déterminer les propriétés de l'œil humain et définir comment la lumière est perçue à différentes longueurs d'onde. Ce travail est conduit par la CIE, organisation internationale dont la mission est d'élaborer des normes, en coopération étroite avec l'Organisation internationale de normalisation (ISO) et la Commission électrotechnique internationale (CEI).

L'homme acquiert près de 80 % des informations sur son environnement par la vision, c'est pourquoi l'éclairage est un paramètre fondamental. Près de 20 % de l'énergie électrique produite est utilisée pour l'éclairage, ce qui requiert des investissements conséquents en termes de centrales électriques et réseaux de distribution. Pourtant, une quantité considérable de la lumière générée est perdue.

La CIE travaille à mettre en place un réseau international assurant la qualité de l'éclairage et l'efficacité énergétique. Ce réseau comprend des concepteurs d'éclairage tels que les associations International Association of Lighting Designers (IALD) et Professional Lighting Designers Association (PLDA), ainsi que le réseau Lighting Urban Community International (LUCI). Par ailleurs, l'International Dark-Sky Association (IDA) et l'Union astronomique internationale (UAI) collaborent également à ce réseau afin de représenter les intérêts des parties concernées par la pollution lumineuse ; le Global Lighting Forum (GLF) coopère dans ce réseau afin de représenter les 5 000 plus grands fabricants d'éclairage qui génèrent un chiffre d'affaires total de 50 milliards de dollars par an.

La CIE a tenu une conférence à Vienne, Autriche, en 2010 qui avait pour thème la qualité de l'éclairage et l'efficacité énergétique. Il a été estimé que de substantielles économies d'énergie pouvaient être réalisées dans le domaine de l'éclairage en utilisant de nouvelles sources d'éclairage et en effectuant des mesures plus exactes. Jusqu'à présent, toutes les mesures de la lumière ont été effectuées en utilisant des instruments qui représentent l'œil humain adapté à la lumière du jour. Il existe également un étalon pour l'œil humain adapté à l'obscurité en condition de ciel étoilé. Toutefois, le domaine intermédiaire de modélisation de la lumière dans des conditions d'éclairage urbain n'était jusqu'à présent pas pris en considération. La CIE a mis au point en 2010 un nouveau modèle et une nouvelle norme pour l'éclairage urbain. Il est désormais possible, en utilisant ces normes, de réduire l'énergie utilisée pour l'éclairage. Les modèles de vision et les mesures de la lumière ont un impact économique conséquent. La CIE attache ainsi une grande valeur à ses relations avec le BIPM.

La CIE et le CIPM ont signé un accord de coopération en avril 2007 concernant les grandeurs, unités et étalons pour le rayonnement optique invisible tel que la lumière et les rayonnements infrarouge et ultraviolet.

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Hengstberger pour sa présentation.

International Laboratory Accreditation Cooperation

M. Unger, président de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), présente les relations entre le BIPM et l'ILAC.

M. Unger observe que de grands défis sont à relever et que ce sont surtout des défis liés à la promotion de la métrologie. La dissémination de la traçabilité des mesures est un sujet qui, en

dehors de la communauté de la métrologie, n'est pas bien compris : cela constitue donc un défi pour les métrologistes de sensibiliser le public à cette question.

L'ILAC et le BIPM coopèrent depuis dix ans et l'ILAC apprécie beaucoup le travail et la contribution du BIPM. Cette coopération a conduit le BIPM et l'ILAC à publier des déclarations communes et à résoudre le problème lié à l'utilisation de deux concepts différents : « meilleure aptitude de mesure (BMC) » et « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) ». La norme ISO/CEI 17011 utilisée par l'ILAC fait référence au terme « meilleure aptitude de mesure » alors que le CIPM MRA mentionne celui d'« aptitude en matière de mesures et d'étalonnages ». L'ILAC et le BIPM ont convenu en 2007 que les concepts « meilleure aptitude de mesure » et « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages » étaient identiques et que les sigles correspondants « BMC » et « CMC » devaient être considérés comme synonymes. Il est à souligner que l'ILAC a eu des difficultés à convaincre certains organismes d'accréditation de cette équivalence. Le travail se poursuit afin de comprendre exactement ce que représente une aptitude en matière de mesures et d'étalonnages en termes de portée d'accréditation. La coopération et la contribution du BIPM dans ce domaine, ainsi que les informations échangées, sont très appréciées.

L'ILAC travaille avec les organisations régionales de métrologie et les laboratoires nationaux de métrologie sur la façon d'intégrer le processus d'accréditation dans celui de l'examen par des pairs, lorsque les deux sont nécessaires. L'ILAC essaye de réduire au maximum toute duplication de tâches. L'implication en amont des laboratoires nationaux de métrologie dans le processus d'accréditation est essentielle pour disséminer la traçabilité au niveau opérationnel. L'ILAC a fait part de son intérêt à travailler avec d'autres organisations collaborant avec le BIPM.

La coopération étroite entre l'ILAC et le BIPM est appréciée par les deux organisations et le protocole d'accord entre le BIPM et l'ILAC sera prolongé pour trois années supplémentaires dans les mois à venir. Une déclaration commune au BIPM, à l'ILAC, à l'ISO et à l'OIML sur la traçabilité métrologique doit être très prochainement signée. Un document de politique sur l'incertitude dans les résultats d'étalonnage (document P14 de l'ILAC) a été rédigé et le document P10 de l'ILAC sur la traçabilité doit être discuté plus en détail avant d'être adopté. La contribution du BIPM concernant ce document est critique.

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Unger pour sa présentation.

10.2 Initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux d'accréditation

M. Kaarls expose brièvement les initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux d'accréditation qui constitue un élément essentiel pour établir la chaîne de traçabilité ; le CIPM MRA joue un rôle central dans cette collaboration. M. Kaarls souligne la coopération établie entre le BIPM et l'ILAC et évoque en particulier le protocole d'accord signé en 2001 par les deux organisations. Le CIPM MRA et l'Arrangement de l'ILAC ont permis d'harmoniser la terminologie et d'adopter une définition commune du terme « CMC ». Cette coopération a également permis d'harmoniser les politiques et documents d'orientation portant en particulier sur les incertitudes de mesure et l'accréditation des laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés. Une harmonisation plus poussée des CMCs est en cours d'examen.

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Kaarls pour sa présentation.

11 **Rapport du CIPM sur l'éventuelle redéfinition d'un certain nombre d'unités de base du SI et sur les initiatives visant à améliorer l'exactitude et la traçabilité des mesures liées au changement climatique**

11.1 **Changements à venir concernant le Système international d'unités, le SI**

Au début de la deuxième session, le lundi 17 octobre, M. Mills, président du Comité consultatif des unités (CCU), présente le Projet de résolution A « Sur l'éventuelle révision à venir du Système international d'unités, le SI ». Il indique que le Projet de résolution A décrit ce qui est proposé concernant l'éventuelle révision à venir du SI mais que l'adoption de ce Projet de résolution n'implique pas l'engagement de la CGPM à effectuer les changements proposés. M. Mills explique ensuite brièvement ce que sera le nouvel SI et rappelle l'historique du Projet de résolution A.

Depuis un certain nombre d'années, la question de la redéfinition d'un certain nombre d'unités du SI préoccupe la communauté de la métrologie et fait l'objet de discussions. La principale unité concernée est le kilogramme qui est la seule unité encore fondée sur un objet matériel, un artefact. Le fait de redéfinir l'unité de masse à partir d'une valeur numérique fixée d'une constante de la nature, nommément la constante de Planck, devrait permettre une représentation fondamentalement plus stable du kilogramme. Lorsque les résultats des différentes expériences présenteront un accord suffisant pour pouvoir envisager une telle redéfinition de l'unité de masse, il sera demandé à la Conférence générale des poids et mesures de prendre les décisions requises quant à la redéfinition du kilogramme ainsi que d'un certain nombre d'autres unités de base du SI, parmi lesquelles le kelvin. En effet, les progrès récents de plusieurs expériences permettraient de redéfinir le kelvin à partir de la constante de Boltzmann.

La révision du SI qui résulterait de la redéfinition des unités de masse (kilogramme), température (kelvin), courant électrique (ampère) et quantité de matière (mole) apportera un certain nombre d'avantages scientifiques, tels que la possibilité de disséminer des mesures de résistance et de tension directement traçables au SI.

Toutefois, malgré les progrès impressionnants réalisés par les laboratoires nationaux de métrologie au cours de l'année passée, le degré de convergence entre les résultats des expériences de la balance du watt et ceux du projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro (IAC) est encore insuffisant pour permettre de déterminer en toute confiance une valeur numérique pour la constante de Planck qui serait utilisée comme fondement de la redéfinition du kilogramme. Ces deux méthodes devraient néanmoins fournir de nouveaux résultats dans les années à venir. Le CIPM continuera à suivre la situation de près et fera, le moment venu et après avoir consulté les Comités consultatifs concernés, des propositions à la CGPM au sujet de ces redéfinitions.

Lors de toute redéfinition d'une unité, les métrologistes prennent garde à ce que la transition s'effectue le plus aisément possible et que les conséquences pour les utilisateurs soient les plus faibles possibles. Toutefois, cela n'est pas sans risque : l'adoption trop précoce d'une valeur numérique pour la constante de Planck, qui ne serait fondée que sur les données disponibles à ce moment-là, pourrait avoir d'importantes répercussions sur la métrologie légale et pratique de haut niveau. Le fait d'attendre de nouveaux résultats des expériences indépendantes actuellement en cours permettra d'asseoir la confiance dans le choix de la valeur numérique adoptée pour la

constante de Planck et permettra de garantir que l'incertitude obtenue à partir de ces résultats est appropriée, de sorte que l'incertitude qui sera associée à la masse du prototype international du kilogramme juste après la redéfinition, ainsi qu'aux réalisations primaires nationales indépendantes de l'unité de masse, ne posera pas de problèmes pour la métrologie des masses. Dans ces conditions, le CIPM considère qu'il est prématuré de redéfinir en 2011 les unités du SI concernées. En outre, le CIPM a particulièrement hâte d'évaluer les nouveaux résultats qui seront obtenus, de façon à pouvoir parvenir à un accord adéquat pour la réunion de 2015 de la CGPM⁵.

Toute modification apportée au SI doit être justifiée et doit être communiquée efficacement à un grand nombre de parties prenantes, parmi lesquelles figure évidemment la communauté de la métrologie. Toutefois, il est également nécessaire d'engager un dialogue avec les sociétés savantes, les groupes d'utilisateurs dans des domaines spécialisés de la mesure, les agences d'accréditation, la communauté de la métrologie légale, le corps professoral, ainsi que le grand public. Selon l'expérience acquise par le passé lorsque des changements ont été apportés aux définitions d'unité, il apparaît nécessaire que le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie déploient des efforts soutenus afin que les utilisateurs soient bien préparés et rassurés lorsque le temps de la redéfinition des unités sera venu.

Il est également essentiel que deux problèmes majeurs soient résolus.

Le premier concerne le travail actuellement en cours visant à établir des méthodes qui peuvent être utilisées au niveau international pour la réalisation pratique des définitions. La façon dont la communauté de la métrologie a traité le problème de la réalisation de la définition de l'unité de longueur lorsque le mètre a été défini à partir d'une valeur numérique fixée de la vitesse de la lumière en 1983 constitue un exemple de ces « mises en pratique ». Les Comités consultatifs du CIPM travaillent à cette question complexe pour les quatre unités de base qui seront redéfinies, car il est nécessaire de parvenir à un accord avant que les redéfinitions entrent effectivement en vigueur.

Le second problème concerne la question de savoir comment l'unité de masse sera disséminée au niveau international une fois le kilogramme redéfini. La plupart des métrologistes prévoient qu'un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie continueront à maintenir leur balance du watt, et probablement des réalisations fondées sur des sphères en silicium, mais cela dépendra de la mise en pratique dont il aura été convenu. Cependant, les balances du watt, dont on s'attend à ce qu'elles soient l'une des techniques les plus exactes pour réaliser la définition de l'unité de masse, doivent être comparées de façon régulière afin d'étayer et de garantir la robustesse du système international de dissémination de la masse. Les propositions de la communauté scientifique internationale sont les suivantes :

- le BIPM doit s'engager sur le long terme à faire fonctionner une balance du watt au plus haut niveau ;
- le BIPM devrait contribuer à déterminer la meilleure réalisation de la nouvelle définition à partir de l'ensemble des résultats disponibles, et donc optimiser la compatibilité des réalisations locales dans les divers laboratoires nationaux de métrologie, ainsi qu'au BIPM ;
- il sera demandé au BIPM de conduire des comparaisons clés de la réalisation de la définition de l'unité de masse à partir des balances du watt fonctionnant au plus haut niveau d'exactitude. Pour cela, le BIPM organisera la circulation d'un certain nombre d'artefacts

⁵ Suite à l'adoption de la Résolution 3 « Dotation du BIPM pour les années 2013 à 2015 », la prochaine réunion de la CGPM se tiendra en 2014.

qui présenteront une grande stabilité et des caractéristiques parfaitement déterminées, en particulier reconnus pour leur stabilité à court terme (plusieurs années). Ces comparaisons permettront de valider les réalisations nationales fondées sur des balances du watt et renforceront la confiance vis-à-vis du Système international d'unités ;

- le BIPM doit maintenir la stabilité à long terme et à court terme de la dissémination internationale de l'unité de masse en conservant un ensemble d'étalons de masse qui présentera une masse moyenne pondérée plus stable que la masse de l'actuel prototype international du kilogramme ;
- le BIPM continuera à effectuer des étalonnages des étalons nationaux de masse à l'aide des étalons de masse traditionnels qui sont parfaitement adaptés aux besoins nationaux et pour lesquels la technologie de pesée est bien établie ; et
- il est nécessaire que d'autres laboratoires nationaux de métrologie, dans la mesure où ils en ont la capacité, s'engagent à améliorer et à faire fonctionner des balances du watt dans un proche avenir.

Les conséquences pratiques d'un ajournement des redéfinitions sont faibles, voire inexistantes, pour les utilisateurs, c'est pourquoi le CIPM pense qu'il est nécessaire d'attendre et de rester confiant dans les succès à venir. Le CIPM est toutefois d'avis qu'il est maintenant temps d'annoncer au public le plus large ce qui va probablement être proposé concernant la révision du SI : tel est l'objet du Projet de résolution A.

M. Inglis ajoute quelques commentaires afin de soutenir l'adoption du Projet de résolution A. Le Projet de résolution A a fait l'objet de nombreuses discussions et le CIPM a conscience des divers points de vue concernant les définitions proposées ; les débats sont ainsi toujours en cours au sein de la communauté de la chimie analytique. Toutefois, le Projet de résolution A a reçu le soutien général de la communauté scientifique. M. Inglis souligne qu'il n'est pas demandé à la CGPM de voter le changement du SI mais qu'il s'agit de voter afin de prendre note de l'intention de réviser certaines définitions du SI.

M. Mills donne lecture du Projet de résolution A « Sur l'éventuelle révision à venir du Système international d'unités, le SI ». Il indique qu'une erreur typographique apparaît dans le point suivant :

- la masse molaire du carbone 12 $M(^{12}\text{C})$ sera exactement $0,012 \text{ kg mol}^{-1}$, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de N_A juste avant la redéfinition, puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale.

Le version correcte de ce point est la suivante :

- la masse molaire du carbone 12 $M(^{12}\text{C})$ sera exactement $0,012 \text{ kg mol}^{-1}$, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de $N_A h$ juste avant la redéfinition, puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale.

M. Mills précise que des changements au SI vont avoir lieu et qu'ils stimuleront la science.

Le président de la réunion de la CGPM ouvre ensuite la discussion sur ce point de l'ordre du jour. Il observe que le vote de la CGPM concernera l'intention de réviser le SI et non le choix des constantes. Il ajoute que la formulation des définitions devrait contenir plus de physique et d'explications.

M. Miki (Japon) suggère d'insérer une phrase après le deuxième point de la section « invite » du Projet de résolution A :

- [La CGPM invite] le CIPM à poursuivre son travail afin d'obtenir une meilleure formulation (ou de meilleurs termes) des définitions des unités du SI fondées sur des constantes fondamentales, afin de parvenir à une description (ou à des termes) plus facilement compréhensible(s) pour l'ensemble des utilisateurs.

M. Miki explique que cette phrase permettrait de rendre les définitions plus compréhensibles. M. Bordé remarque qu'il est prévu d'améliorer la façon de communiquer sur le nouvel SI auprès d'un plus large public et que l'ajout de la phrase proposée sera examiné par une petite équipe au cours de la réunion de la CGPM.

Les délégations de l'Argentine, du Brésil et de la Fédération de Russie expriment leur soutien vis-à-vis de la proposition de la délégation japonaise.

M. Hun Young So (République de Corée) demande des précisions sur l'arrangement avec la CODATA concernant les changements proposés au SI et l'implication de chaque Comité consultatif dans la détermination d'une valeur numérique fixée des constantes. M. Mills répond que la CODATA a effectué son dernier ajustement en 2010 et que le prochain est prévu pour 2014, les résultats devant être publiés en 2015. La CODATA révisé en effet ses résultats selon un cycle de quatre ans. Toutefois, si le CIPM décide en 2013 d'aller de l'avant par rapport aux changements à apporter au SI, la CODATA envisagera de tenir une réunion spéciale afin d'effectuer plus tôt son prochain ajustement.

M. Thor (Suède) demande si les définitions des unités de base du SI seront fondées sur une formulation à constante explicite ou à unité explicite. Il déclare préférer les définitions à unité explicite et ajoute qu'il n'existe pas de consensus au niveau international sur la méthode pour définir les unités. Une décision à ce sujet n'est par conséquent pas encore requise. M. Thor suggère au CIPM d'étudier plus avant les différentes options de redéfinition des unités de base du SI et de présenter ses conclusions à la CGPM lors de sa prochaine réunion. M. Mills répond que la formulation des définitions des unités de base a fait l'objet de discussions dans de nombreux comités au cours des huit dernières années : bien qu'il n'y ait pas de soutien unanime à ce sujet, la majorité a exprimé une préférence pour les propositions de redéfinition telles qu'elles sont présentées dans le Projet de résolution A.

M. Bordé apporte son soutien au Projet de résolution A. Toutefois, il souligne que des définitions explicites seraient utiles pour expliquer le nouvel SI au grand public. Il fait également remarquer que bien que le sujet fasse l'objet de discussions depuis de nombreuses années, les redéfinitions proposées ne convainquent pas de façon unanime et la discussion reste ouverte. Les physiciens, notamment, n'ont pas encore donné leur point de vue. M. Mills répond que la discussion sur d'autres façons de formuler les redéfinitions va se poursuivre et qu'elle constituera le principal thème de la prochaine réunion du CCU en 2013. Les propositions faites dans le Projet de résolution A bénéficient du soutien de la grande majorité des parties intéressées.

M. Steele (Canada) mentionne le second point de la section « invite » du Projet de résolution A :

- [La CGPM invite] le CIPM à lui proposer de réviser le SI dès que les recommandations de la Résolution 12 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion seront satisfaites, en particulier la préparation des mises en pratique des nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole.

Il observe qu'il n'y a pas d'exigence concernant l'élaboration d'une mise en pratique de la nouvelle définition de la mole au sein de la communauté de la chimie et du CCQM et demande s'il est possible de modifier le Projet de résolution A afin de supprimer ce point. M. Mills répond que l'Interdivisional Committee on Terminology, Nomenclature and Symbols (ICTNS) de l'International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) a soutenu à l'unanimité la redéfinition de la mole lors de la réunion du Conseil général de l'IUPAC qui s'est tenue à Glasgow, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, en 2009. M. Steele en convient mais précise que pour mettre en œuvre la nouvelle redéfinition de la mole il convient d'élaborer une mise en pratique appropriée, qui ne se situe pas sur le même plan que celles des redéfinitions du kelvin, de l'ampère et du kilogramme. M. Kaarls, en tant que président du CCQM, observe que le CCQM soutient la redéfinition de la mole et que la rédaction de la mise en pratique de la nouvelle définition de la mole fait partie des travaux en cours. M. Kaarls admet qu'il existe quelques objections au sein de l'IUPAC.

M. Steele demande quelle sera la stratégie du BIPM afin de s'assurer que les parties prenantes seront capables d'adopter et de mettre en œuvre le nouvel SI, et comment le BIPM communiquera avec les parties les plus concernées par les changements proposés concernant le SI, telles que le corps professoral, les académies, les fabricants d'instruments, etc. M. Kühne répond qu'il est nécessaire d'adopter le Projet de résolution A afin de sensibiliser le grand public aux changements proposés concernant le SI et de pouvoir ainsi être informé en temps utile de tout problème, préoccupation ou opinion concernant le Projet de résolution A.

M. Zvizdic (Croatie) indique que la Croatie soutient les changements à apporter au SI mais se montre préoccupée par le fait que les redéfinitions se fondent sur des valeurs empiriques qui doivent être fixées. Il suggère d'éviter de fixer des valeurs numériques qui pourraient s'avérer erronées dans le futur. M. Mills répond à cette question qui concerne la façon de fixer la valeur des constantes fondamentales en prenant l'exemple du kilogramme. La définition actuelle du kilogramme fixe la masse du prototype international du kilogramme à exactement un kilogramme, avec une incertitude zéro, $u_r(m_{\text{IPK}}) = 0$. La constante de Planck est, à l'heure actuelle, déterminée de façon expérimentale et présente une incertitude-type relative $u_r(h)$ voisine de $4,4 \times 10^{-8}$. Dans la nouvelle définition du kilogramme, la valeur de h , exprimée en unités du nouvel SI, sera connue exactement avec une incertitude zéro, $u_r(h) = 0$. Cependant, la masse du prototype international du kilogramme devra être déterminée de façon expérimentale et aura une incertitude relative $u_r(m_{\text{IPK}})$ voisine de $4,4 \times 10^{-8}$. Ainsi, l'incertitude est conservée au moment de l'adoption de la nouvelle définition, mais elle est transférée à la référence précédente qui n'est plus utilisée. M. Zvizdic précise qu'il ne remet pas en question cette explication mais souligne la nécessité de formuler les redéfinitions de façon simple et compréhensible. M. Mills est d'accord avec ce principe et ajoute que le CCU accueillera volontiers les propositions concernant de nouvelles façons de rédiger les définitions.

M. Besley (Australie) demande si le CCU a l'intention d'inclure dans la nouvelle Brochure sur le SI une référence à la définition des grandeurs auxquelles les unités s'appliquent. M. Mills répond que le fait de définir des grandeurs est un exercice très difficile. Les chimistes, par exemple, peuvent ne pas bien connaître la grandeur associée à la mole, c'est-à-dire la quantité de matière. Il observe que le terme anglais « amount of substance » (quantité de matière) qui s'applique aux mesures chimiques suscite la confusion dans la communauté de la chimie et que les efforts déployés depuis une décennie afin de trouver un meilleur terme sont restés vains. M. Mills indique que ce terme « amount of substance » n'est pas parfait ; les termes « chemical amount » ou « amount concentration » pourraient être une solution mais aucun n'a eu de succès.

M. Richard (Suisse) déclare que la délégation suisse soutient fortement la proposition d'amendement de la délégation japonaise. Il précise que les parties intéressées en Suisse, notamment les Académies des Sciences, ont été consultées et soutiennent sans réserve la révision proposée dans le Projet de résolution A. La Suisse encourage les laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM et l'OIML à poursuivre leurs efforts pour faire connaître les changements proposés dans les communautés d'utilisateurs et à poursuivre le dialogue avec les quelques voix discordantes. Il demande ainsi d'ajouter l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) au dernier point du Projet de résolution A répertoriant les parties impliquées. M. Mills observe qu'il n'a aucune objection à cette proposition.

M. Steele (Canada) demande des clarifications sur les facteurs qui détermineront le moment où mettre en œuvre le nouvel SI, étant donné que les parties concernées s'accordent sur les principes mais non sur les modalités. M. Kühne répond que le CCU est l'entité qui fera cette recommandation puisqu'il est composé de toutes les organisations internationales impliquées dans ce travail. M. Mills confirme que le CCU est en mesure de discuter de ce point et de parvenir à une conclusion à ce sujet.

11.2 Métrologie, changement climatique et économie du carbone

M. Kaarls fait une présentation sur le thème « Métrologie, changement climatique et économie du carbone ». Le CIPM et l'Organisation météorologique mondiale (OMM) ont signé un protocole d'accord en 2002 afin de travailler en commun et s'assurer que les mesures liées au changement climatique sont fondées sur des unités traçables au SI. Le BIPM et l'OMM ont coopéré dans le cadre du programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM qui constitue un réseau mondial de surveillance du changement climatique. Les mesures dans ce domaine révèlent souvent de très faibles tendances et toutes les données doivent être comparables. Les mesures sont effectuées à partir de stations sur terre, en mer ou dans l'espace et les données sont intégrées à des systèmes de modélisation. Le programme de veille de l'atmosphère globale est bien organisé et repose sur le soutien que lui apportent les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM. La coopération entre le BIPM, le CCQM et le programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM a été établie de longue date. L'ozone atmosphérique est l'un des composés les plus observés en matière de surveillance du changement climatique et peut être mesuré selon diverses méthodes. Parmi les autres éléments faisant l'objet de mesures dans le cadre de la surveillance du changement climatique figurent les composés organiques volatils et la salinité des océans. M. Kaarls souligne que le travail qui demeure à accomplir dans ce domaine est conséquent. L'atelier commun à l'OMM et au BIPM intitulé « Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty » qui s'est tenu à Genève, Suisse, en 2010 a été un succès. Le rapport complet de cet atelier est disponible sur le site internet du BIPM. M. Kaarls termine sa présentation par la lecture du Projet de résolution B « Sur l'importance d'une collaboration internationale afin de rendre les mesures nécessaires à l'observation du changement climatique traçables au Système international d'unités (SI) ».

M. Zhang (OMM) remercie M. Kaarls pour sa présentation et salue la collaboration entre le BIPM et l'OMM. Il précise qu'il est attendu que la surveillance du changement climatique repose de plus en plus sur des mesures menées dans l'espace.

M. Bock (Suisse) indique que bien que soutenant en principe le Projet de résolution B, la Suisse s'inquiète du dernier point du Projet de résolution qui prévoit :

- que le BIPM prenne les mesures nécessaires afin de contribuer à la coordination de cette activité, avec le soutien total des États Parties à la Convention du Mètre.

M. Bock signale que l'expression « avec le soutien total des États Parties à la Convention du Mètre » signifie que ces États mettent à disposition du BIPM les moyens nécessaires, ce qui revient à anticiper indirectement le Projet de résolution C concernant la dotation. L'éventuel soutien au Projet de résolution B ne doit en aucun cas impliquer une approbation de l'augmentation de la dotation de quelque sorte que ce soit et les activités supplémentaires du BIPM ne doivent être financées que par des augmentations de l'efficacité, des baisses des coûts et une cessation d'activités. Si le Projet de résolution B est invoqué pour justifier une augmentation de ressources, la Suisse ne sera pas en mesure de le soutenir.

12 Sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM

Le président de la réunion de la CGPM ouvre ce point de l'ordre du jour en invitant le président du CIPM, M. Inglis, à présenter brièvement les Projets de résolution K, L et M soumis respectivement par la Suisse, le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord et la France, ainsi que le Projet de résolution N préparé par le CIPM. M. Inglis explique que les Projets de résolution K, L et M proposés par ces trois États ont été discutés lors de la réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et lors de la réunion des représentants des États Parties à la Convention du Mètre qui se sont tenues au siège du BIPM en mai 2011. Après ces discussions, le CIPM a préparé un quatrième Projet de résolution (Projet de résolution N) reprenant les points clés des Projets de résolution K, L et M. Ainsi, M. Inglis propose que le Projet de résolution N serve de base à la discussion : si les délégués parviennent à un accord concernant la formulation du Projet de résolution N, les Projets de résolution K, L et M pourraient être retirés par leurs auteurs respectifs. M. Inglis donne ensuite lecture du Projet de résolution N.

M. Inglis ajoute qu'il a été fait part au CIPM, de façon informelle, de commentaires sur le Projet de résolution N et que la façon dont l'examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stabilité financière à long terme et de la direction stratégique du BIPM serait conduit ne semble pas suffisamment définie. Par conséquent, le CIPM propose un Projet de résolution N révisé dans lequel le premier point de la section « invite » est modifié comme suit :

- [La CGPM invite] le CIPM à établir un Groupe de travail *ad hoc* présidé par le président du CIPM, incluant dans sa composition une représentation du CIPM, des États Parties à la Convention du Mètre (à contributions maximales, intermédiaires et minimales), des laboratoires nationaux de métrologie et des organisations régionales de métrologie, chargé de conduire un examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stabilité financière à long terme et de la direction stratégique du BIPM, qui intégrera également les relations du BIPM avec les organisations régionales de métrologie et les laboratoires nationaux de métrologie, afin d'élaborer un programme de travail et une stratégie à long terme du BIPM.

La composition du Groupe de travail *ad hoc* proposée par le CIPM comprendrait des représentants des trois États à l’initiative des Projets de résolution K, L et M, des représentants des États Membres versant des contributions maximales, intermédiaires et minimales, ainsi que des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie. La composition du Groupe de travail *ad hoc* pourrait ainsi être la suivante : représentants d’États Membres (Allemagne, Brésil, Chine, États-Unis d’Amérique, Fédération de Russie, Suisse et Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d’Irlande du Nord) ; directeurs de laboratoires nationaux de métrologie (Afrique du Sud, France, Japon et Nouvelle-Zélande).

Le président de la réunion de la CGPM ouvre ensuite la discussion sur ce point de l’ordre du jour et invite les représentants des délégations suisse, britannique et française à indiquer quelle est leur position par rapport au Projet de résolution N révisé soumis par le CIPM.

M. May (États-Unis d’Amérique) indique que les États-Unis d’Amérique suggèrent une restructuration du Projet de résolution N afin d’inclure des délais et un plan de mise en œuvre dans la section « invite » :

- [La CGPM invite] le CIPM à établir un Groupe de travail *ad hoc* présidé par le président du CIPM, incluant dans sa composition une représentation du CIPM, des États Parties à la Convention du Mètre (à contributions maximales, intermédiaires et minimales), des laboratoires nationaux de métrologie et des organisations régionales de métrologie, chargé de conduire un examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stabilité financière à long terme, de la direction stratégique et de la gouvernance du BIPM,
- le Groupe de travail *ad hoc* à présenter les conclusions qu’il aura tirées de cet examen au CIPM en octobre 2012,
- le CIPM à proposer les mesures à prendre et à les présenter aux représentants des États Parties à la Convention du Mètre et aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, au cours de 2013-2014,
- le CIPM à présenter à la CGPM, à sa 25^e réunion en 2015⁶, les recommandations qu’il aura formulées à la suite de l’examen par le Groupe de travail *ad hoc* et les actions qu’il aura menées.

M. Inglis observe que les changements proposés au Projet de résolution N apportent des clarifications explicites sur les mesures que devra prendre le CIPM préalablement à la 25^e réunion de la CGPM.

M. Issaev (Fédération de Russie) déclare que la Fédération de Russie soutient les commentaires formulés par les États-Unis d’Amérique.

Mme Lagauterie (France) indique que la France n’a pas reçu cette nouvelle proposition du Projet de résolution N sous une forme écrite. M. Inglis répond que le Projet de résolution N a été envoyé aux ambassades des États Membres en juin 2011 mais que la dernière version révisée du Projet de résolution N, tel que proposé par le CIPM à la CGPM, n’a été achevée que lors de la réunion du CIPM qui s’est tenue la semaine précédant la réunion de la CGPM. Mme Lagauterie demande des précisions sur la valeur ajoutée des changements de la version révisée. Elle souligne que le sujet principal du Projet de résolution N est le rôle des États Membres dans la gouvernance et considère que le Projet de résolution N n’atteint pas le but recherché. Elle ajoute par ailleurs qu’en ce qui concerne la composition du Groupe de travail *ad hoc*, la France

⁶ Suite à l’adoption de la Résolution 3 « Dotation du BIPM pour les années 2013 à 2015 », la prochaine réunion de la CGPM se tiendra en 2014.

souhaite y être représentée au titre d'État Membre car le Projet de résolution M a été soumis par le gouvernement français. M. Inglis répond que la composition du Groupe de travail *ad hoc* qui a été présentée n'est qu'une proposition et, bien-sûr, pas une liste définitive et que les autres États Membres peuvent décider d'être représentés au sein de ce Groupe de travail. M. Inglis conclut que la composition du Groupe de travail *ad hoc* devrait refléter les différents groupes d'intérêt.

M. Gunn (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) déclare que le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord est disposé à retirer le Projet de résolution L afin que la discussion se concentre sur le Projet de résolution N révisé. Il se dit cependant préoccupé par la vitesse à laquelle les changements pourraient être mis en œuvre. Il ajoute que certains des changements qui seront suggérés par le Groupe de travail *ad hoc* pourraient être mis en œuvre avant la prochaine réunion de la CGPM, éventuellement en 2013. M. Gunn est satisfait des suggestions faites concernant la composition du Groupe de travail *ad hoc* et rappelle que les membres du CIPM ne sont pas des représentants des États.

M. Inglis répond que le CIPM, du fait de ses responsabilités, doit pouvoir exprimer son point de vue au sein du Groupe de travail *ad hoc*. Les conclusions du Groupe de travail *ad hoc* pourraient devoir être de nouveau soumises aux États Membres et, si nécessaire, aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie. Il est possible que certaines conclusions impliquent de modifier le Règlement annexé à la Convention du Mètre, ce qui nécessiterait un amendement formel des dispositions. Les premières réunions du Groupe de travail *ad hoc* sont programmées de façon provisoire pour mars 2012 et pour le début de juin 2012. Tous les États Membres sont invités à soumettre des propositions au Groupe de travail *ad hoc*.

M. Bock (Suisse) déclare que la Suisse prend acte du Projet de résolution N et pourra en principe l'approuver. Il indique également que la Suisse est disposée à retirer le Projet de résolution K et soutient la version révisée du Projet de résolution N proposée par les États-Unis d'Amérique. Il craint que la décision concernant le recrutement du prochain directeur du BIPM ne soit complètement dans les mains du CIPM, or le CIPM devrait, à ce sujet, impliquer des représentants des États Membres et des laboratoires nationaux de métrologie. M. Inglis répond qu'à l'issue des discussions des réunions de mai 2011, le CIPM a contacté le directeur d'un laboratoire national de métrologie qui ne fait pas partie du CIPM afin de l'intégrer au comité de sélection pour le poste directeur du BIPM.

Mme Santo (Uruguay) demande si les pourcentages de répartition de la dotation ont été pris en considération lorsque la composition du Groupe de travail *ad hoc* a été établie, car le Groupe de travail ne semble pas comprendre de représentant d'États Membres s'acquittant de la contribution minimale. Mme Santo suggère que les organisations régionales de métrologie puissent proposer des participants. M. Inglis pense qu'il sera difficile d'organiser une réunion efficace du Groupe de travail *ad hoc* si celui-ci comprend un trop grand nombre de participants.

Le président de la réunion de la CGPM indique qu'il y a consensus pour conserver le Projet de résolution N en y insérant les modifications proposées par les États-Unis d'Amérique.

M. Nava-Jaimes (Mexique) déclare que le Mexique ne donnera son accord à aucun des Projets de résolution K, L, M ou N mais accepterait la proposition faite par les États-Unis d'Amérique.

M. Bowsher (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) convient que le nombre de participants du Groupe de travail *ad hoc* doit être limité. Il observe que des progrès significatifs ont été effectués concernant le Projet de résolution N sur l'examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stratégie à long terme et de la gouvernance du BIPM et encourage le Groupe de travail *ad hoc* à se réunir et à présenter ses conclusions dès que possible.

M. Inglis indique que si le Projet de résolution N est accepté, la prochaine étape sera pour la CGPM de convenir de la composition du Groupe de travail *ad hoc*. Les noms des personnes qui seront nommées par leur État pour le représenter au sein du Groupe de travail *ad hoc* devront être communiqués à de M. Inglis.

Mme van Spronssen (Pays-Bas) rappelle que les États Membres à l'initiative de l'examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stratégie à long terme et de la gouvernance du BIPM par le biais des Projets de résolution K, L et M ont requis une plus grande transparence dans la gouvernance du BIPM. Elle observe que la proposition du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord dans le Projet de résolution L de lancer une consultation avec les représentants des États Parties, des laboratoires nationaux de métrologie et, le cas échéant en cours d'examen, d'autres organisations ayant un intérêt aux travaux effectués dans le cadre de la Convention du Mètre constitue un pas en avant positif vers la transparence et elle souhaite que cette proposition soit incluse au Projet de résolution N.

M. May (États-Unis d'Amérique) indique que le troisième point du texte révisé du Projet de résolution N proposé par les États-Unis d'Amérique va dans ce sens. Ce point est le suivant : « [La CGPM invite] le CIPM à proposer les mesures à prendre et à les présenter aux représentants des États Parties à la Convention du Mètre et aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, au cours de 2013-2014 ».

M. Gunn (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) observe que le calendrier du Groupe de travail *ad hoc* pose encore problème. Les conclusions du Groupe de travail *ad hoc* seront présentées au CIPM en octobre 2012. Il demande si ces conclusions seront disponibles et mises en œuvre en 2013-2014. M. May (États-Unis d'Amérique) répond que le troisième point du Projet de résolution N traite de cette question, en précisant que les mesures proposées par le Groupe de travail *ad hoc* seront présentées au CIPM en octobre 2012 et que le calendrier des réunions du Groupe de travail *ad hoc* préalablement à cette date sera difficile à modifier en raison des contraintes de temps des personnes impliquées. La charge de travail du Groupe de travail *ad hoc* sera conséquente, notamment parce qu'il doit accomplir sa mission en une année.

M. Wayner (Canada) observe que les amendements au Projet de résolution N proposés par les États-Unis d'Amérique ne mentionnent pas le directeur du BIPM dans la composition du Groupe de travail *ad hoc*. M. May (États-Unis d'Amérique) répond qu'il est proposé que le directeur du BIPM fasse partie du Groupe de travail *ad hoc* qui comprendrait également deux membres du CIPM. M. Wayner demande si le BIPM est considéré comme un laboratoire ou une entité juridique dans la proposition des États-Unis d'Amérique. M. Inglis répond que le BIPM est une organisation intergouvernementale. Il ajoute qu'il faut veiller à ce que l'examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stratégie à long terme et de la gouvernance du BIPM ne devienne pas un exercice de micro-gestion du BIPM.

13 Programme de travail du BIPM et implications financières

13.1 Programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016

M. Kühne présente le programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016 et le budget correspondant. L'une des activités fondamentales du BIPM est d'assurer le fonctionnement d'équipements de référence afin de disséminer les unités du SI aux États Membres par l'intermédiaire de comparaisons et étalonnages. C'est pourquoi l'organisation de comparaisons et étalonnages, ainsi que le travail visant à mettre au point des équipements de référence améliorés, constituent les principales activités scientifiques et techniques du BIPM. Au cours de la décennie passée, les besoins de la société, de l'industrie et de la science dans le domaine de la métrologie se sont accrus, ce qui a nécessité d'établir des priorités afin de faire correspondre les travaux effectués avec le niveau de financement du BIPM. Les départements scientifiques du BIPM, tels qu'ils existent à ce jour, et les activités qu'ils effectuent sont le résultat de ce processus continu de hiérarchisation qui a conduit à mettre fin à certaines activités techniques. Il est également prévu dans le prochain programme de travail de cesser les activités du BIPM dans le domaine de la gravimétrie. Pour plus de détails sur le programme de travail et budget pour les années 2013 à 2016, voir l'annexe B.

Masses

La Convention du Mètre a confié au BIPM la mission de conserver le prototype international du kilogramme et disséminer l'unité de masse aux États Membres.

Les principales activités du Département des masses pour le prochain programme de travail sont les suivantes :

- maintenir les équipements de dissémination utilisant des artefacts de masse ;
- mettre au point et conserver un ensemble d'étalons de masse et étudier leur stabilité en vue de la redéfinition du kilogramme ;
- mettre au point et maintenir une balance du watt ;
- piloter des comparaisons des futures réalisations primaires du kilogramme afin de contrôler la masse des étalons qui seront utilisés pour disséminer l'unité de masse.

La construction d'un réseau de stockage pour l'ensemble d'étalons de masses est en cours. En ce qui concerne la balance du watt, il est prévu en 2011-2012 de déplacer l'équipement dans un laboratoire spécifique et d'y intégrer la version finale de l'aimant, l'échangeur de masses et l'unité de contrôle de la position de la bobine, ainsi que le système à vide. Un nouveau système d'alignement sera également installé afin de réduire l'incertitude de type B. L'objectif est d'atteindre une incertitude-type inférieure à 1×10^{-6} pour la fin de 2012.

Le Département des masses compte actuellement 7 membres du personnel à temps plein et un membre du personnel à mi-temps. Les besoins en personnel supplémentaire pour les années 2013 à 2016 sont les suivants :

- 1 scientifique (assistant) pour maintenir l'ensemble d'étalons de référence ;
- 1 technicien à mi-temps pour répondre aux besoins accrus en matière d'étalonnage ;

- 1 chercheur associé pour deux ans afin de travailler à la mise au point d'une version cryogénique de la balance du watt.

Les dépenses de laboratoire du Département des masses sont estimées à 1 220 000 euros pour les années 2013 à 2016. Les projets d'investissement supérieurs à 30 000 euros sont les suivants :

- balance du watt cryogénique (400 000 euros) ;
- équipement d'analyse des gaz de stockage pour l'ensemble d'étalons de référence (108 000 euros).

Temps

La mission de réaliser et disséminer des échelles internationales de temps a été confiée au BIPM par la CGPM à sa 18^e réunion (1987).

Les principales activités du Département du temps pour le prochain programme de travail sont les suivantes :

- calculer le Temps atomique international (TAI) et le Temps universel coordonné (UTC) ;
- publier l'UTC et disséminer les valeurs de $[UTC - UTC(k)]$ aux laboratoires nationaux de métrologie et autres participants par l'intermédiaire de la *Circulaire T* mensuelle ;
- améliorer les comparaisons de temps dans le cadre de l'UTC, ainsi que les comparaisons de fréquences pour les étalons optiques de fréquence ;
- améliorer les algorithmes et les logiciels associés afin d'intégrer au calcul du TAI les résultats obtenus à l'aide des étalons optiques et micro-ondes de fréquence ;
- renforcer l'exactitude des liaisons horaires par la détermination des caractéristiques des retards des équipements du Global Navigation Satellite System (GNSS) des laboratoires.

Le Département du temps travaille à l'établissement de liaisons horaires fondées sur plusieurs systèmes GNSS à appliquer aux comparaisons des horloges participant au calcul du TAI et de l'UTC. Ces comparaisons d'horloges se fondent actuellement sur trois techniques indépendantes : l'observation des satellites du Global Positioning System (GPS), l'observation des satellites du Global Navigation Satellite System (GLONASS) et la technique de comparaison de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite. Le système européen Galileo devrait être totalement opérationnel au cours des années 2013 à 2016 et le système chinois COMPASS/BEIDOU le sera un peu plus tard.

Les techniques de comparaisons d'horloges fondées sur plusieurs systèmes GNSS présenteront les avantages suivants pour le TAI et l'UTC :

- une plus grande fiabilité, en raison de la redondance des mesures ;
- une robustesse améliorée pour le réseau de liaisons horaires internationales ;
- l'amélioration des comparaisons d'horloges par une meilleure détermination des caractéristiques du bruit dû à la densification des observations.

Le Département du temps compte actuellement 9 membres du personnel à temps plein. Cet effectif passera à 8 après le départ à la retraite d'un scientifique en 2014. Les ressources supplémentaires temporaires nécessaires pour le prochain programme de travail sont les suivantes :

- 1 chercheur invité pour 2 ans afin de travailler sur les retards des équipements du GNSS ;

- 1 chercheur invité pour 2 ans afin de coopérer avec l'équipe du projet Atomic Clock Ensemble in Space (ACES).

Ces deux activités seraient effectuées en coopération avec le Centre national d'études spatiales (CNES) et l'Observatoire de Paris.

Les dépenses de laboratoire du Département du temps sont estimées à 330 000 euros pour les années 2013 à 2016. Les projets d'investissement supérieurs à 30 000 euros sont les suivants :

- 3 récepteurs GNSS (GLONASS, GALILEO) (30 000 à 35 000 euros chacun).

Électricité

Dans le domaine des mesures électriques, le programme clé mis en œuvre par le BIPM concerne les réalisations au plus haut niveau des représentations du volt et de l'ohm, au moyen de l'effet Josephson et de l'effet Hall quantique, respectivement.

Les principales activités du Département de l'électricité pour le prochain programme de travail sont les suivantes :

- poursuivre le programme de comparaisons existant ;
- reprendre les comparaisons sur site de systèmes de résistance de Hall quantifiée à l'aide de l'étalon de résistance à effet Hall quantique transportable du BIPM ;
- poursuivre les services d'étalonnage existants ;
- apporter son soutien au projet de la balance du watt (étalons quantiques) ;
- mettre au point un étalon de tension en courant alternatif au niveau fondamental afin d'organiser des comparaisons avec des laboratoires nationaux de métrologie ;
- étendre le travail effectué sur l'effet Hall quantique en courant continu au courant alternatif afin de mettre au point un système de résistance de Hall quantifiée en courant alternatif qui constituerait un étalon primaire pour l'impédance et afin de mesurer avec une meilleure exactitude la constante de von Klitzing R_K à l'aide du condensateur calculable.

Le condensateur calculable du BIPM, mis au point en collaboration avec le laboratoire national de métrologie australien (NMIA), est en cours de finalisation, des résultats de mesure étant espérés d'ici la fin de 2012. Le condensateur calculable permettra de vérifier la théorie physique sous-jacente à l'effet Hall quantique par des mesures électriques directes de R_K avec une incertitude cible de 1×10^{-8} .

Le laboratoire national de métrologie du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord (NPL) et le BIPM ont collaboré concernant une comparaison directe d'arséniure de gallium et de graphène à l'aide de l'étalon de résistance à effet Hall quantique transportable du BIPM. Les mesures directes ont été effectuées au NPL afin de repérer tout écart entre R_K dans le graphène et R_K dans l'arséniure de gallium. Le résultat $(R_K[\text{arséniure de gallium}] - R_K[\text{graphène}]) / R_K = (-5 \pm 9) \times 10^{-11}$ présente à ce jour l'incertitude la plus faible pour des tests d'universalité de résistances de Hall quantifiées et prouve sans aucun doute que le graphène peut être utilisé dans les systèmes métrologiques de résistance de Hall quantifiée. Plusieurs laboratoires nationaux de métrologie ont demandé à effectuer des comparaisons directes à l'aide de l'étalon de résistance à effet Hall quantique transportable du BIPM en 2012.

Le Département de l'électricité compte actuellement 6 membres du personnel à temps plein et aucun nouveau besoin en personnel n'est prévu pour le prochain programme de travail.

Les dépenses de laboratoire du Département de l'électricité sont estimées à 520 000 euros pour les années 2013 à 2016. Les projets d'investissement supérieurs à 30 000 euros sont les suivants :

- source de polarisation de courant (35 000 euros) ;
- synthétiseur micro-onde (35 000 euros) ;
- étalon de Josephson en courant continu pour la balance du watt (50 000 euros).

Rayonnements ionisants

La mission principale du Département des rayonnements ionisants est d'assurer l'équivalence internationale des étalons de mesure dans les domaines de la dosimétrie et de l'activité des radionucléides.

En ce qui concerne la dosimétrie, les principales activités du Département des rayonnements ionisants pour le prochain programme de travail sont les suivantes :

- mettre à disposition un équipement de référence du BIPM pour la dose absorbée dans l'eau aux hautes énergies de photons (activité soumise à l'approbation de la CGPM) ;
- maintenir l'ensemble des étalons à rayons x du BIPM utilisés pour des comparaisons et étalonnages, y compris les étalons pour la mammographie ainsi que le nouvel étalon de dose absorbée pour les rayons x aux moyennes énergies ;
- effectuer des comparaisons et étalonnages de cobalt-60 et de césium-137 ;
- effectuer des comparaisons en curiethérapie.

M. Kühne explique les avantages de disposer d'un accélérateur linéaire de type clinique au siège du BIPM. L'un des défis du BIPM pour le prochain programme de travail est d'assurer la traçabilité directe au gray du SI de la dose absorbée dans l'eau dans des faisceaux d'accélérateurs cliniques aux hautes énergies en radiothérapie (au niveau de plusieurs megavolts) pour tous les États Membres. Actuellement, pour répondre aux besoins en matière de traçabilité pour la dosimétrie aux hautes énergies de photons, le BIPM utilise une source de cobalt-60 pour comparer les étalons primaires de dosimétrie et étalonner les étalons secondaires. Le traitement du cancer repose essentiellement sur l'utilisation d'accélérateurs linéaires. La dissémination de la dosimétrie des accélérateurs linéaires à partir d'étalonnages fondés sur une source de cobalt-60 nécessite d'utiliser un facteur de conversion qui augmente de façon significative l'incertitude. Des comparaisons directes à partir d'un accélérateur linéaire permettraient d'atteindre une exactitude globale considérablement améliorée.

Afin de faire face à la nécessité de fournir une échelle de dosimétrie pour les comparaisons d'étalons nationaux dans le domaine de la dosimétrie des accélérateurs (6 MV à 20 MV), le BIPM a mis au point un étalon primaire calorimétrique en graphite pour la dose absorbée. Pour les étalonnages de la dose absorbée dans l'eau aux hautes énergies de photons, le BIPM a besoin d'utiliser un accélérateur linéaire dont les caractéristiques ont été parfaitement déterminées, afin de réduire de façon significative l'incertitude.

Concernant le projet d'installer un accélérateur linéaire à son siège, le BIPM a reçu le soutien d'un certain nombre d'organisations, parmi lesquelles l'OMS, l'AIEA, l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) et l'International Organization for Medical Physics (IOMP).

Dans le domaine des mesures d'activité de radionucléides, les principales activités du Département des rayonnements ionisants pour les années 2013 à 2016 sont les suivantes :

- conduire dans le cadre du Système international de référence (SIR) des comparaisons de mesures d'activité de radionucléides, parmi lesquels des émetteurs de rayonnement bêta, et étendre ces comparaisons aux émetteurs alpha ;
- maintenir les équipements de spectrométrie des rayonnements gamma pour les mesures d'impureté dans le cadre du SIR ;
- conduire des comparaisons de radionucléides à demi-durée de vie ^{99m}Tc et ^{18}F à l'aide de l'instrument de transfert du SIR.

Le Département des rayonnements ionisants compte actuellement 9 membres du personnel à temps plein. Les besoins en personnel pour les années 2013 à 2016 sont les suivants :

- un technicien à mi-temps pour maintenir et faire fonctionner l'accélérateur linéaire.

Les dépenses de laboratoire du Département des rayonnements ionisants sont estimées à 1 968 000 euros pour les années 2013 à 2016. Les projets d'investissement supérieurs à 30 000 euros sont les suivants :

- achat d'un accélérateur linéaire (1 200 000 euros).

Chimie

Le programme de métrologie en chimie pour les années 2013 à 2016 a été établi autour de trois objectifs majeurs :

- l'équivalence internationale des étalons de gaz pour le contrôle de la qualité de l'air et du changement climatique (comparaisons de gaz à effet de serre : méthane et ozone, comparaisons de la qualité de l'air : NO, NO₂, HCHO) ;
- l'équivalence internationale des calibrateurs primaires organiques dans les domaines de la chimie clinique, de l'alimentation, de l'environnement, de la médecine légale et des analyses pharmaceutiques (ce qui permet d'étayer directement 12 % des CMCs dans le domaine de la chimie) ;
- l'aide apportée au CCQM et au JCTLM, ainsi que les activités de coordination et de collaboration internationales dans les domaines de la métrologie en chimie et des biosciences.

M. Kühne explique le travail accompli par le Département de la chimie du BIPM pour répondre au défi de la surveillance des gaz à effet de serre ainsi que pour organiser des comparaisons de calibrateurs primaires pour la médecine de laboratoire, la pharmacie, l'analyse alimentaire et la médecine légale. Il décrit le travail métrologique dans le domaine de la santé, en particulier en ce qui concerne l'amélioration des diagnostics et thérapies, ainsi que les éléments moteurs du programme du BIPM concernant les molécules de grande taille. Le BIPM propose d'étendre son programme actuel d'analyse de pureté organique au domaine des molécules de grande taille. Le programme de travail du BIPM prévoit ainsi de mettre au point des méthodes de référence permettant de déterminer les caractéristiques de l'insuline pure en unités du SI et non plus en unités internationales (UI), ce qui a été requis par les fabricants d'insuline.

Le Département de la chimie compte actuellement 10 membres du personnel à temps plein. Les besoins en personnel pour le prochain programme de travail sont les suivants :

- 1 technicien à mi-temps pour le programme sur les gaz ;

- 1 scientifique et 1 technicien pour le programme d'analyse organique.

Les dépenses de laboratoire du Département de la chimie sont estimées à 1 528 000 euros pour les années 2013 à 2016. Les projets d'investissement supérieurs à 30 000 euros sont les suivants :

Programme des gaz :

- spectromètre par absorption laser dans un résonateur optique en anneau pour le NO₂ (60 000 euros) ;
- spectromètre par absorption laser dans un résonateur optique en anneau pour le CO₂ avec détermination des rapports isotopiques (40 000 euros) ;
- spectromètre par absorption laser dans un résonateur optique en anneau pour les faibles niveaux d'eau (40 000 euros) ;
- analyseur spectroscopique/photoacoustique de NH₃ (60 000 euros).

Programme d'analyse organique :

- système de chromatographie liquide semi-préparative (70 000 euros) ;
- système à résolution rapide de chromatographie liquide à ultraviolet (en remplacement du système actuel) (60 000 euros).

Relations internationales et communication / KCDB

M. Kühne présente brièvement les activités en cours du BIPM dans le domaine des relations internationales et de la communication, dont les principales sont :

- collaborer avec des organisations intergouvernementales, telles que l'OIML, l'AIEA, l'OMM, et avec des organismes internationaux, tels que l'ISO et l'ILAC. Ce travail de coopération est très important et nécessite que la compétence technique des membres du personnel du BIPM soit reconnue. C'est l'une des principales raisons pour lesquelles le BIPM doit maintenir un programme de travail de laboratoire de qualité ;
- mieux faire connaître le BIPM et le CIPM MRA par l'intermédiaire, notamment, des activités organisées lors de la Journée mondiale de la métrologie. La campagne organisée en commun avec l'OIML pour la Journée mondiale de la métrologie de 2011 a été un succès et reflète les relations de travail plus étroites que les deux organisations ont établies au cours des douze derniers mois ;
- favoriser l'accroissement du nombre d'États Membres et d'Associés à la CGPM par une stratégie ciblée (2007 : 51 États Membres, 25 Associés ; 2011 : 55 États Membres, 34 Associés) ;
- jouer un rôle central dans la planification et l'organisation des ateliers traitant de nouveaux domaines métrologiques tels que les grandeurs physiologiques, la nanotechnologie et le changement climatique (avec l'OMM).

M. Kühne mentionne brièvement la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, KCDB, qui contient plus de 24 000 CMCs.

Programme de travail pour les années 2013 à 2016

Tableau 1 : Les besoins en personnel pour les années 2013 à 2016 peuvent être résumés comme suit :

	Scientifiques	Techniciens	Recrutement de durée déterminée	TOTAL
Masses et balance du watt	1	0,5	0,5 ⁷	2
Temps				
Électricité				
Rayonnements ionisants		0,5		0,5
Chimie	1	1,5 ⁸		2,5
TOTAL	2	2,5	0,5	5

L'équivalent de cinq membres du personnel supplémentaires à plein temps est requis pour le programme de travail pour les années 2013 à 2016.

Tableau 2 : Recettes pour les années 2013 à 2016 (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Dotation	12 462	12 711	12 965	13 224	51 362
Souscriptions ⁹	287	292	298	304	1 181
Autres produits	479	586	494	501	2 060
Total	13 228	13 589	13 757	14 029	54 603

La dotation requise pour le programme de travail pour les années 2013 à 2016, telle que décrite dans le Projet de résolution C, s'élève à 51 362 000 euros. Les autres recettes incluses dans le tableau ci-dessus proviennent principalement des intérêts sur les fonds et des redevances pour *Metrologia*.

La répartition des dépenses telle qu'indiquée dans le Programme de travail et budget est présentée dans les tableaux 3, 4 et 5 ci-dessous.

⁷ Un chercheur associé pour deux ans.

⁸ Un technicien à mi-temps pour le programme des gaz et un technicien pour l'analyse organique de molécules de grande taille.

⁹ Cette somme correspond aux trente États et entités économiques associés à la CGPM en septembre 2010.

Tableau 3 : Dépenses imputées à la poursuite d'activités existantes (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Budget opérationnel	12 052	11 921	11 992	12 360	48 325
Budget d'investissement	1 073	747	831	741	3 392
Total	13 125	12 668	12 823	13 101	51 717

Tableau 4 : Dépenses imputées à l'extension d'activités (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Budget opérationnel	381	368	347	361	1 457
Budget d'investissement	2 592	1 260	0	0	3 852
Total	2 973	1 628	347	361	5 309

Tableau 5 : Dépenses (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Dépenses de personnel	7 336	7 110	7 176	7 490	29 112
Contribution à la Caisse de retraite	2 552	2 494	2 529	2 632	10 207
Services généraux	1 457	1 601	1 521	1 462	6 041
Dépenses de laboratoire	1 666	2 447	1 287	1 208	6 608
Bâtiments	3 002	557	569	580	4 708
Divers, imprévus	85	87	88	90	350
Total	16 098	14 296	13 170	13 462	57 026

Le total des dépenses du programme de travail pour les années 2013 à 2016 est estimé à 57 026 000 euros, ce qui est supérieur aux recettes estimées à 54 603 000 euros indiquées dans le Tableau 2. La différence de 2 423 000 euros serait financée à partir du Fonds d'investissement.

Certains États Membres ont indiqué qu'ils pourraient ne pas être en mesure de soutenir la dotation indiquée dans le Tableau 2 en raison de la situation financière internationale actuelle. Le BIPM a, par conséquent, élaboré des scénarios de financement qui indiquent quelles activités seraient possibles selon quatre niveaux de financement différents ; ces scénarios ont été présentés lors d'une réunion informelle des représentants des États Parties à la Convention du Mètre qui s'est tenue en mai 2011. M. Kühne présente les quatre scénarios de financement :

- **Scénario I** Programme de travail proposé requérant une dotation de 51,4 millions d'euros.

- **Scénario II** Programme de travail proposé avec l'option du financement de l'accélérateur linéaire par des contributions volontaires, correspondant à une dotation de 49,3 millions d'euros.
- **Scénario III** Poursuite des activités existantes avec une compensation au titre de l'inflation, mais sans extension d'activité dans les domaines de la dosimétrie et de la chimie organique, nécessitant une dotation de 47,6 millions d'euros.
- **Scénario IV** Aucune augmentation des contributions des États Membres et aucune compensation au titre de l'inflation, ce qui correspond à une dotation de 45,9 millions d'euros et requerrait une réduction et/ou l'interruption d'activités afin de réduire les dépenses d'environ 1,4 million d'euros.

M. Kühne conclut sa présentation en observant que le programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016 sera discuté plus en détail lors de la troisième session qui se tiendra le mardi 18 octobre (voir section 15).

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Kühne pour sa présentation et invite les délégués à faire part de leurs questions et commentaires.

M. Mills (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) se dit favorable au financement d'un accélérateur linéaire qui serait installé au siège du BIPM car ces équipements sont l'un des moyens qui permettent de traiter avec succès le cancer. Il observe qu'il existe 10 000 accélérateurs linéaires dans le monde et qu'un tel équipement au siège du BIPM assurerait la fiabilité des étalonnages.

13.2 Dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures

M. Inglis présente brièvement le Projet de résolution C « Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2013 à 2016 ». Il observe que le programme de travail et la dotation du BIPM pour les années 2013 à 2016 ont été discutés et présentés lors de réunions qui se sont tenues au siège du BIPM en 2011. Il suggère d'examiner les quatre scénarios de financement afin de déterminer le niveau de soutien que chacun d'eux reçoit. Il sera discuté de ce point le mardi 18 octobre afin de recueillir les commentaires des États Membres sur la dotation annuelle et d'aborder la question du niveau de la dotation. Cela permettra au Groupe de travail sur la dotation du BIPM d'avoir des éléments de discussion et garantira que l'échange de points de vue sur ce sujet n'est pas limité au Groupe de travail. M. Bordé invite les délégués à préparer leurs questions et commentaires au sujet du Projet de résolution C qui sera discuté le mardi 18 octobre, avant la première réunion du Groupe de travail sur la dotation du BIPM.

14 Désignation des membres du Groupe de travail sur la dotation du BIPM

Le président de la réunion de la CGPM ouvre ce point de l'ordre du jour en invitant le secrétaire de la réunion de la CGPM, M. Kaarls, à présenter la composition proposée du Groupe de travail sur la dotation du BIPM. M. Kaarls indique que la première réunion du Groupe de travail se tiendra le mardi 18 octobre après-midi. En raison des contraintes liées à la taille de la salle,

chaque délégation sera limitée à trois personnes. M. Bordé propose que M. Inglis préside le Groupe de travail sur la dotation du BIPM qui inclura également M. Kaarls (secrétaire de la réunion de la CGPM et secrétaire du CIPM), M. Kühne (directeur du BIPM) et Mme Perent (directeur administratif et financier du BIPM).

Les délégations proposées par le CIPM pour participer au Groupe de travail sont les suivantes : l’Afrique du Sud, l’Allemagne, l’Australie, le Brésil, le Canada, la Chine, l’Espagne, les États-Unis d’Amérique, la Fédération de Russie, la France, l’Italie, le Japon, le Mexique, la Nouvelle-Zélande, les Pays-Bas, la République de Corée, la Suisse et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d’Irlande du Nord. L’Autriche et le Portugal sont également inclus au Groupe de travail sur la dotation du BIPM par suite à leur demande de participer à ce Groupe.

La composition du Groupe de travail sur la dotation du BIPM est adoptée sans objection.

15 Discussion sur le programme de travail et les options de financement

Au début de la troisième session, le mardi 18 octobre, M. Inglis fait deux brèves annonces avant que la discussion sur le programme de travail et les options de financement ne soit ouverte.

Il communique les dates prévues pour 2012 concernant la session du CIPM, la réunion des représentants des États Parties à la Convention du Mètre ainsi que celle des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie :

- Première partie de la 101^e session du CIPM 6-8 juin 2012
- Seconde partie de la 101^e session du CIPM 16-17 octobre 2012
- Réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie 18 octobre 2012
- Réunion des représentants des États Parties à la Convention du Mètre 19 octobre 2012

Il ajoute qu’une version révisée du Projet de résolution N, incluant les propositions des États-Unis d’Amérique ainsi que d’autres commentaires formulés lors de la première session de la réunion de la CGPM, a été distribuée et fera l’objet d’une discussion.

M. Bordé ouvre la discussion sur le programme de travail et les scénarios de financement en invitant les délégués à faire part de leurs commentaires. M. Inglis précise que le Groupe de travail sur la dotation du BIPM se réunira l’après-midi et que cette discussion donne l’occasion à l’ensemble des délégués de formuler leur point de vue sur le programme de travail et les options de financement.

M. Chong (Singapour) demande quelle est la stratégie à long terme du BIPM au-delà du programme de travail pour les années 2013 à 2016. Il indique qu’il est nécessaire d’apporter des éclaircissements sur les activités de laboratoire du BIPM, notamment quelles activités seront soutenues. Il demande également si les nouveaux membres du personnel recrutés pour travailler dans les laboratoires du BIPM au cours du prochain programme de travail bénéficieront de droits à pension. M. Inglis répond que la stratégie à long terme du BIPM, au-delà du prochain programme de travail, sera examinée par le Groupe de travail *ad hoc* proposé. La mission de ce

Groupe de travail comprend l'examen des dispositions à prendre dans le futur pour le BIPM. M. Inglis ajoute qu'il proposera au Groupe de travail *ad hoc* d'étudier la nécessité d'une plus grande clarté concernant les activités de laboratoire du BIPM. M. Kühne observe que si de nouveaux membres du personnel sont recrutés, ils seront soumis aux conditions d'emploi décrites dans les Statut, Règlement et Instructions applicables aux membres du personnel du BIPM. Le Règlement de la Caisse de retraite du BIPM a été modifié en 2009 afin de garantir que le BIPM disposerait des ressources financières suffisantes pour assurer le versement des pensions pendant les 30 à 40 prochaines années. Des études actuarielles sont réalisées de façon régulière afin d'examiner la pérennité de la Caisse de retraite du BIPM.

M. Bock (Suisse) cite le Rapport annuel dans lequel il est indiqué que les États Membres garantissent collectivement et solidairement le paiement des pensions, allocations, indemnités ou toute autre prestation dues au titre du Règlement de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM et demande si cela constitue une nouvelle garantie. Il observe par ailleurs que la Caisse de retraite du BIPM présente un déficit de 57,5 millions d'euros selon les états financiers de 2010 et demande comment le CIPM compte réduire ce déficit et dans quel délai. M. Inglis répond que la Caisse de retraite du BIPM a été créée par la CGPM en 1901 et qu'elle est fondée sur le principe de la continuité du BIPM. Le montant de 57,5 millions d'euros est le déficit actuariel qui a été estimé à la fin de 2010 à partir des engagements actuariels qui seraient nécessaires si le BIPM venait à immédiatement cesser d'exister. M. Kühne ajoute que le BIPM fait régulièrement effectuer des études actuarielles de la Caisse de retraite afin d'évaluer son évolution. Le CIPM a amendé le Règlement de la Caisse de retraite afin d'en assurer la pérennité pour les 30 à 40 prochaines années. La prochaine étude actuarielle sera initiée en 2012 et les conclusions seront transmises au Groupe de travail *ad hoc*.

M. Bock (Suisse) demande si les conclusions de l'étude actuarielle seront communiquées aux États Membres. M. Inglis répond que ce sera bien le cas, comme les précédentes. Ce sont d'ailleurs les conclusions de la dernière étude qui ont conduit le CIPM à mettre en œuvre des changements au régime de retraite, avec les conseils de spécialistes en la matière.

M. Mason (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) demande au directeur du BIPM quelle est sa position concernant l'équilibre entre les engagements permanents et les détachements et engagements de durée déterminée. M. Kühne répond que certaines tâches conviennent mieux à des engagements de durée déterminée et que le nombre de membres du personnel permanents devrait demeurer au même niveau. Il ajoute qu'il espère que le BIPM continuera à attirer des personnes en détachement et observe que les membres du personnel permanents en fonction au BIPM depuis plus de sept ans ont droit à une pension de retraite alors que ceux quittant le BIPM avant d'avoir accompli sept années de service reçoivent une allocation de départ.

M. Kjær (Danemark) remarque que le Groupe de travail sur la dotation du BIPM devrait considérer, lors de ses discussions, le coût d'un accélérateur linéaire ainsi que ses coûts de fonctionnement et réfléchir à d'autres sources de financement pour l'accélérateur linéaire. M. Kühne indique que son intention est d'étudier les possibilités de financer l'accélérateur linéaire par le biais d'autres sources puisque, d'après les commentaires formulés lors de la réunion des représentants des États Parties à la Convention du Mètre et de la réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, il est peu probable que les investissements requis pour l'achat d'un accélérateur linéaire et la construction d'un bâtiment de protection soient financés par la dotation du programme de travail à venir. M. Kühne mentionne également que l'AIEA et l'OMS ont fait part de leur soutien vis-à-vis du projet d'accélérateur linéaire.

Mme Ivanova (Bulgarie) demande si la dotation présentée dans le Projet de résolution C couvre le travail du Département de la chimie. M. Kühne confirme que la dotation présentée dans le Projet de résolution C couvre tous les domaines d'activités du BIPM, parmi lesquels la chimie. Il ajoute que l'adoption du scénario de financement I permettrait au BIPM de poursuivre toutes les activités actuelles et d'en étendre certaines. L'adoption du scénario II permettrait de soutenir le projet de l'accélérateur linéaire mais non l'investissement initial requis qui devrait être financé par d'autres sources ; le scénario II permettrait également d'étendre le travail du BIPM dans le domaine de la chimie. Le scénario III permettrait uniquement de poursuivre les activités existantes mais aucune extension d'activités à de nouveaux domaines. L'adoption du scénario IV affecterait de façon considérable le travail du BIPM et nécessiterait de mettre fin à certaines activités.

M. Halldorn (Allemagne) indique que l'Allemagne est satisfaite du travail effectué par le BIPM, en particulier en ce qui concerne les comparaisons et les activités liées au CIPM MRA. Il ajoute que le travail sur la redéfinition des unités de base du SI est essentiel. Il suggère à la CGPM de ne pas adopter un budget qui conduirait à mettre fin à certaines activités du BIPM. Toutefois, des changements majeurs pourraient être requis, c'est pourquoi il demande à ce que le rôle à long terme du BIPM fasse l'objet d'une discussion.

M. Miki (Japon) indique que le Japon, du fait de sa récente situation économique, ne pourra pas approuver les scénarios de financement I et II. Il ajoute que les contributions supplémentaires discrétionnaires telles celles adoptées dans le cadre des deux derniers programmes de travail ne seront pas soutenues par le Japon.

M. Siqueira Brandi (Brésil) indique que le travail du BIPM est vital et que le Brésil ne soutiendra pas l'adoption d'un scénario qui impliquerait une diminution de la dotation. Le Brésil soutiendra le scénario III. M. Siqueira Brandi suggère de discuter des contributions volontaires. Il propose également la nanotechnologie et l'environnement comme nouveaux domaines de travail pour le BIPM mais ne soutient pas le projet d'accélérateur linéaire. M. Kühne répond que le BIPM joue un rôle scientifique actif dans le domaine de l'environnement. Dans le cadre de la surveillance du changement climatique, la traçabilité au SI est essentielle pour assurer l'uniformité des mesures. Le travail à effectuer dans ce domaine reste conséquent et si le BIPM ne peut obtenir de financements, il devra étudier d'autres types d'activités, par exemple en collaborant sur certains travaux avec d'autres organisations telles que l'OMM. Le rôle à long terme du BIPM doit inclure des domaines tels que le changement climatique et la santé.

M. Holeček (République tchèque) déclare que la République tchèque soutient la position du Danemark concernant le financement de l'accélérateur linéaire à partir d'autres sources que celle de la dotation.

Mme Lagauterie (France) demande si les organisations qui pourraient financer l'achat d'équipements s'engageraient sur le long terme pour la maintenance de ces équipements et pour le financement du personnel nécessaire. En effet, si une dotation exceptionnelle est adoptée et qu'elle implique des charges permanentes, les États Membres auront à supporter ces charges dans le futur. M. Kühne indique que l'accélérateur linéaire est un projet particulier qui nécessite un investissement important ; toutefois, une fois que l'équipement est acheté, les coûts de fonctionnement, à savoir l'électricité, la climatisation et un technicien travaillant à mi-temps, peuvent être pris en charge par le BIPM. Si le BIPM parvient à obtenir le financement de l'accélérateur linéaire par des sources autres que celle de la dotation, les coûts de fonctionnement ne constitueront pas un problème. Le remplacement de l'équipement dans le

futur sera toutefois une question à examiner ; il est estimé que l'accélérateur linéaire aura une durée de vie de 15 ans, et le bâtiment de protection de 30 ans.

M. Issaev (Fédération de Russie) indique que le principe du projet de l'accélérateur linéaire devrait être soutenu par la CGPM, la question de savoir comment obtenir le financement pour l'équipement nécessaire pourrait être examinée ultérieurement.

M. Kioko (Kenya) déclare que le Kenya soutient le programme de travail du BIPM, ainsi que le projet de l'accélérateur linéaire. Il ajoute que les projets liés à la santé, comme celui de l'accélérateur linéaire, sont très importants. Toutefois, il convient que l'accélérateur linéaire devrait être financé par d'autres sources que la dotation.

M. Valdés (Argentine) déclare que l'Argentine adoptera une position similaire à celle du Brésil concernant les scénarios de financement. Il observe que la *Comisión Nacional de Energía Atómica* (CNEA) en Argentine est en train d'acquérir un accélérateur linéaire, dont la traçabilité sera fournie par l'*Instituto Nacional de Tecnología Industrial* (INTI). M. Valdés indique que les contributions volontaires mentionnées dans le scénario II devraient demeurer des contributions discrétionnaires supplémentaires. M. Kühne répond qu'il avait été décidé lors de la 23^e réunion de la CGPM (2007) qu'une contribution discrétionnaire supplémentaire de 3,8 % de la dotation pourrait être versée au BIPM afin de soutenir sa charge de travail accrue. Il précise que le CIPM n'a pas proposé de contribution discrétionnaire pour les années 2013 à 2016 mais une compensation au titre de l'inflation, ce qui représente le financement minimum requis pour que le BIPM maintienne son niveau actuel d'activités. Il est cependant impossible de prévoir quel sera le niveau de l'inflation au cours des prochaines années.

M. Freistetter (Autriche) indique que l'Autriche soutiendra uniquement le scénario III et ne peut apporter son soutien à toute augmentation de la dotation en valeur réelle. Il demande si une répartition des coûts concernant le projet de l'accélérateur est disponible. M. Kühne répond que selon les estimations, les coûts de fonctionnement pour l'accélérateur linéaire s'élèveront à environ 100 000 euros par an, dont 50 % pour les frais de personnel et 50 % pour les installations. Dans le cadre du scénario III, le BIPM sera en mesure de supporter les coûts de fonctionnement de l'accélérateur, mais non l'investissement initial d'acquisition de l'équipement.

Mme Disselkoen (États-Unis d'Amérique) observe que les États-Unis d'Amérique ne s'opposent pas au principe du projet de l'accélérateur linéaire, même si le financement devra provenir d'autres sources que la dotation. Elle indique que le déficit concernant les retraites semble sérieux et nécessite d'être discuté en profondeur. Elle ajoute que la politique budgétaire américaine est de n'accorder qu'une croissance nominale zéro pour toutes les organisations intergouvernementales. Il serait difficile de soutenir une augmentation de la dotation quelle qu'elle soit, c'est pourquoi les États-Unis d'Amérique envisagent de soutenir le scénario IV. Elle souligne que selon l'analyse des États-Unis d'Amérique, quatre États ont accédé à la Convention du Mètre depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007) et leurs contributions financières ont conduit à une augmentation d'environ 5,4 % des ressources financières du BIPM. Mme Disselkoen demande pour quelle raison le scénario IV indique un déficit de 1,4 million d'euros alors que l'accession de ces quatre États a généré des ressources supplémentaires. M. Kühne précise que le point de départ du calcul de la dotation pour les années 2013 à 2016 est la dotation de 2012, à laquelle viennent s'ajouter les contributions des quatre États qui ont accédé à la Convention du Mètre puisque leur participation aux activités du BIPM signifie une charge de travail et des dépenses supplémentaires pour le BIPM. Ces contributions représentent des ressources financières supplémentaires par rapport à la dotation votée lors de la précédente réunion de la

CGPM qui permettent de faire face au travail supplémentaire sans que cela n'ait d'impact sur les autres États Membres. Il ajoute que pour que le BIPM puisse continuer à accomplir son travail, il est nécessaire que la dotation comprenne une compensation au titre de l'inflation. Le scénario IV correspond à un niveau de financement équivalent à celui de la dotation de 2012 mais sans aucune augmentation pour compenser l'inflation. En pratique, cela signifierait une diminution des ressources financières du BIPM, ce qui conduirait à une réduction des activités.

Mme Disselkoen (États-Unis d'Amérique) déclare que les États-Unis d'Amérique souhaitent éviter toute suppression d'activités au BIPM mais s'interrogent sur la façon dont le BIPM a utilisé les fonds supplémentaires dans son budget. Elle remarque que, selon sa propre analyse, le budget du BIPM a augmenté chaque année de 2 % depuis 2009, chiffre auquel vient s'ajouter 5,5 % du fait de l'accession de quatre États à la Convention du Mètre, ce qui représente une augmentation de près de 8 % depuis 2009. Elle observe qu'il est peu probable qu'une autre organisation ait reçu une telle augmentation. M. Inglis répond que les activités effectuées avec ces fonds supplémentaires sont décrites dans le rapport qu'il a présenté à la CGPM. La dotation approuvée lors de la précédente réunion de la CGPM a nécessité de supprimer certaines activités du programme de travail pour les années 2009 à 2012. Le CIPM a identifié les domaines concernés et il a été mis fin à certaines activités. Les ressources financières supplémentaires du fait de nouvelles accessions à la Convention du Mètre ont permis au BIPM de réduire l'impact de ces réductions d'activités et d'en poursuivre certaines qui auraient sinon dû cesser. M. Kühne observe que certains États avaient requis lors de la précédente réunion de la CGPM que le Fonds d'investissement soit utilisé avant toute demande d'augmentation de la dotation mais le Fonds d'investissement du BIPM ne dispose pas de ressources suffisantes à l'heure actuelle pour ce faire. Une compensation au titre de l'inflation sera nécessaire pour maintenir le niveau actuel d'activités.

M. Carbonell (Espagne) indique que la situation économique de l'Espagne est très difficile mais juge le programme de travail du BIPM très satisfaisant. Il observe qu'une fois la dotation du BIPM approuvée, le BIPM devrait finaliser le programme de travail pour les années 2013 à 2016. Il précise que l'Espagne est en mesure de soutenir le scénario IV uniquement et que le BIPM devra envisager de réduire ses activités.

Mme Lagauterie (France) indique qu'une réduction de la dotation ne devrait pas nécessairement conduire à une réduction des activités. Le BIPM devrait examiner comment réduire ses coûts de fonctionnement tout en maintenant son niveau d'activités. La position de la France, c'est-à-dire une croissance nominale zéro, est applicable à toutes les organisations intergouvernementales.

M. Bock (Suisse) indique que la délégation suisse salue le travail effectué pour préparer le programme de travail pour les années 2013 à 2016 mais ne peut soutenir le Projet de résolution C. Le BIPM a besoin d'une orientation stratégique plus claire fondée sur une réflexion conjointe des États Membres et développée entre les États Membres, les laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM et son directeur, et le CIPM. Des moyens financiers sont nécessaires afin de mettre en œuvre le programme de travail conformément au Projet de résolution C présenté. Il est probable qu'aucun consensus ne soit atteint en la matière. Il indique qu'il ne serait pas sain d'approuver un programme de travail qui ne serait pas financé par la dotation correspondante. Il déclare qu'en principe, la Suisse pratique la politique de la croissance réelle zéro vis-à-vis des organisations internationales et que, selon lui, le BIPM fonctionne au-dessus de ses moyens. M. Bock précise qu'il est nécessaire de réduire le Fonds d'investissement, ce qui nécessitera de prévoir une augmentation substantielle de la dotation à compter de 2017, puis il soulève à nouveau la question de la situation de la Caisse de retraite du BIPM. La Suisse ne peut ainsi

accepter et approuver aucun des scénarios présentés. Le Président du CIPM rappelle à nouveau que la Caisse de retraite a été établie en se fondant sur le principe de la continuité du BIPM.

M. Wayner (Canada) observe que le programme de travail pour les années 2013 à 2016 semble être trop ambitieux par rapport à la dotation disponible. M. Kühne répond que si la dotation adoptée n'est pas suffisante pour financer le programme de travail, il sera nécessaire d'adapter le programme de travail afin de le faire concorder avec les fonds disponibles. M. Wayner demande si la proposition d'exclure les États Membres ayant des contributions arriérées (Projets de résolution F1 à F4) aura un effet négatif sur la dotation. Il demande si dans le budget, les contributions des nouveaux États Membres et la compensation proposée au titre de l'inflation compensent la perte potentielle des contributions des États Membres dont l'exclusion est proposée dans les Projets de résolution F1 à F4. M. Inglis répond que le budget a été calculé sans formuler d'hypothèses par rapport à l'issue du vote sur les Projets de résolution. Il observe qu'une baisse de 1 % des contributions financières représente environ 10 000 euros par an pour les États qui versent une contribution maximale au BIPM.

16 **Rapport sur l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (CIPM MRA)**

M. Kühne fait une présentation sur la mise en œuvre du CIPM MRA. Le CIPM MRA, qui est bien établi et largement reconnu, assure l'acceptation au niveau international de l'équivalence entre les étalons nationaux de mesure et les certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie, ce qui permet de réduire les obstacles techniques au commerce. Le CIPM MRA a été signé par les représentants de laboratoires nationaux de métrologie appartenant à 50 États Membres, 33 Associés à la CGPM et 3 organisations internationales. M. Kühne rappelle les critères pour pouvoir participer aux activités du CIPM MRA et déclarer des CMCs, puis évoque la déclaration commune au CIPM et à l'ILAC. Un addendum au CIPM MRA a été transmis aux signataires, le consentement formel de tous les signataires du CIPM MRA étant requis. Les signataires n'ayant pas encore répondu ont été recontactés.

M. Issaev (Fédération de Russie) s'interroge sur l'utilisation des termes « États Membres » et « États Parties à la Convention du Mètre » dans le Rapport du président du CIPM. M. Kühne répond qu'ils sont juridiquement équivalents.

17 Rapport sur les questions relatives aux Associés à la Conférence générale

17.1 Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale

M. Inglis présente brièvement les questions relatives au statut d'État Associé à la CGPM. Ce statut a été créé par la CGPM à sa 21^e réunion (1999) afin notamment de fournir aux États qui ne sont pas Parties à la Convention du Mètre les moyens de participer au CIPM MRA. Depuis, de nombreux États ont accédé au statut d'Associé. Toutefois, il existe un déséquilibre entre les avantages dont profitent les Associés et le niveau de leur souscription financière. En effet, les États Associés peuvent bénéficier d'un certain nombre d'avantages dont profitent les États Membres, tout en ne payant qu'une souscription bien moindre que celle dont ils auraient à s'acquitter s'ils étaient États Membres. Afin de remédier à cette situation, le CIPM recommande d'accroître le montant minimal de la souscription annuelle payée par les États Associés et d'augmenter progressivement et de manière irréversible, après une période initiale de cinq ans suivant l'accession au statut d'État Associé, le montant de la souscription des États Associés pour lesquels le CIPM, sur le fondement des critères qu'il a définis, a pris la décision qu'ils devraient être encouragés à accéder à la Convention du Mètre. Une telle augmentation serait progressive afin que la souscription de ces États atteigne en cinq ans un montant équivalent à 90 % de la contribution annuelle qu'ils auraient à acquitter s'ils étaient États Membres. M. Inglis termine sa présentation par la lecture du Projet de résolution D « Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale ».

M. Steele (Canada) demande des clarifications sur le premier point des décisions du Projet de résolution D. M. Kühne confirme qu'actuellement la souscription minimale annuelle représente 0,05 % de la dotation annuelle du BIPM. M. Steele demande la confirmation qu'il n'est aucunement prévu de permettre à de futurs États Associés de payer une souscription inférieure à 0,1 % de la dotation annuelle du BIPM. M. Kühne répond par l'affirmative.

M. Carbonell (Espagne) remarque que les États Associés peuvent renoncer au statut d'Associé et que des règles sont nécessaires afin d'éviter que ces États renoncent au statut d'Associé avant d'y accéder de nouveau. M. Kühne répond que soit un État Associé ne remplit pas les critères définis et sa souscription demeure inchangée, soit cet État Associé remplit les critères définis et a en particulier au moins une CMC enregistrée dans la KCDB, auquel cas il ne souhaitera probablement pas renoncer au statut d'Associé.

17.2 Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale

M. Inglis donne un compte rendu de la situation concernant l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la CGPM. À l'heure actuelle, ce statut a été accordé à la communauté des Caraïbes (CARICOM), Taipei chinois, et Hong Kong (Chine). Dans la Résolution 3 adoptée à sa 21^e réunion (1999), la CGPM a créé le statut d'Associé à la CGPM ouvert aux « États et entités économiques » afin de permettre à leur laboratoire national de métrologie de participer au système de mesure mondial. Depuis, de nombreuses discussions ont eu lieu quant à la pertinence de permettre à des entités économiques d'accéder au statut d'Associé à la CGPM. Conformément à la Résolution 5 (2007), le CIPM, à sa 98^e session (2009), a établi les critères

suivants permettant d'examiner les demandes d'entités économiques à accéder au statut d'Associé à la CGPM, tel qu'il y avait été invité par la CGPM en 2007 :

- une entité économique Associée doit être une entité territoriale,
- l'entité territoriale doit posséder son propre laboratoire de métrologie sur son territoire,
- la participation de l'entité territoriale aux activités du Bureau international des poids et mesures (BIPM) doit être considérée comme bénéfique au renforcement du système de mesure mondial.

M. Inglis termine sa présentation par la lecture du Projet de résolution E « Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale ».

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Inglis pour sa présentation et invite les délégués à faire part de leurs questions et commentaires.

Mme van Spronssen (Pays-Bas) fait une observation sur le troisième critère qui indique que la participation doit être considérée comme bénéfique au renforcement du système de mesure mondial. Elle signale que ce point pourrait être mal interprété et laisser penser que l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la CGPM demeure acceptable. M. Inglis répond que le statut d'entité économique Associée serait encore possible mais serait accordé par la CGPM à l'unanimité.

M. Steele (Canada) fait référence au dernier point du Projet de résolution D : « [La CGPM invite] tous les États Associés, qu'ils remplissent ou non les critères adoptés par le CIPM afin d'encourager les États Associés à devenir États Parties à la Convention du Mètre, à adhérer à la Convention du Mètre en ce qu'une telle adhésion ne peut qu'être bénéfique au renforcement du système de mesure mondial » et demande quels seraient les critères pour que les États membres de CARICOM accèdent à la Convention du Mètre. M. Kühne précise que CARICOM ne peut pas devenir un État Partie à la Convention du Mètre puisque c'est une organisation intergouvernementale et non un État. Toutefois, les États qui sont membres de CARICOM seront individuellement encouragés à accéder à la Convention du Mètre et il sera nécessaire pour ces États qui ont mis en commun leur système et leur infrastructure métrologiques de restructurer leurs laboratoires nationaux de métrologie. M. Inglis ajoute qu'il faudrait envisager d'appliquer des mesures d'incitation pour encourager chacun des États membres de CARICOM à accéder à la Convention du Mètre. M. Kaarls précise que la Jamaïque qui est État membre de CARICOM est également État Associé à la CGPM.

Mme Santo (Uruguay) demande si l'adoption des Projets de résolution D et E conduira à une augmentation de la dotation. M. Inglis répond que les répercussions financières que pourraient avoir les Projets de résolution D et E sur les Associés à la CGPM après leur adoption restent incertaines. Certains États pourraient renoncer à leur statut d'Associé s'ils considèrent que l'augmentation proposée de leur souscription est excessive. Toutefois, si le Projet de résolution D est adopté et si aucun des Associés actuels à la CGPM ne renonce au statut d'Associé, cela ne générera pas d'augmentation de la dotation puisque cette dernière est exclusivement constituée des contributions des États Membres ; cela entraînera toutefois une augmentation des ressources financières totales allouées au BIPM. Il ajoute que les souscriptions de certains Associés à la CGPM sont financées par des organismes d'aide et espère que l'adoption des Projets de résolution D et E n'entraînera aucun État Associé à renoncer à ce statut.

M. Kaarls remarque que certains des Associés sont très actifs, ce qui engendre des coûts significatifs pour le BIPM. Ces Associés ont été encouragés par le CIPM à accéder à la

Convention du Mètre. M. Kühne indique que la Résolution 6 (2007) mentionne le souhait que soient établis des critères permettant l'examen des demandes d'entités économiques à devenir Associées. Le Projet de résolution E vise à s'assurer que le statut d'Associé n'est pas acquis automatiquement mais qu'il est accordé par la CGPM à l'unanimité et au cas par cas.

Mme Santo (Uruguay) demande des clarifications sur l'impact potentiel de l'adoption des Projets de résolution D et E sur les États Associés et sur le nombre d'États susceptibles de renoncer au statut d'Associé. M. Inglis répond que les Associés à la CGPM seront informés de ce qu'implique pour eux l'adoption des Projets de résolution D et E et que chacun des États Associés devra décider si les bénéfices qu'il retire du statut d'Associé compensent ou non cet impact financier.

18 Sur l'exclusion des États Parties à la Convention du Mètre ayant des contributions arriérées depuis plus de six années

M. Kaarls présente brièvement la situation concernant les États Parties à la Convention du Mètre ayant des contributions arriérées depuis plus de six années. L'une des obligations principales d'un État Membre d'une organisation intergouvernementale est de respecter ses obligations financières. En effet, l'article 9 de la Convention du Mètre prévoit que les dépenses annuelles d'entretien du BIPM seront couvertes par des contributions des États Parties à la Convention du Mètre. L'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre prévoit un mécanisme de répartition de la contribution d'un État demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution. L'alinéa 7 dudit article prévoit également une suspension des avantages et prérogatives conférés audit État par l'adhésion à la Convention du Mètre. Cette disposition est appliquée à la République du Cameroun, qui a adhéré à la Convention du Mètre en 1970, depuis 1992, à la République dominicaine, qui a adhéré à la Convention du Mètre en 1954, depuis 1966, à la République islamique d'Iran, qui a adhéré à la Convention du Mètre en 1975, depuis 1980, et à la République populaire démocratique de Corée, qui a adhéré à la Convention du Mètre en 1982, depuis 1993.

Cette importante et unique procédure permet au BIPM de continuer à remplir sa mission si un État Partie à la Convention du Mètre n'acquiesce pas sa contribution durant plus de trois années.

L'alinéa 8 de l'article 6 du Règlement précise qu'après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du Règlement.

La CGPM, à sa 23^e réunion (2007), a adopté la Résolution 8 relative aux contributions arriérées établissant le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion. Le CIPM a, par Notes verbales du 26 février 2010, et conformément à ladite Résolution, adressé aux quatre États concernés une notification officielle les invitant à exécuter leurs obligations financières et leur rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion. Au vu de la persistance de ces quatre États à ne pas exécuter leurs obligations financières, le CIPM recommande à la CGPM de prendre une décision quant à l'exclusion de chacun de ces États, conformément à l'article 6 alinéa 8 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, pour non-respect de leurs obligations financières depuis plus de six ans.

M. Kaarls informe les délégués de la CGPM que la République dominicaine a annoncé qu'elle est prête à conclure un accord de rééchelonnement et que le BIPM est en train de mettre en place cet accord. C'est pourquoi le CIPM recommande que le Projet de résolution F2 « Sur l'exclusion de la République dominicaine » soit retiré. En ce qui concerne les trois autres États concernés, des Notes verbales leur ont été envoyées afin de leur rappeler la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion mais sans succès. Il est par conséquent recommandé à la CGPM de prendre une décision quant à l'exclusion de ces États.

M. Bordé observe que cela n'est pas une tâche aisée de prendre une telle décision mais que cela peut être nécessaire de façon occasionnelle.

Mme Disselkoen (États-Unis d'Amérique) remarque que par souci d'équité envers les trois autres États dont l'exclusion est envisagée, un délai devrait être accordé aux quatre États pour conclure un accord de rééchelonnement. M. Kaarls confirme que le BIPM a reçu une notification de la République dominicaine l'informant de son intention de conclure un accord de rééchelonnement ; la République dominicaine a également annoncé qu'elle procéderait très prochainement à un premier règlement de ses arriérés mais aucun paiement n'a été effectué jusqu'à présent. Mme Disselkoen propose qu'un amendement soit apporté au Projet de résolution F2 afin d'indiquer que la République dominicaine sera exclue si un accord ne peut être conclu dans un délai donné. Ce délai devrait également être ajouté aux Projets de résolution F1, F3 et F4 afin de garantir que tous les États concernés sont traités avec équité en ce qui concerne la procédure d'exclusion.

M. Freistetter (Autriche) observe que les contributions arriérées de ces quatre États ont déjà été avancées par les autres États Parties à la Convention du Mètre et demande si cela signifie que ces États une fois exclus pourraient de nouveau accéder à la Convention du Mètre sans être considérés comme débiteurs. M. Kühne répond que si un État est exclu, il devra s'acquitter du reliquat de ses contributions arriérées en sus de sa contribution d'adhésion avant de pouvoir accéder de nouveau à la Convention du Mètre, conformément à la Résolution 8 adoptée par la CGPM en 2007.

19 Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées

M. Kaarls présente de façon succincte la situation concernant le Projet de résolution G « Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées ». La CGPM, à sa 23^e réunion (2007), a adopté la Résolution 8 relative aux contributions arriérées qui définit le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion. La CGPM a, en particulier, prévu la possibilité pour le CIPM de conclure un accord de rééchelonnement avec un État débiteur pour le paiement de ses contributions arriérées.

La conclusion par le CIPM de tels accords de rééchelonnement a des conséquences institutionnelles, financières et budgétaires pour le BIPM et pour les États Parties à la Convention du Mètre qui doivent être définies.

Conformément à l'article 6 alinéa 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, si un État est demeuré trois années sans s'acquitter de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre : les sommes ainsi versées sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire. De plus, les avantages et prérogatives dudit État sont suspendus.

Un accord de rééchelonnement inclut le règlement par l'État débiteur de ses contributions arriérées selon des échéances convenues, ainsi que le paiement de sa contribution annuelle. Dès lors que le CIPM conclut un accord de rééchelonnement avec un État débiteur, il est proposé que les dispositions de l'article 6 alinéa 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre ne s'appliquent plus et que la contribution annuelle de cet État ne soit plus répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre à compter de l'année suivant la conclusion de l'accord de rééchelonnement.

Lorsqu'un État débiteur conclut un accord de rééchelonnement avec le CIPM, le CIPM propose que les avantages et prérogatives qui ont été conférés à cet État par son adhésion à la Convention du Mètre soient rétablis à part entière suite au règlement de la première échéance en vertu de l'accord de rééchelonnement, et maintenus sous réserve du respect des termes dudit accord par l'État concerné.

Enfin, si un État débiteur qui a conclu un accord de rééchelonnement avec le CIPM ne respecte pas les termes de cet accord, le CIPM propose que les avantages et prérogatives qui lui ont été conférés soient de nouveau suspendus, que sa contribution soit répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre, et qu'il en soit référé à la CGPM afin que celle-ci prenne une décision concernant l'exclusion de cet État.

M. Kaarls termine sa présentation par la lecture du Projet de résolution G qui comprend les propositions suivantes :

- lorsqu'un État Partie à la Convention du Mètre ne s'est pas acquitté de six années de contributions mais que le CIPM a conclu un accord de rééchelonnement avec cet État débiteur, les contributions arriérées seront réglées conformément à l'accord de rééchelonnement en sus de sa contribution annuelle,
- une fois l'accord de rééchelonnement conclu avec le CIPM et la première échéance réglée conformément audit accord, l'État débiteur pourra à nouveau bénéficier des avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre,
- la contribution annuelle de l'État débiteur ne sera plus répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre à compter de l'année suivant l'entrée en vigueur de l'accord de rééchelonnement,
- si un État débiteur ne respecte pas les termes de l'accord de rééchelonnement, les avantages et prérogatives qui lui ont été conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre seront suspendus, sa contribution sera répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre conformément aux dispositions de l'article 6 alinéa 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, et il en sera référé à la CGPM afin que celle-ci prenne une décision concernant l'exclusion de cet État.

M. Kaarls invite les délégués à faire part de leurs questions et commentaires.

M. Castelazo Sinencio (Mexique) demande pourquoi quatre États ont accumulé de telles dettes alors qu'une disposition de la Convention du Mètre prévoit l'exclusion des États après six années d'arriérés. M. Kaarls répond que par le passé, la CGPM n'a jamais pris de décision quant à l'exclusion. Toutefois, la CGPM a décidé que les États doivent payer leurs contributions arriérées qui ont été avancées par l'ensemble des autres États Parties à la Convention du Mètre.

M. Wayner (Canada) demande pourquoi il est nécessaire de discuter de l'exclusion lors d'une réunion de la CGPM puisque le mécanisme en place prévoit une exclusion automatique. M. Inglis et M. Kaarls répondent que l'exclusion d'un Membre d'une organisation intergouvernementale a des conséquences politiques et diplomatiques, c'est pourquoi la CGPM, par le passé, a encouragé le CIPM à donner aux États débiteurs la possibilité de payer leurs contributions arriérées plutôt que de les exclure. Par ailleurs, le CIPM ne peut décider seul de l'exclusion d'un État. M. Kühne ajoute que l'exclusion est une sanction prévue par la Convention du Mètre et que la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) a établi le mécanisme d'adoption des décisions et la procédure régissant l'exclusion. La Résolution 8 préconise de négocier un accord de rééchelonnement avec les États débiteurs et invite le CIPM à recommander à la CGPM de prendre une décision quant à l'exclusion de ces États en cas d'échec des négociations. Le CIPM a suivi cette procédure. M. Inglis observe que la Résolution 8 a été adoptée par la CGPM à la suite des préoccupations soulevées sur le sujet par le CIPM.

M. Steele (Canada) prend note du caractère politiquement sensible de ces questions et demande comment le BIPM envisage de recouvrer les contributions arriérées et de rembourser les États Membres qui ont avancé les contributions annuelles des États débiteurs réparties entre les autres États. Il ajoute que la dette cumulée par les États ayant des contributions arriérées s'élève à près de quatre millions d'euros. Il souligne en outre qu'il n'est pas dans les usages des organisations intergouvernementales d'annuler les dettes accumulées.

Mme Saundry (États-Unis d'Amérique) souhaite avoir des éclaircissements sur l'impact budgétaire de l'exclusion d'États et se demande si les contributions baisseront si les autres États Membres n'ont plus à avancer les contributions arriérées des États débiteurs.

M. Kühne répond que la Convention du Mètre prévoit que la dotation soit répartie entre les États qui sont Parties à la Convention du Mètre au moment de l'adoption de ladite dotation. C'est pourquoi le pourcentage de répartition de la dotation pour chaque État augmenterait légèrement si des États débiteurs venaient à être exclus.

M. Steele (Canada) observe qu'en approuvant le programme de travail et son budget correspondant, la CGPM convient du montant de la dotation mais que le processus de répartition de la dotation entre les États Parties à la Convention du Mètre est établi. Il remarque qu'il serait impossible pour le Canada d'approuver la dotation sans connaître quel sera le montant de la contribution canadienne : ainsi, si un État versant une contribution maximale renonçait à son statut d'État Partie et que sa contribution était réaffectée entre les autres États Parties, le Canada ne serait pas en mesure de s'engager à verser sa contribution et à soutenir une telle dotation. Il indique que si le BIPM perd 1,5 % de la dotation totale du fait de la perte des contributions des États dont la CGPM examine l'exclusion, cela compensera toute augmentation de la dotation au titre de l'inflation dont il sera convenu si le niveau général de la dotation est maintenu. C'est pourquoi le point de départ pour le calcul de la dotation réévaluée doit refléter toute décision concernant l'exclusion d'États.

M. Kühne répond que le Règlement annexé à la Convention du Mètre prévoit un mécanisme permettant à la CGPM de voter une dotation réévaluée si nécessaire. Le calcul de la contribution

de chaque État Membre est fondé sur son coefficient de l'Organisation des Nations Unies, ainsi que sur la dotation réévaluée qui a été adoptée par la CGPM lors de sa précédente réunion et qui a été répartie entre les États qui étaient alors Parties à la Convention du Mètre. La CGPM adopte la dotation réévaluée et les règles régissant la répartition de cette dotation entre les États Membres sont claires.

M. Bock (Suisse) déclare qu'il soutient les inquiétudes soulevées par le Canada et les États-Unis d'Amérique. Il demande pourquoi les contributions d'un État Membre en défaut de paiement depuis plus de trois ans sont réparties entre les autres États Membres alors que lors de l'accession d'un État à la Convention du Mètre, les contributions de cet État viennent s'ajouter à la dotation. Il précise que bien que quatre États aient accédé à la Convention du Mètre depuis la précédente réunion de la CGPM en 2007, le CIPM n'a pas fait de proposition pour réduire la dotation. Il observe également que les États Parties à la Convention du Mètre devraient respecter les règles établies dans la Convention du Mètre. Ainsi, si un État Membre ne respecte pas ses obligations financières, il devrait être exclu. M. Bock ajoute que la Suisse pourrait soutenir les Projets de résolution F1, F3 et F4 et suggère d'y ajouter une phrase précisant qu'étant donné la situation particulière, la dotation du BIPM ne sera pas réduite.

Mme Disselkoe (États-Unis d'Amérique) annonce que les États-Unis d'Amérique soutiennent le Projet de résolution G tel que présenté. Elle remarque que la contribution des États-Unis d'Amérique représente actuellement 9,67 % de la dotation, ce chiffre étant ajusté à 9,8 % pour couvrir les avances faites envers les États Membres qui ont des contributions arriérées. Mme Disselkoe demande pourquoi ce chiffre n'est pas réajusté à 9,67 % si les États débiteurs sont exclus.

M. Kühne répond que le BIPM calculera le pourcentage de répartition de la dotation en se fondant sur le nombre d'États Membres au moment de l'adoption de la dotation réévaluée : par conséquent, ce pourcentage augmentera si des États débiteurs sont exclus. La CGPM fixera le montant de la dotation réévaluée pour les années 2013 à 2016. Bien que la CGPM ait autorité pour réviser le montant de la dotation, il existe des règles régissant la façon de répartir la dotation entre les États Membres.

Mme Saundry (États-Unis d'Amérique) évoque un point dont il a été précédemment discuté en demandant pourquoi la dotation peut être ajustée lors de l'exclusion d'États Parties à la Convention du Mètre, mais non lors de leur accession. Elle demande une précision concernant les scénarios de financement et observe que si la dotation dans le scénario IV a une croissance nominale zéro, elle devrait correspondre à la dotation pour les années 2009 à 2012, ce qui n'est pas le cas.

M. Kühne répond que ces questions pourront être traitées plus en détail par le Groupe de travail sur la dotation du BIPM. Il observe que la CGPM doit décider du programme de travail et du budget correspondant pour les années 2013 à 2016 lors de cette réunion de la CGPM. Si la CGPM ne parvient pas à se mettre d'accord sur la dotation réévaluée, la dotation qui a été approuvée pour l'année 2012 sera appliquée jusqu'à ce que la CGPM approuve une dotation réévaluée. D'une façon ou d'une autre, le montant de la dotation pour les années 2013 à 2016 sera connu.

M. Gunn (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) remarque que la confusion que semble susciter la façon d'appliquer les dispositions de la Convention du Mètre concernant l'exclusion témoigne de la nécessité d'examiner la gouvernance du BIPM. Il demande si les États Membres seront pénalisés financièrement du fait que les États Membres débiteurs n'aient pas été exclus. M. Kühne répond que la décision d'exclure les États débiteurs a été évoquée lors

de la 23^e réunion de la CGPM (2007) et que le CIPM a appliqué les exigences formulées par la CGPM.

M. Mason (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) demande s'il est possible que la CGPM prenne une décision afin d'éviter qu'à l'avenir des États débiteurs n'accumulent des arriérés au-delà de six années. M. Kühne observe que la Résolution 8 (2007) traite ce point.

M. Steele (Canada) indique que le Canada ne peut approuver le fait de permettre l'accumulation de dettes par des États débiteurs tel que cela a été le cas pour la République du Cameroun, la République dominicaine, la République islamique d'Iran et la République populaire démocratique de Corée. Il ajoute qu'il faut être très clair dans la formulation des règles afin de s'assurer qu'au-delà de six années, les États débiteurs sont exclus. La procédure d'exclusion ne devrait pas nécessiter l'adoption de Résolutions mais devrait être automatique. M. Steele demande par ailleurs ce qu'il est advenu des fonds supplémentaires reçus par le BIPM du fait des contributions versées par les États qui ont accédé à la Convention du Mètre depuis 2007. Il fait référence à un précédent commentaire de M. Inglis selon lequel ces fonds ont été utilisés pour financer les activités qui ont été définies comme prioritaires. M. Steele y voit une contradiction : la décision d'utiliser des fonds supplémentaires est contraire à la règle car le budget voté n'est pas le même que le budget utilisé. M. Kühne répond que la CGPM vote uniquement une dotation réévaluée. Il revient ensuite au CIPM d'approuver le budget annuel du BIPM. M. Steele remercie M. Kühne pour cette clarification.

M. Bock (Suisse) indique que bien qu'il soit de la responsabilité de la CGPM de voter l'exclusion des États Parties à la Convention du Mètre débiteurs, il revient au CIPM de faire des propositions sur l'exclusion de ces États. Il ajoute que le CIPM, par le passé, n'a pas fait de proposition en ce sens et ajoute que cela illustre la nécessité d'examiner les questions de gouvernance du BIPM.

M. Siqueira Brandi (Brésil) note que des règles existent concernant l'exclusion des États Membres qui ne respectent pas leurs obligations financières depuis plus de six ans et qu'elles devraient être appliquées. M. Kühne répond que des règles existent pour exclure des États Membres après six années d'arriérés mais que les dispositions de la Résolution 8 (2007) « Sur les contributions arriérées des États Membres » invitent le CIPM à recommander à la CGPM de prendre une décision quant aux États Membres ayant des contributions arriérées depuis plus de six ans. Ainsi, un État pourrait en théorie avoir des contributions arriérées depuis plus de six ans au moment où le Projet de résolution est présenté à la CGPM. Il serait nécessaire pour changer cette procédure d'adopter une Résolution.

Mme Heurley (France) observe que l'article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre indique clairement que l'exclusion peut être automatique. M. Bordé observe qu'une simple majorité est requise pour adopter le Projet de résolution G. Mme Heurley rappelle que la Résolution 8 (2007) sur les contributions arriérées des États Membres a été adoptée à l'unanimité alors que l'unanimité n'était pas requise. Elle ajoute que la France envisage le cas d'espèce et non un principe général. Elle suggère d'adopter les Projets de résolution sur l'exclusion des États Membres ayant des contributions arriérées depuis plus de six ans sans vote contre.

M. Castelazo Sinencio (Mexique) demande s'il est possible de modifier les dispositions de la Convention du Mètre par l'adoption, par la CGPM, d'une Résolution, puisque les changements proposés font partie du Règlement annexé à la Convention du Mètre. Il s'interroge sur la nécessité de revenir vers les gouvernements pour ratifier ces modifications ou s'il est possible pour la CGPM de modifier les dispositions du Règlement annexé. M. Kühne remarque que la

CGPM a établi en détail en 2007 comment les dispositions concernant les contributions arriérées devaient être appliquées.

M. Steele (Canada) observe que la Résolution 8 (2007) donne des instructions sur la façon de traiter des cas historiques en cours mais que ces dispositions ne constituent pas une règle générale pour l'avenir. Toutes les mesures possibles pour limiter l'accumulation des contributions arriérées cumulées devraient être prises à l'avenir. Le remboursement des avances faites au titre des contributions arriérées et la façon de décider du niveau de remboursement de ces arriérés doivent être traités différemment. Il n'est pas acceptable de ne pas prendre en considération les contributions arriérées qui devraient être remboursées aux États qui ont avancé le montant de ces contributions pour le compte des États débiteurs.

M. Mason (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) demande si les avances effectuées par les États Membres pour couvrir les contributions des États qui ne respectent pas leurs obligations financières sont considérées comme des dettes. M. Kühne répond par l'affirmative. Il ajoute que dans le cas où un État Membre a plus de trois ans de contributions arriérées entre deux réunions de la CGPM, le mécanisme automatique de répartition de ses contributions entre les autres États Membres est mis en place, tel que prévu par le Règlement annexé à la Convention du Mètre. La CGPM examinera la dotation et la réévaluera si nécessaire lors de sa prochaine réunion. M. Kühne explique que si un État versant une contribution maximale décidait de dénoncer la Convention du Mètre, la dotation serait alors répartie entre les autres États Membres jusqu'à la prochaine réunion de la CGPM, conformément aux dispositions applicables. La CGPM pourrait ensuite décider lors de sa prochaine réunion du niveau de la dotation et la réduire si elle le souhaite.

Mme Disselkoen (États-Unis d'Amérique) observe qu'il y a consensus sur le Projet de résolution G. Il n'est pas possible de décider si des États exclus doivent payer la dette qu'ils ont accumulée sur plus de six ans lorsqu'ils souhaitent de nouveau accéder à la Convention du Mètre puisqu'une décision sur l'exclusion des États concernés n'a pas encore été prise. La question de savoir si les États exclus devraient payer leur dette peut être traitée lors d'une future réunion de la CGPM, dans le cas où ces États décideraient d'accéder à nouveau à la Convention du Mètre.

M. Kühne répond que le dernier point de la Résolution 8 (2007) indique « [qu']un État membre qui dénonce la Convention du Mètre ne peut y adhérer de nouveau que s'il s'est acquitté du reliquat de ses contributions arriérées. Conformément à l'article 11 de la Convention du Mètre, cet État Membre doit acquitter une contribution d'adhésion dont le montant est égal à sa première année de contribution. » Une décision a donc été prise par la CGPM et la totalité des arriérés doit être réglée. Il serait nécessaire d'adopter une nouvelle Résolution s'il était décidé que les États exclus ne devaient régler que les six premières années d'arriérés.

Mme Disselkoen (États-Unis d'Amérique) ajoute que cela ne peut être envisagé que dans le futur car la délégation des États-Unis d'Amérique n'a pas reçu d'instructions sur ce point.

M. Göbel (Allemagne), en tant que membre du CIPM, observe que la Convention du Mètre ne dispose pas qu'une réunion de la CGPM ait lieu nécessairement tous les quatre ans. Si un État versant une contribution maximale décidait de dénoncer la Convention du Mètre, une réunion de la CGPM pourrait être convoquée immédiatement afin de discuter de ce cas.

M. Zvizdic (Croatie) demande si tous les États Membres règlent leur contribution dans les délais prévus et, en cas de retard de paiement, si cela génère des difficultés pour le BIPM. M. Kühne répond que seuls quelques États Membres règlent leur contribution en début d'année, tel que prévu par la Convention du Mètre, et ajoute que la date de fin d'un exercice financier varie selon les États. Le Fonds de réserve du BIPM est utilisé pour faire face à ces fluctuations dans le

versement des contributions. Les contributions non versées ont atteint jusqu'à 39 % du budget annuel par le passé.

20 Sur une Convention sur les privilèges et immunités du BIPM

M. Kühne indique que le CIPM propose que soit retiré le Projet de résolution H « Sur une Convention sur les privilèges et immunités du BIPM ». La Résolution 9 adoptée par la CGPM à sa 22^e réunion (2003) formule des recommandations sur les exigences pour le transport transfrontalier d'étalons de mesure, d'équipements métrologiques et de matériaux de référence. Toutefois, aucun progrès réel n'a été effectué dans ce domaine en raison de difficultés telles que le refus d'octroi de visas ou les contrôles douaniers, ce qui a conduit à la rédaction du Projet de résolution H « Sur une Convention sur les privilèges et immunités du BIPM ». Ce Projet de résolution requiert que soient accordés au BIPM des privilèges et immunités similaires à ceux de l'Organisation des Nations Unies par la signature d'une convention multilatérale. Le gouvernement japonais a transmis des commentaires sur la convention proposée et le CIPM a par conséquent l'objectif de réexaminer et de modifier le Projet de résolution H. Ce Projet de résolution sera de nouveau présenté et soumis pour discussion lors d'une prochaine réunion de la CGPM, une fois sa révision finalisée. Le CIPM a ainsi décidé de retirer le Projet de résolution H.

M. Miki (Japon) déclare que le Japon accueille favorablement le retrait du Projet de résolution H et qu'il sera heureux de considérer la version révisée.

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Kühne pour sa présentation et demande si les délégués ont des commentaires ou questions avant de clore cette session.

En l'absence de commentaires ou questions, M. Kaarls communique aux délégués des informations générales sur les réceptions données par l'ambassadeur d'Allemagne et l'ambassadeur des Pays-Bas, sur l'organisation des visites des laboratoires du BIPM, sur les horaires de reprise des sessions de la réunion de la CGPM, ainsi que sur les dispositions concernant le Groupe de travail sur la dotation du BIPM.

M. Bock (Suisse) fait un commentaire sur le point 26 de l'ordre du jour concernant le renouvellement par moitié du CIPM. Il demande s'il est possible de connaître les noms des cinq membres du CIPM désignés par tirage au sort. La liste des membres du CIPM dont le nom a été tiré au sort est ainsi communiquée : il s'agit de L. Érard, R. Kaarls, A. Sacconi, W. Schwitz, et H. Uğur.

21 Rapport initial du Groupe de travail sur la dotation du BIPM

Au début de la quatrième session de la réunion de la CGPM, le jeudi 20 octobre, M. Inglis, en tant que président du Groupe de travail sur la dotation du BIPM, présente un rapport succinct sur les premières discussions du Groupe de travail sur la dotation du BIPM qui ont eu lieu le mardi 18 octobre.

Le Groupe de travail soutient les activités du BIPM et félicite le BIPM pour son travail. Le Groupe de travail souligne la nécessité d'assurer la santé financière et la viabilité à long terme du BIPM et soutient de façon unanime l'établissement d'un Groupe de travail *ad hoc*, tel que proposé dans le Projet de résolution N. Les mesures à prendre qui pourraient ressortir des discussions de ce Groupe de travail *ad hoc* devront être mises en œuvre aussi rapidement que possible.

Le modèle de financement du BIPM a été considéré trop restrictif et le BIPM devrait envisager de facturer certains de ses services ; il devrait chercher d'autres sources de financement. Par ailleurs, des préoccupations ont été formulées concernant l'efficacité du BIPM. Le BIPM devrait notamment examiner les moyens de réduire ses frais généraux. L'amélioration de la traçabilité des mesures dans le domaine de la dosimétrie et des rayonnements ionisants a reçu un certain soutien.

Il a été discuté du taux d'inflation attendu, et s'il convenait de conserver la contribution discrétionnaire supplémentaire.

Le Groupe de travail recommande au BIPM de reconstituer son Fonds d'investissement. La possibilité de financer le programme de travail pour une période inférieure à quatre ans a été discutée, bien qu'il ait été clairement précisé qu'il serait très difficile pour le BIPM de préparer une réunion de la CGPM dans un délai inférieur à trois ans.

Le Groupe de travail a tiré deux conclusions initiales de cette première réunion : en premier lieu, le niveau de financement du Fonds d'investissement est trop bas et il est nécessaire d'y remédier ; en second lieu, le fait que les États Membres accepteront un niveau de financement situé entre les scénarios III et IV fait consensus, même si certains États soutiennent les scénarios I et II.

Une seconde réunion du Groupe de travail sur la dotation du BIPM est prévue le jeudi 20 octobre 2011 après-midi.

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Inglis pour sa présentation ; il n'y a pas de questions ou commentaires.

22 Discussion sur les Projets de résolution

M. Kaarls suggère un changement à l'ordre du jour de façon à pouvoir discuter en détail des Projets de résolution lors de la quatrième session de la réunion de la CGPM qui se tiendra le jeudi 20 octobre.

Projet de résolution A « Sur l'éventuelle révision à venir du Système international d'unités, le SI »

M. Kaarls rappelle que le quatrième point de la section « prend en considération » du Projet de résolution A contenait une erreur typographique :

- la masse molaire du carbone 12 $M(^{12}\text{C})$ sera exactement $0,012 \text{ kg mol}^{-1}$, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de N_A juste avant la redéfinition, puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale.

Il faut lire $N_A h$ et non N_A . Le point corrigé se présente donc comme suit :

- la masse molaire du carbone 12 $M(^{12}\text{C})$ sera exactement $0,012 \text{ kg mol}^{-1}$, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de $N_A h$ juste avant la redéfinition, puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale.

Un troisième point a été inséré à la section « invite » en réponse aux demandes de délégués ;

- [la CGPM invite] le CIPM à poursuivre son travail afin d'obtenir une meilleure formulation des définitions des unités de base du SI fondées sur des constantes fondamentales, l'objectif étant de parvenir, autant que possible, à une description plus facilement compréhensible pour l'ensemble des utilisateurs tout en gardant rigueur et clarté scientifiques.

Le dernier point de la section « invite » a été modifié afin d'y inclure l'OIML :

- [la CGPM invite] le CIPM, les Comités consultatifs, le BIPM, l'OIML et les laboratoires nationaux de métrologie à intensifier leurs efforts afin de mettre en place des campagnes de sensibilisation pour informer les communautés d'utilisateurs et le grand public du projet de redéfinition de certaines unités du SI, et à encourager l'examen des implications juridiques, techniques et pratiques de ces redéfinitions, afin de solliciter les commentaires et les contributions de la vaste communauté des scientifiques et des utilisateurs.

M. Besley (Australie) demande si le dernier point de la section « invite » ne devrait pas inclure les organisations régionales de métrologie :

- [la CGPM invite] le CIPM, les Comités consultatifs, le BIPM, l'OIML, les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie à intensifier leurs efforts afin de mettre en place des campagnes de sensibilisation pour informer les communautés d'utilisateurs et le grand public du projet de redéfinition de certaines unités du SI, et à encourager l'examen des implications juridiques, techniques et pratiques de ces redéfinitions, afin de solliciter les commentaires et les contributions de la vaste communauté des scientifiques et des utilisateurs.

M. Kaarls répond que cela n'est pas nécessaire car les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations régionales de métrologie sont en relation par l'intermédiaire des États Membres.

En réponse à une question de M. Steele (Canada), le président, le secrétaire de la réunion de la CGPM et le directeur du BIPM précisent que le terme « formulation » dans le troisième point de

la section « invite » ne remet pas en question le consensus déjà largement établi sur l'utilisation de définitions à constante explicite et sur les constantes sélectionnées dans le Projet de résolution A. Il est toutefois évident que les définitions, dans leur forme finale, tiendront compte des évolutions scientifiques pouvant survenir. En l'absence d'autres commentaires ou questions de la part des délégués, cet éclaircissement clôt la discussion et le Projet de résolution suivant est examiné.

Projet de résolution B « Sur l'importance d'une collaboration internationale afin de rendre les mesures nécessaires à l'observation du changement climatique traçables au Système international d'unités (SI) »

M. Kaarls indique que le Projet de résolution B n'a fait l'objet d'aucun commentaire supplémentaire et qu'il pourra être soumis au vote le vendredi 21 octobre.

Projet de résolution C « Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2013 à 2016 »

M. Kaarls indique que des discussions sur le Projet de résolution C sont en cours au sein du Groupe de travail sur la dotation du BIPM.

Projet de résolution D « Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale »

M. Kaarls indique que le Projet de résolution D n'a fait l'objet d'aucun commentaire supplémentaire et qu'il pourra être soumis au vote le vendredi 21 octobre.

Projet de résolution E « Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale »

M. Kaarls demande si les délégués ont des commentaires concernant le Projet de résolution E.

M. Mason (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) s'interroge sur la phrase du Projet de résolution E selon laquelle les organisations intergouvernementales ne peuvent désormais plus devenir Associées à la CGPM. Il remarque que certaines organisations intergouvernementales ne sont pas suffisamment développées et que l'OIML considère comme utile le fait de leur permettre d'accéder au statut d'Associé. Il cite comme exemple la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO). Les entités économiques pour lesquelles il peut être difficile de développer une infrastructure métrologique mettent souvent leurs compétences en commun avec d'autres États. M. Mason invite le CIPM à établir des critères qui permettraient à de telles organisations intergouvernementales d'accéder au statut d'Associé à la CGPM.

M. Kaarls répond que le Projet de résolution E est formulé de façon à ne pas permettre à des organisations intergouvernementales d'accéder au statut d'Associé à la CGPM car cela ne semble pas dans le meilleur intérêt de la métrologie mondiale ; il serait en effet préférable que des États accèdent individuellement à la Convention du Mètre. M. Inglis rejoint dans une certaine mesure l'avis de M. Mason et suggère que cette question soit étudiée plus avant. M. Kühne admet que cette question est complexe et qu'il n'est pas souhaitable d'interdire totalement aux organisations intergouvernementales de participer aux activités du BIPM. Chaque demande d'accession au statut d'Associé doit être examinée au cas par cas. Certains États pourraient souhaiter s'associer à d'autres États afin de réduire le coût de leur participation. Il ne fait aucun doute que d'autres regroupements d'États seront formés à l'avenir, il est donc nécessaire d'établir une politique claire. À l'heure actuelle, il existe trois façons de procéder :

- soumettre au vote le Projet de résolution E tel qu'il est présenté ;
- accepter la suggestion de M. Mason et supprimer le point mentionnant que les organisations intergouvernementales ne sont pas considérées comme « entités territoriales », puis demander au CIPM de réfléchir au fait de permettre à des organisations intergouvernementales d'accéder au statut d'Associé à la CGPM ;
- soumettre au vote le Projet de résolution E tel qu'il est présenté et demander au CIPM de réfléchir à cette question, puis de présenter à la CGPM lors de sa prochaine réunion un rapport et un nouveau Projet de résolution qui aborderait la question du statut d'Associé pour les organisations intergouvernementales.

M. Hassine (Tunisie), président de l'AFRIMETS, soutient la proposition de M. Mason qui permettrait aux regroupements régionaux qui n'ont pas les moyens de participer aux activités du BIPM de devenir Associés. Il observe que seul trois États africains (Afrique du Sud, Égypte et Kenya) sont actuellement Parties à la Convention du Mètre et que la Tunisie va probablement devenir État Partie mais que peu d'États africains sont en mesure financièrement d'accéder à la Convention du Mètre. Il est important pour ces États de pouvoir se regrouper et participer aux activités du BIPM, même pour une période limitée. L'AFRIMETS s'attache à promouvoir l'importance des activités du BIPM et de l'OIML.

Une version révisée du Projet de résolution E sera présentée le vendredi 21 octobre 2011.

Projets de résolution F1 à F4 « Sur l'exclusion des États Parties à la Convention du Mètre ayant des contributions arriérées depuis plus de six années »

M. Kaarls indique que les Projets de résolution F1 à F4 seront discutés après les autres Projets de résolution.

Projet de résolution G « Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées »

M. Kaarls indique que le Projet de résolution G n'a fait l'objet d'aucun commentaire supplémentaire et qu'il sera soumis au vote le vendredi 21 octobre.

Projet de résolution H « Sur une Convention sur les privilèges et immunités du BIPM »

Le Projet de résolution H a été retiré par le CIPM.

Projet de résolution I « Sur la révision de la mise en pratique de la définition du mètre et sur la mise au point de nouveaux étalons optiques de fréquence »

Le Projet de résolution I sera présenté par le président du Comité consultatif des longueurs (CCL).

Projet de résolution J « Sur l'adoption d'un système de référence terrestre commun »

Une version révisée du Projet de résolution J sera présentée par le président du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF).

Projet de résolution N « Sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM »

M. Kaarls observe que toutes les suggestions faites sur le Projet de résolution N ont été incluses dans la version révisée.

Mme van Spronsen (Pays-Bas) suggère que le nombre de membres du Groupe de travail *ad hoc* soit le plus restreint possible. Elle recommande de modifier le premier point de la section « invite » afin de supprimer les organisations régionales de métrologie de la composition du Groupe de travail *ad hoc*.

M. Gunn (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) remarque que l'établissement d'un Groupe de travail *ad hoc* qui présentera ses conclusions en 2012 est un pas en avant positif. Il recommande de préciser de façon explicite dans le dernier point du Projet de résolution N que les propositions d'actions seront présentées lors de la prochaine réunion de la CGPM.

Mme Heurley (France) soutient les propositions des Pays-Bas et du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord et déclare que la France pourrait retirer le Projet de résolution M si ces propositions sont acceptées.

M. Besley (Australie) émet quelques réserves concernant la proposition des Pays-Bas de ne pas mentionner les organisations régionales de métrologie dans le Projet de résolution N. Il observe qu'il serait difficile pour l'Australie de représenter les points de vue de tous les membres de l'Asia Pacific Metrology Programme (APMP). Ainsi, l'inclusion des organisations régionales de métrologie permettra au Groupe de travail *ad hoc* de connaître la position des régions.

M. Wayner (Canada) demande si le fait que le directeur du BIPM ne soit pas mentionné dans la composition du Groupe de travail qui examinera la gouvernance du BIPM est un oubli. Ce point est clarifié : le directeur du BIPM fera partie du Groupe de travail.

M. Kühne observe qu'il a été conclu lors de la réunion des représentants des États Parties à la Convention du Mètre en mai 2011 au siège du BIPM que le Groupe de travail *ad hoc* devrait être composé d'une dizaine de membres. Si les représentants des organisations régionales de métrologie devaient également participer au Groupe de travail *ad hoc*, le nombre de membres le composant serait beaucoup plus important.

Mme Chambon (France) indique que ce sont les États Parties à la Convention du Mètre qui participent au financement du BIPM et non les organisations régionales de métrologie. C'est pourquoi il revient aux États Parties à la Convention du Mètre, plutôt qu'aux organisations régionales de métrologie, de participer à l'examen de la gouvernance du BIPM.

M. Kaarls conclut que la proposition des Pays-Bas de ne pas mentionner les organisations régionales de métrologie dans le Projet de résolution N a le soutien de la majorité.

M. Bock (Suisse) déclare que la Suisse retirera le Projet de résolution K si le Projet de résolution N est accepté.

M. Gunn (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) ajoute que le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord retirera le Projet de résolution L si le Projet de résolution N est accepté.

M. Inglis observe que lorsque le Projet de résolution N a été présenté le lundi 18 octobre, une possible composition du Groupe de travail *ad hoc* (Afrique du Sud, Allemagne, Brésil, Chine, États-Unis d'Amérique, Fédération de Russie, France, Japon, Nouvelle-Zélande, Suisse et

Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) a été proposée. Il ajoute qu'il souhaite que les États qui feront partie du Groupe de travail *ad hoc* lui transmettent le nom des personnes qui les représenteront au sein de ce Groupe de travail. L'Uruguay a ultérieurement été ajouté comme État Membre versant la contribution minimum afin d'assurer un meilleur équilibre de la composition du Groupe de travail *ad hoc*.

Projets de résolution F1 à F4 « Sur l'exclusion des États Parties à la Convention du Mètre ayant des contributions arriérées depuis plus de six années »

Mme Heurley (France) déclare que la France souhaite que les Projets de résolution F1 à F4 soient adoptés selon le mode du consensus étant donné les répercussions diplomatiques de ces questions pour les États Membres.

M. Bock (Suisse) remarque que les dispositions de la Convention du Mètre indiquent très clairement quand le vote par consensus est requis. Ces dispositions doivent être strictement suivies lors de la procédure de vote concernant les Projets de résolution F1 à F4.

La délégation française précise que la Convention du Mètre ne contient pas de règles de vote et que la proposition de la France est une proposition d'opportunité compte tenu du caractère politique de la question de l'exclusion.

M. Kaarls indique qu'une nouvelle lettre a été reçue du gouvernement de la République dominicaine au sujet de l'accord de rééchelonnement prévu. La République dominicaine demande une prolongation du délai accordé pour le paiement de ses arriérés. M. Kaarls ajoute que la CGPM a discuté de la nécessité de traiter de façon équitable les quatre États ayant des contributions arriérées depuis plus de six ans. Il est proposé d'accorder un délai de 18 mois à chacun des quatre États débiteurs (République du Cameroun, République dominicaine, République islamique d'Iran et République populaire démocratique de Corée) afin qu'ils puissent conclure un accord de rééchelonnement avec le CIPM. Ce délai supplémentaire de 18 mois sera inclus aux Projets de résolution F1 à F4 et donnera à chacun des États la même possibilité de conclure un accord de rééchelonnement. Les versions amendées des Projets de résolution F1 à F4 seront distribuées aux délégués de la CGPM afin que la CGPM donne son approbation à cette extension de délai de 18 mois.

M. Gunn (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) observe que la Convention du Mètre dispose de règles claires concernant l'exclusion des États Parties à la Convention du Mètre et que ces règles devraient être suivies.

M. Freistetter (Autriche) ajoute que la République dominicaine devrait bénéficier d'un délai supplémentaire de 18 mois pour finaliser son accord de rééchelonnement mais que cela ne devrait pas être le cas pour les trois autres États étant donné qu'ils n'ont pris aucune mesure sérieuse pour négocier un accord de rééchelonnement. L'Autriche ne soutiendra donc pas le fait d'accorder un délai supplémentaire de 18 mois à la République du Cameroun, à la République islamique d'Iran et à la République populaire démocratique de Corée.

M. Gallagher (États-Unis d'Amérique) indique que les États-Unis d'Amérique ne s'opposent pas à la proposition de la France d'adopter les Projets de résolution F1 à F4 par consensus. Il remarque que la procédure d'exclusion doit être suivie activement car les règles afin de s'assurer qu'un État n'est pas en situation d'arriérés de façon indéfinie sont très claires dans la Convention du Mètre. Il souligne la nécessité de conclure un accord de rééchelonnement si un délai supplémentaire de 18 mois est accordé aux États débiteurs.

M. Kaarls souligne que la République du Cameroun, la République dominicaine, la République islamique d'Iran et la République populaire démocratique de Corée doivent être traitées de façon équitable. Toutefois, il doit être précisé clairement que si ces États débiteurs ne commencent pas à payer leurs arriérés dans un délai de 18 mois, ils seront exclus.

La Délégation canadienne observe que la lettre d'intention de la République dominicaine prévoyant la conclusion d'un accord de rééchelonnement ne suffit pas.

M. Bock (Suisse) déclare que la Suisse pourrait soutenir en principe les interventions de l'Autriche, du Canada et des États-Unis d'Amérique mais l'exclusion a une dimension politique. La Suisse est favorable à un délai supplémentaire de 18 mois mais une fois ce délai passé, l'exclusion doit être appliquée si un accord de rééchelonnement n'a pas été conclu. De plus, cela ne doit pas avoir de conséquence pour le BIPM à l'avenir. La délégation suisse propose d'ajouter la phrase suivante au Projet de résolution F : « compte tenu des circonstances particulières, il peut être renoncé à adapter la nouvelle dotation en raison de l'exclusion ».

M. Miki (Japon) s'inquiète de la proposition de soumettre les Projets de résolution F1 à F4 à une adoption sans vote contre. Il indique que le Japon ne peut approuver la proposition de la France car, selon la Convention du Mètre, seul le vote sur la dotation se fait par consensus sans vote contre. Une discussion est nécessaire sur la procédure de vote.

M. Wayner (Canada) observe que la proposition de changer la procédure de vote pour les Projets de résolution F1 à F4 est une question d'importance car elle s'écarte des dispositions de la Convention du Mètre. Il ajoute que le Canada préférerait adopter les Projets de Résolution F1 à F4 de la même façon que la dotation, sans vote contre.

Mme Heurley (France) précise que la délégation française ne souhaite pas créer un précédent diplomatique concernant l'exclusion d'États.

Projet de résolution I « Sur la révision de la mise en pratique de la définition du mètre et sur la mise au point de nouveaux étalons optiques de fréquence »

Le président du Comité consultatif des longueurs (CCL), M. Sacconi, présente brièvement le Projet de résolution I « Sur la révision de la mise en pratique de la définition du mètre et sur la mise au point de nouveaux étalons optiques de fréquence ».

Le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), à sa 15^e session (2001), prenant en considération les études sur les nouveaux étalons de fréquence et la possibilité que ces nouveaux étalons servent de fondement à une nouvelle définition de la seconde, a recommandé d'établir une liste de représentations secondaires de la seconde qui sera soumise à l'approbation du CCTF lors de ses réunions périodiques. De rapides progrès continuent d'être effectués dans la mise au point d'étalons optiques de fréquence et les incertitudes associées à ces étalons sont devenues au moins comparables à celle associée à la réalisation actuelle de la seconde, si ce n'est meilleures. Le Comité consultatif des longueurs (CCL) et le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) ont établi un groupe de travail commun afin d'examiner les bilans d'incertitudes des étalons proposés et d'évaluer leur validité, avant de recommander au CCTF de les ajouter à la liste des fréquences recommandées comme représentations secondaires de la seconde. Plusieurs ajouts à la liste commune des « valeurs recommandées de fréquences étalons destinées à la mise en pratique de la définition du mètre et aux représentations secondaires de la seconde » ont été adoptés par le CIPM en 2009 (Recommandation 2 - CI-2009).

Cette évolution soulève d'importantes questions techniques. Il est en particulier difficile de comparer les étalons de fréquence les plus performants à distance au moyen des techniques

existantes de comparaisons d'horloges par satellites. Le CCL et le CCTF encouragent donc les travaux de recherche sur les techniques les plus prometteuses afin que les échelles de temps calculées tirent parti des performances des étalons de fréquence optiques. Il est nécessaire d'améliorer les incertitudes associées aux comparaisons d'horloges par satellites actuelles d'un facteur cent approximativement pour pouvoir accéder aux performances propres des étalons optiques. Un certain nombre de solutions sont donc en cours d'étude. Afin de coordonner les travaux dans ce domaine, le CCTF a établi un groupe de travail sur la coordination de la mise au point de techniques avancées de comparaison de temps et de fréquences.

M. Sacconi termine sa présentation par la lecture du Projet de résolution I. Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Sacconi pour sa présentation.

Projet de résolution J « Sur l'adoption d'un système de référence terrestre commun »

Le président du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), M. Énard, donne lecture du Projet de résolution J « Sur l'adoption d'un système de référence terrestre commun ».

L'activité liée aux systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) augmente de façon considérable et au moins quatre systèmes de référence géodésiques sont actuellement utilisés comme systèmes de référence pouvant servir à effectuer des mesures à la surface de la Terre, ou à proximité. La prolifération des systèmes de référence pourrait nuire à l'interactivité et à l'interopérabilité des systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) et les fournisseurs de systèmes GNSS actuellement mis au point ou à venir (GPS, GLONASS, EGNOS, Galileo et Compass) ont déclaré leur intention d'utiliser des références géodésiques adaptées à chaque système et étroitement alignées sur le Système international de référence terrestre (ITRS), mis au point par le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence (IERS) et reconnu par l'Union astronomique internationale (UAI) en 2000. Un forum commun, le Comité international sur les systèmes mondiaux de navigation par satellite (ICG), a été mis en place par les Nations Unies afin d'assurer une meilleure communication entre les fournisseurs et les utilisateurs. Le CCTF collabore intensément avec l'ensemble de ces organismes. Étant donné qu'aucune organisation intergouvernementale concernée par les activités métrologiques soutenant les systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) n'a adopté jusqu'à présent l'ITRS, le CCTF a conseillé au CIPM, en 2009, de recommander à la CGPM, à sa 24^e réunion, de prendre cette initiative.

Quelques points éditoriaux mineurs font l'objet d'une discussion. M. Kühne conseille de discuter de ces points éditoriaux en dehors de la session plénière afin de dégager du temps pour discuter de questions fondamentales.

Le président de la réunion de la CGPM remercie M. Énard pour sa présentation.

Poursuite de la discussion sur les Projets de résolution F1 à F4 « Sur l'exclusion des États Parties à la Convention du Mètre ayant des contributions arriérées depuis plus de six années »

M. Kaarls présente la version modifiée des Projets de résolution F1 à F4 qui tient compte des commentaires formulés précédemment au cours de la réunion.

M. Mason (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) demande quelles seraient les conséquences si les Projets de résolution F1 à F4 n'étaient pas approuvés et si cela constituerait une dérogation aux dispositions de la Convention du Mètre. Il demande par ailleurs, dans le cas où les Projets de résolution F1 à F4 ne seraient pas adoptés, si la République du Cameroun, la République dominicaine, la République islamique d'Iran et la République

populaire démocratique de Corée seraient automatiquement exclues. Si tel est le cas, le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord soutient cette ligne d'action.

M. Kühne répond que la République dominicaine a annoncé qu'elle paierait ses arriérés et, par conséquent, ces fonds permettront de rembourser les avances faites par les autres États. En ce qui concerne les autres États, la République du Cameroun et la République islamique d'Iran ont indiqué avoir l'intention de rester Parties à la Convention du Mètre et prévoient de rééchelonner leurs dettes. Un délai de 18 mois devrait être accordé à ces États pour qu'ils puissent conclure un accord de rééchelonnement. Il est proposé d'exclure automatiquement ces États à la fin de ce délai accordé s'ils ne parviennent pas à conclure un accord. M. Kühne observe que si aucune mesure n'est prise, la situation relative aux États ayant des contributions arriérées depuis plus de six ans demeurera inchangée. Néanmoins, si ces États sont dès à présent exclus, sans qu'un dernier délai de 18 mois ne leur soit accordé, il sera très difficile pour le BIPM de recouvrer les arriérés.

La délégation des États-Unis d'Amérique a élaboré deux autres Projets de résolution sur l'exclusion des États Parties à la Convention du Mètre ayant des contributions arriérées depuis plus de six ans afin de clarifier la situation, sans avoir à prendre de décision drastique.

Il est recommandé dans la première version de suspendre les avantages et prérogatives des États Parties à la Convention du Mètre qui n'ont pas payé leur contribution depuis trois ans et de ne pas prendre en considération les contributions d'un État Partie dont les avantages et prérogatives sont suspendus lors du calcul des contributions. M. Bordé demande si cela impliquerait de modifier la Convention du Mètre. La délégation des États-Unis d'Amérique considère que cela ne conduirait à aucune modification de la Convention du Mètre.

M. Kühne observe que les suggestions de cette première version proposée ne traitent pas totalement de la question de l'exclusion. La délégation des États-Unis d'Amérique répond que les changements proposés ne concernent pas l'exclusion ; si un État Partie à la Convention du Mètre n'a pas payé ses contributions pendant trois années, la CGPM pourrait modifier les parts contributives. M. Kühne observe que cela est une interprétation erronée de l'article 20 du Règlement annexé à la Convention du Mètre et qu'elle ne peut être utilisée pour modifier la dotation. La délégation des États-Unis d'Amérique remarque qu'étant donné le désaccord sur l'interprétation juridique du premier Projet de résolution qu'elle propose, elle devrait présenter son second Projet afin que la CGPM puisse en discuter.

M. Bock (Suisse) demande si l'interprétation juridique est que la CGPM ne peut changer la dotation sur l'hypothèse que les quatre États Membres ayant des contributions arriérées depuis plus de six ans ne bénéficieront pas des activités du BIPM. La délégation des États-Unis d'Amérique suggère de suspendre les avantages et prérogatives des États débiteurs et de soustraire de la dotation le montant de leurs contributions. M. Bock observe que selon son interprétation, la Convention du Mètre fait seulement référence à la période entre les réunions de la CGPM. M. Kühne indique que le conseiller juridique du BIPM sera consulté à ce sujet.

M. Mason (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) observe qu'il n'est pas raisonnable de réduire la dotation car les quatre États qu'il est proposé d'exclure n'ont pas été États Membres actifs depuis une longue période. Lorsque la dotation a été fixée, il n'était pas envisagé que ces États s'acquittent de leurs contributions. La possibilité qu'ils soient exclus ne peut donc pas être utilisée pour réduire la dotation. Le mécanisme d'exclusion est une question distincte de celle des implications financières.

M. May (États-Unis d'Amérique) observe que les États-Unis d'Amérique souhaitent revenir à la discussion sur le deuxième Projet de résolution qu'ils proposent.

La délégation américaine observe que cette seconde version proposée par les États-Unis d'Amérique se fonde sur le texte du Projet de résolution F avec quelques changements mineurs. Il est suggéré de n'accorder qu'un délai supplémentaire de six mois à un État Membre ayant des contributions arriérées depuis plus de six ans pour conclure un accord de rééchelonnement avec le CIPM. Par ailleurs, les États débiteurs ne sont pas spécifiquement nommés dans cette version. À la fin du délai de six mois, si aucun accord de rééchelonnement n'a été conclu par l'État débiteur, ce dernier sera automatiquement exclu conformément aux dispositions de la Convention du Mètre. M. Kühne indique que la Notification des parts contributives pour l'année 2012 sera envoyée aux États Membres avant la fin de 2011, c'est pourquoi il n'est pas possible de donner un délai de six mois car cela affecterait l'exercice de l'année 2012. L'exclusion devrait prendre effet en 2013.

M. Wayner (Canada) note que prendre dès à présent des mesures permettrait d'éviter de devoir attendre une année supplémentaire avant de fixer des délais concernant l'exclusion. Le fait de fixer un délai de six mois permettrait de limiter l'accumulation de dettes supplémentaires. M. Kühne ajoute qu'il discutera de la possibilité de fixer dès à présent un délai avec le conseiller juridique du BIPM.

M. Freistetter (Autriche) indique qu'un accord de rééchelonnement n'est pas suffisant et qu'un premier paiement devrait également être effectué dans délai d'un an. Le directeur administratif et financier du BIPM rappelle que cette exigence est prévue dans le Projet de résolution G.

M. Shehata (Égypte) demande si une procédure est prévue dans le Système Qualité du BIPM concernant les retards de paiement. M. Kühne répond que la procédure d'exclusion a été définie par le CIPM dans la Résolution 8 (2007), ce qui a conduit à rédiger les Projets de résolution F1 à F4.

Les États-Unis d'Amérique proposent que la seconde version du Projet de résolution qu'ils soumettent (Projet de résolution O) remplace les Projets de résolution F1 à F4.

Aucune objection n'est faite.

23 Rapports des présidents des Comités consultatifs

23.1 Comité consultatif des longueurs

M. Sacconi, président du Comité consultatif des longueurs (CCL), présente son rapport sur les activités du CCL depuis la précédente réunion de la CGPM (2007). Le travail du CCL se concentre sur la définition et la réalisation du mètre, les mesures pratiques de longueur et d'angle, ainsi que les conseils apportés au CIPM dans le domaine de la métrologie des longueurs.

Concernant la composition du CCL, les changements majeurs depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007) ont été les suivants :

- nomination d'un nouveau président et d'un nouveau secrétaire exécutif ;
- admission de deux nouveaux membres : INMETRO (Brésil) et CEM (Espagne) ;
- admission d'un observateur : IPQ (Portugal) ;

- restructuration des Groupes de travail.

Outre le directeur du BIPM, le CCL compte actuellement 24 membres : A*STAR (Singapour), BEV (Autriche), CEM (Espagne), CENAM (Mexique), CMI (République tchèque), LNE (France), INMETRO (Brésil), INRIM (Italie), JILA (États-Unis d'Amérique), KRISS (République de Corée), METAS (Suisse), MIKES (Finlande), NIM (Chine), NIST (États-Unis d'Amérique), NMIA (Australie), NMIJ (Japon), NMISA (Afrique du Sud), NPL (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord), NRC-INMS (Canada), PTB (Allemagne), SMU (Slovaquie), UME (Turquie), VNIIM (Fédération de Russie) et VSL (Pays-Bas).

Structure des Groupes de travail du CCL

Suite à une recommandation du CIPM, le CCL a adopté en 2009 une nouvelle structure pour ses Groupes de travail.

Le Groupe de travail du CCL sur le CIPM MRA est en charge des activités précédemment effectuées par le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle : le Groupe de travail sur le CIPM MRA comprend le sous-groupe de travail sur les comparaisons clés qui assure la coordination des comparaisons clés, le sous-groupe de travail sur les CMCs qui gère les catégories de services et la conformité des CMCs avec les résultats des comparaisons clés, ainsi que le sous-groupe qui traite de la question des liaisons des résultats des comparaisons clés.

Le Groupe de travail du CCL sur la nanométrie dimensionnelle reprend les activités d'un ancien groupe de discussion sur la nanométrie qui a été dissous, et les déploie.

Le Groupe de travail du CCL sur la stratégie supervise la mise en place de la nouvelle structure concernant les Groupes de travail du CCL, se penche sur les activités de recherche et développement à long terme dans le domaine de la métrologie des longueurs, et propose des programmes à long terme concernant les activités à venir du CCL.

Le Groupe de travail commun au CCL et au Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) sur les étalons de fréquence reprend les missions et activités précédemment confiées au Groupe de travail sur la mise en pratique de la définition du mètre, en particulier celles concernant l'éventuelle redéfinition à venir de la seconde, parmi lesquelles figurent le maintien et la mise à jour de la liste des réalisations secondaires de la seconde.

Les Groupes de discussions, qui faisaient auparavant partie du Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle, font désormais partie du nouveau Groupe de travail sur le CIPM MRA et supervisent les échanges d'informations techniques selon les thèmes des comparaisons clés.

Les termes de référence des différents Groupes de travail du CCL sont présentés en détail dans le document [CIPM2009-11](#).

Réunions du CCL depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007)

- Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle INRIM, Turin, 24-25 septembre 2008
- Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence siège du BIPM, 2 juin 2009
- Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle siège du BIPM, 8-9 juin 2009

- CCL (14^e session) siège du BIPM, 10-11 juin 2009
- Groupe de travail sur la stratégie A*STAR, Singapour, 9 juin 2010
- Groupe de travail sur le CIPM MRA (y compris sous-groupe de travail sur la liaison des résultats des comparaisons clés et groupes de discussion) A*STAR, Singapour, 10-11 juin 2010
- Groupe de travail sur la nanométrie dimensionnelle A*STAR, Singapour, 10 juin 2011
- Groupe de travail sur le CIPM MRA METAS, Wabern, 6-7 octobre 2011

La réunion du Groupe de travail sur le CIPM MRA s'est tenue en même temps que la première Conférence sur la métrologie dimensionnelle intitulée « *Macroscale – Recent Developments in Traceable Dimensional Measurements* », organisée conjointement par le METAS et la PTB au METAS, Wabern, Suisse, du 4 au 6 octobre 2011 sous les auspices du CCL. Près de soixante-dix personnes ont participé à cette conférence au cours de laquelle une cinquantaine de communications ont été présentées.

Comparaisons clés du CCL

La première campagne de comparaisons clés du CCL est achevée et les résultats sont disponibles dans la KCDB. Les comparaisons clés du CCL sont les suivantes :

- K1 Cales de petites dimensions ;
- K2 Cales de grandes dimensions ;
- K3 Étalons d'angle ;
- K4 Étalons de diamètre ;
- K5 Étalons à gradins ;
- K6 Plaque à billes ;
- K7 Règles divisées ;
- K8 Étalons d'état de surface ;
- K11 Lasers faisant partie de la mise en pratique.

Il est à noter, en particulier :

- que les comparaisons K7 et K8 sont conduites en tant que comparaisons « CCL-RMOs »¹⁰ et qu'elles sont toujours partiellement en cours ;
- que la comparaison K11 était précédemment une comparaison clé du BIPM et qu'elle est organisée comme une comparaison en continu ;

¹⁰ Le CCL a créé une nouvelle sorte de comparaisons clés dites « CCL-RMOs ». Celles-ci sont organisées de manière comparable au schéma classique constitué d'une comparaison clé centrale du CCL à laquelle sont liées des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie (RMOs) pour le même mesurande. La comparaison clé centrale du CCL, qui comprendrait les laboratoires communs aux comparaisons des RMOs, est cependant virtuelle et n'est pas réalisée dans la pratique. En quelque sorte, la comparaison clé virtuelle du CCL et les comparaisons clés mises en œuvre par les organisations régionales de métrologie sont liées de façon structurelle. Ce schéma, efficace en termes de coût, a été appliqué avec succès aux comparaisons clés EURAMET.L-K4 et EURAMET.L-K7.

- que les comparaisons K1 et K2 seront combinées en une seule et même comparaison, K1, qui couvrira à la fois les cales de petites et grandes dimensions ;
- que la comparaison K6 sera abandonnée ; la question de savoir comment valider les CMCs fondées sur des machines à mesurer les coordonnées (CMM) est actuellement étudiée par le Groupe de discussion 6.

La première campagne des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie correspondant aux comparaisons K1 à K8 du CCL est terminée et leurs résultats publiés dans la KCDB.

Le CCL effectue sa seconde campagne de comparaisons clés, parmi lesquelles :

- CCL-K1.2011, cales de petites et grandes dimensions ;
- EURAMET.L-K1.2011, cales de petites et grandes dimensions (dont les résultats seront liés à ceux de CCL-K1.2011) ;
- EURAMET.L-K3.2009, étalons d'angle (conduite en tant que comparaison « CCL-RMOs »).

Un certain nombre de questions restent à résoudre avant d'achever la seconde campagne de comparaisons clés : il s'agit de trouver des laboratoires pilotes, ainsi que des étalons de transfert pour les comparaisons, ce dernier point constituant un problème financier.

Parmi les autres défis concernant le processus des comparaisons clés figurent les retards de publication des rapports, le suivi de l'avancée des comparaisons clés, la vérification des CMCs par rapport aux résultats des comparaisons effectuées, ainsi que le contrôle des actions correctives. Ces questions sont traitées par le Groupe de travail sur le CIPM MRA (et son sous-groupe de travail sur les CMCs) qui a rédigé à cet effet un nouveau document d'orientation (CCL WG-MRA-GD1: *Running of MRA comparisons in length metrology and monitoring their impact on CMCs*).

Groupe de travail sur la nanométrie dimensionnelle

Sur les six études pilotes menées avec succès dans le domaine de la nanométrie dimensionnelle, quatre sont terminées :

Étude pilote	Artefacts	Statut
Nano1	Largeur de traits (masque à dimension critique)	en cours
Nano2	Hauteurs de marches	terminée
Nano3	Règles divisées	terminée
Nano4	Réseaux à une dimension	terminée
Nano5	Réseaux à deux dimensions	terminée
Nano6	Largeurs de traits (monocristal à dimension critique)	en cours

Les rapports de certaines de ces études pilotes sont publiés dans la KCDB en tant que comparaisons supplémentaires du CCL, ce qui permet de fournir un premier noyau de résultats afin d'établir la traçabilité dans le domaine de la nanométrie.

Parmi les études à venir qui ont été proposées figurent les thèmes suivants :

- hauteurs de marches à l'échelle atomique ;

- rugosité surfacique à l'échelle sub-nanométrique ;
- mesures de la taille de nanoparticules ;
- pas de réseau à l'échelle sub-micrométrique profonde.

Groupes de discussion technique

Les Groupes de discussion sont un moyen de communiquer sur des sujets techniques dans les principaux domaines d'intérêt pour la métrologie dimensionnelle. Les Groupes de discussion ont pour objectifs de conseiller le CCL sur des sujets techniques liés aux comparaisons clés et aux CMCs, de promouvoir l'échange d'informations scientifiques au sein des réunions du CCL et de ses Groupes de travail, et d'étudier les nouvelles évolutions techniques dans des domaines spécifiques et en ce qui concerne les exigences en matière de traçabilité qui y sont liées.

Groupe de travail commun sur les étalons de fréquence

Le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence s'est réuni au siège du BIPM en juin 2009 afin de discuter des points suivants : termes de référence du Groupe de travail ; ajouts et mise à jour de la liste révisée des fréquences étalons destinées à la mise en pratique de la définition du mètre et aux représentations secondaires de la seconde ; rapport de la comparaison clé CCL-K11 ; éventuelle révision de la liste des radiations à publier dans *Metrologia*, ainsi que modification de sa structure et de son contenu ; et préparation des recommandations du Groupe de travail à présenter au CCL et au CCTF.

Défis dans le domaine de la métrologie dimensionnelle

Dans le domaine de la métrologie dimensionnelle, les nouveaux progrès et défis majeurs concernent aussi bien l'échelle kilométrique que celle nanométrique et comprennent notamment :

- l'interférométrie à longue distance et la télémétrie (y compris les applications des peignes de fréquence optique) ;
- la métrologie de structures larges dans le domaine de l'ingénierie de production ;
- la métrologie des mesures de coordonnées à capteurs multiples (tactiles, optiques) ;
- la tomographie à rayons x assistée par ordinateur à l'échelle micrométrique ;
- la métrologie des mesures de coordonnées à l'échelle micrométrique pour les microparticules ;
- la métrologie des surfaces de structures fonctionnelles (y compris les états de surface) ;
- la métrologie 3D à l'échelle nanométrique ;
- la métrologie des nanoparticules ;
- l'interférométrie haute résolution à des niveaux d'exactitude sub-nanométrique.

Le CCL a par ailleurs pour mission de préparer la redéfinition à venir des unités du SI qui présentent un intérêt dans le domaine des longueurs, de suivre l'émergence de nouveaux étalons optiques de fréquence et, de façon générale, de faciliter l'évolution de la métrologie. Ces défis permettent de cibler les stratégies à venir que le CCL devra adopter, telles que l'extension de ses responsabilités afin de couvrir de nouveaux domaines scientifiques et la définition des priorités concernant, entre autres, de nouvelles comparaisons clés afin de valider les CMCs.

Le président de la CGPM remercie M. Sacconi pour la présentation de son rapport.

23.2 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées

M. Tanaka, président du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), présente son rapport sur les activités du CCM depuis la précédente réunion de la CGPM (2007).

Le CCM a tenu sa 11^e session en avril 2008 et sa 12^e session en mars 2010.

Les activités depuis longtemps à l'ordre du jour du CCM sont l'aide à la coopération technique entre les laboratoires nationaux de métrologie membres du CCM et le BIPM pour l'amélioration des étalons de mesure dans le monde, ainsi que la mise en œuvre des comparaisons clés du CIPM MRA dans les domaines de la masse et des grandeurs apparentées. Au cours des sept années passées, le CCM a eu de nombreuses discussions sur la redéfinition de l'unité de masse et la dernière session du CCM a en particulier été consacrée à ce sujet ; les recommandations G 1 (2010) « Considérations sur une nouvelle définition du kilogramme » et G 2 (2010) « Au sujet de l'utilisation du prototype international du kilogramme afin de confirmer la traçabilité des prototypes du BIPM » ont été soumises au CIPM en 2010.

Le CCM compte actuellement douze Groupes de travail et deux sous-groupes engagés dans des activités techniques et administratives : il s'agit des Groupes de travail sur les étalons de masse, la masse volumique, la force, les hautes pressions, les basses pressions, la constante d'Avogadro, la dureté, les mesures de débit de fluide, la gravimétrie, la viscosité, les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages, la définition du kilogramme dans le SI, et des deux sous-groupe du Groupe de travail sur les étalons de masse : le sous-groupe 1 sur la métrologie de masse dans le vide pour la mise en pratique de la nouvelle définition du kilogramme et le sous-groupe 2 sur les composantes d'incertitude liées à la traçabilité au prototype international du kilogramme.

Le CCM a tenu deux réunions des présidents de ses Groupes de travail, en avril 2008 et en mars 2010, afin d'harmoniser les activités des Groupes de travail concernant les comparaisons clés.

Les délégués des comités techniques des organisations régionales de métrologie concernant la masse et les grandeurs apparentées, ainsi que les mesures de débit de fluides, ont été invités à assister aux réunions du CCM afin d'examiner ensemble les problèmes techniques liées aux activités menées au niveau régional. Le secrétaire exécutif du CCM coordonne ces activités et aide les présidents des Groupes de travail du CCM d'un point de vue administratif, en effectuant la liaison avec le BIPM et le CIPM.

Le projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro (IAC) a permis de faciliter la coopération internationale entre les laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM et le Groupe de travail du CCM sur la constante d'Avogadro concernant la détermination de cette constante et la redéfinition du kilogramme, à partir de cristal de silicium enrichi.

L'organisation du CCM a été modifiée depuis la précédente réunion de la CGPM (2007) :

- les sous-groupes de travail 1 et 2 du CCM ont été créés ;
- le projet IAC, qui avait commencé en octobre 2003, s'est achevé en mars 2011 ;
- de nouveaux présidents ont été nommés pour les Groupes de travail sur les hautes pressions, la viscosité, les mesures de débit de fluides et la gravimétrie ;

- un nouveau secrétaire exécutif du CCM a été nommé suite au changement de directeur du Département des masses du BIPM.

Étalons de masse

Le Groupe de travail du CCM sur les étalons de masse s'est réuni en avril 2008 et en mars 2010 au siège du BIPM afin de discuter des sujets suivants :

- les nouveaux comparateurs automatiques de masse (dans le vide), les mesures de masses élevées par rapport au kilogramme, les études sur les masses de l'ordre du microgramme et les nano-forces, les comparaisons de masse dans le vide, les techniques reproductibles de nettoyage des étalons de masse, la conservation des étalons dans le vide et dans un gaz inerte afin d'optimiser leur stabilité, le transfert de masses de l'air au vide, ainsi que les nouveaux matériaux pour les étalons de masse (afin de pouvoir utiliser ces derniers dans la balance du watt et les conserver dans le vide) ;
- la formule du CIPM de 2007 pour la détermination de la masse volumique de l'air, publiée dans *Metrologia* (*Metrologia*, 2008, **45**, 149). Du fait de la modification de la valeur calculée pour la masse volumique de l'air, les corrections pour la poussée de l'air appliquées aux comparaisons d'étalons en acier inoxydable et en platine iridié ont augmenté d'environ 7 microgrammes.

Les deux nouveaux sous-groupes du Groupe de travail du CCM sur les étalons de masse créés en 2007 ont travaillé sur la redéfinition du kilogramme : leurs conclusions sont présentées ci-après.

Le Groupe de travail sur les étalons de masse et ses sous-groupes de travail ont activement contribué à la discussion sur la redéfinition proposée du kilogramme et ont préparé les Recommandations G 1 (2010) et G 2 (2010) qui évoquent en particulier les conditions nécessaires pour adopter une nouvelle définition du kilogramme.

Le Groupe de travail sur les étalons de masse a organisé les comparaisons clés suivantes :

- la comparaison clé CCM.M-K3.1 (étalon en acier inoxydable de 50 kg, laboratoire pilote : LNE) qui a été mise en place pour un participant supplémentaire ;
- la comparaison clé CCM.M-K4 (étalon en acier inoxydable de 1 kg, laboratoire pilote : BIPM) dont le protocole est terminé ;
- la comparaison clé CCM.M-K5 (étalons en acier inoxydable de 2 kg, (1 kg), 200 g, 50 g, 1 g, 200 mg, laboratoire pilote : NMIJ) dont le projet B de rapport est en préparation ;
- la comparaison clé CCM.M-K6 (étalon en acier inoxydable de 50 kg, laboratoire pilote : CENAM) dont le protocole est terminé ;
- la comparaison clé CCM-M-K7 (étalons en acier inoxydable de 5 kg, 100 g, 10 g, 5 g, 500 mg) qui est à l'état de projet.

Masse volumique

Le Groupe de travail du CCM sur la masse volumique s'est réuni en avril 2008 au siège du BIPM et a discuté des sujets suivants : l'état d'avancement des comparaisons clés et supplémentaires ; l'acceptation des CMCs sur la masse volumique ; la clarification des rôles des formules du CIPM et de l'International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS) pour la détermination de la masse volumique de l'eau (*Metrologia*, 2009, **46**, 196-198) ; la nouvelle détermination de la masse volumique de l'eau en cours à la PTB, visant à améliorer la précision de la masse volumique des liquides de référence utilisés pour les

étalonnages, la détermination du volume des étalons de masse et la volumétrie en général ; la nouvelle formule du CIPM pour la détermination de la masse volumique de l'air (*Metrologia*, 2008, **45**, 149–155) ; la stratégie dans le domaine de la masse volumique ; ainsi que les termes de référence du Groupe de travail du CCM sur la masse volumique.

Le Groupe de travail sur la masse volumique gère les comparaisons clés suivantes :

- la comparaison clé CCM.D-K1 (sphère de silicium, 2300 kg/m³, laboratoire pilote : NMIJ) qui est achevée ;
- la comparaison clé CCM.D-K2 (étalon liquide de masse volumique, laboratoire pilote : PTB) dont le projet B de rapport est en préparation ;
- la comparaison clé CCM.D-K3 (étalon en acier inoxydable, laboratoire pilote : NMIJ) qui est à l'état de projet ;
- la comparaison clé CCM.D-K4 (hydromètres, laboratoire pilote : INRIM) dont les mesures sont en cours.

Le Groupe de travail sur la masse volumique a également discuté, lors de sa réunion de 2008, du programme stratégique nécessaire pour répondre aux besoins de l'industrie et de la société et, en particulier, des sujets suivants : les mesures de masse volumique à haute pression et haute température pour les économies d'énergie et les techniques environnementales, l'indice de réfraction de liquides pour l'industrie alimentaire et l'agriculture, les étalons liquides de masse volumique pour la mesure du volume d'un résonateur sphérique utilisé pour la détermination de la constante de Boltzmann, et les mesures de masse volumique de divers matériaux en biotechnologie.

Force

Le Groupe de travail du CCM sur la force s'est réuni en décembre 2007 au CENAM (Mexique) et en mars 2011 au NIM (Chine). Les discussions techniques ont porté sur les étalons de force, et en particulier sur l'amélioration de la stabilité et de la reproductibilité des capteurs de force, ainsi que sur les étalons de mesure de couple. Les premières comparaisons de mesures de couple ont récemment été achevées.

Le Groupe de travail sur la force a discuté de la fréquence des comparaisons clés de mesure de force et de couple et est parvenu à la conclusion que les comparaisons clés sont certes nécessaires pour étayer les déclarations de CMCs mais qu'elles ne pourront jamais couvrir le domaine complet des mesures de force et de couple. Toutefois, de nombreuses CMCs déclarées sont étayées par d'autres mesures ou par des résultats obtenus suite à des travaux de recherche, ainsi que par des comparaisons supplémentaires.

Le Groupe de travail sur la force déterminera la fréquence des comparaisons clés en fonction des progrès des équipements et des expériences de laboratoire. Il a été convenu qu'un intervalle de 15 ans était adapté pour les comparaisons de force à l'aide de machines de force étalon à poids mort.

Les activités à venir qui ont été envisagées concernent les mesures des forces faibles, les mesures des forces à composantes multiples, les comparaisons tenant compte de composantes parasites et la métrologie dynamique des forces. Concernant les mesures de couple, il est prévu de poursuivre les comparaisons clés dans le domaine situé en dessous de 500 N m, en particulier pour les couples de 20 N m et 50 N m.

Le Groupe de travail sur la force gère les comparaisons clés suivantes :

- les comparaisons clés CCM.F-K1.a (cellule de pesée jusqu'à 10 kN) et CCM.F-K1.b (cellule de pesée jusqu'à 5 kN) pilotées par le MIKES et approuvées pour l'équivalence, dont les résultats sont publiés dans la KCDB ;
- les comparaisons clés CCM.F-K2.a (cellule de pesée jusqu'à 100 kN) et CCM.F-K2.b (cellule de pesée jusqu'à 50 kN) pilotées par le NPL et approuvées pour l'équivalence, dont les résultats sont publiés dans la KCDB ;
- les comparaisons clés CCM.F-K3.a (cellule de pesée jusqu'à 1 MN) et CCM.F-K3.b (cellule de pesée jusqu'à 500 kN) pilotées par la PTB, dont le projet A de rapport est en préparation ;
- les comparaisons clés CCM.F-K4.a (cellule de pesée jusqu'à 4 MN) et CCM.F-K4.b (cellule de pesée jusqu'à 2 MN) pilotées par le NIST, dont le projet B de rapport est en préparation ;
- les comparaisons CCM.F-K5 à CCM.F-K22, organisées précédemment et approuvées pour l'équivalence provisoire.

Le Groupe de travail sur la force gère les comparaisons clés d'étalons de mesures de couple suivantes :

- la comparaison clé CCM.T-K1 (capteur de couple, 1 kN m, laboratoire pilote : PTB) approuvée pour l'équivalence, dont les résultats sont publiés dans la KCDB ;
- la comparaison clé CCM.T-K2 (capteur de couple, 20 kN m, laboratoire pilote : PTB), dont le projet A est accepté.

Le Groupe de travail sur la force gère les comparaisons clés d'étalons de mesures de couple suivantes consécutives à la comparaison clé CCM.T-K1 :

- la comparaison clé CCM.T-K1.1 (comparaison bilatérale, laboratoire pilote : PTB, participant : NPL, Inde), approuvée pour l'équivalence, dont les résultats sont publiés dans la KCDB ;
- la comparaison clé CCM.T-K1.2 (comparaison bilatérale, laboratoire pilote : PTB, participant : NIMT, Thaïlande), dont le projet A de rapport est en préparation.

Hautes pressions

Le Groupe de travail du CCM sur les hautes pressions s'est réuni au siège du BIPM le 21 avril 2008. M. Torres-Guzman a été élu pour succéder à M. Legras comme président du Groupe de travail du CCM sur les hautes pressions.

En mars 2007, il a été décidé lors de la réunion des présidents des Groupes de travail du CCM de fusionner les Groupes de travail sur les moyennes pressions et sur les hautes pressions en un nouveau Groupe de travail sur les hautes pressions.

Le groupe de travail sur les hautes pressions a organisé les comparaisons clés suivantes :

- la comparaison clé CCM.P-K13 (jauge à pression hydraulique, 500 MPa, laboratoire pilote : PTB), dont le projet B de rapport est terminé. La comparaison a été effectuée de décembre 2008 à mars 2010. Les projets A et B de rapport ont été préparés par la PTB, le laboratoire pilote. Les résultats de cette comparaison ont été présentés lors de la 5^e Conférence internationale du CCM sur la métrologie des pressions en mai 2011 ;
- une comparaison dans le domaine de pression allant de 1 Pa à 10 kPa, que le NIST est prêt à piloter. Neuf laboratoires nationaux de métrologie (A*STAR, CENAM, CMI, KRIS, LNE,

NIST, NMIJ, PTB et VNIIM) ont fait part de leur intérêt à participer à cette comparaison, ce qui a été confirmé par leur organisation régionale respective. Il est prévu que cette comparaison débute en 2011 ou 2012.

L'EURAMET, l'APMP, COOMET et le SIM ont effectué plusieurs comparaisons clés et supplémentaires au niveau régional. Les rapports de ces comparaisons doivent être approuvés et la plupart des membres du Groupe de travail sur les hautes pressions ont travaillé à leur examen. La majorité de ces rapports sont désormais placés dans la KCDB.

Basses pressions

Le Groupe de travail du CCM sur les basses pressions s'est réuni au siège du BIPM en avril 2008.

Les termes de référence de ce Groupe de travail ont été définis. Étant donné qu'il a été mis fin au Groupe de travail sur les moyennes pressions, le Groupe de travail sur les basses pressions et celui sur les hautes pressions se sont mis d'accord concernant la répartition des activités du Groupe dissous. L'organisation des comparaisons entre 1 kPa and 100 kPa sera convenue entre les deux Groupes de travail, en fonction de l'intérêt qu'elles présentent et des étalons primaires et de transfert impliqués.

Le Groupe de travail sur les basses pressions a par ailleurs discuté d'une procédure de sélection des participants aux comparaisons clés et de la façon de déclarer précisément les CMCs pour les rendre plus faciles à utiliser.

L'étalonnage des étalons de fuite gazeuse par rapport à la pression atmosphérique est un domaine émergent. Plusieurs membres ont établis de nouveaux étalons de mesure dans ce domaine depuis 2007.

Le groupe de travail sur les basses pressions gère les comparaisons clés suivantes :

- la comparaison clé CCM.P-K3 (jauges à ionisation, jauges à rotor tournant, entre 3×10^{-6} Pa et 9×10^{-3} Pa, laboratoire pilote : NIST) approuvée pour l'équivalence, dont les résultats sont publiés dans la KCDB ;
- la comparaison clé CCM.P-K3.1 (consécutive à la comparaison K3, participants : PTB et NIST, laboratoire pilote : NIST), dont le protocole est terminé.

Les comparaisons suivantes devraient être terminées prochainement :

- la comparaison clé CCM.P-K12 (fuite de référence d'hélium, à 3×10^{-11} mol/s et 10^{-13} mol/s, laboratoire pilote : PTB), dont le projet B de rapport est en préparation ;
- la comparaison clé CCM.P-K14 (jauges à rotor tournant, entre 1×10^{-6} Pa et 1 Pa, laboratoire pilote : METAS), dont le projet A de rapport est en préparation.

La prochaine comparaison clé dans le domaine de mesure entre 1 Pa et 10 kPa, qui sera pilotée par le NIST, a été programmée.

Projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro

La constante d'Avogadro est une grandeur qui joue un rôle essentiel dans l'effort international de redéfinition du kilogramme à partir d'une constante physique fondamentale. La définition dite « à constante explicite » proposée pour la nouvelle définition à venir du kilogramme fournit la valeur numérique fixée de la constante de Planck h . Au moment de la redéfinition de l'unité de masse, la valeur de h sera exactement connue et aura une incertitude relative zéro. L'incertitude

relative précédemment associée à h sera transférée au prototype international du kilogramme qui a actuellement une incertitude zéro, conformément à la présente définition de l'unité de masse. Il est souhaitable que les mesures expérimentales en cours visant à déterminer h atteignent une incertitude relative inférieure à 20×10^{-9} , afin de ne pas perturber le système actuel de métrologie des masses lorsque la nouvelle définition du kilogramme sera adoptée.

Il est important de noter que le projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro (IAC) qui a pour mission de déterminer la valeur numérique de la constante d'Avogadro, N_A , fournit également une estimation de h avec sensiblement la même incertitude relative que pour N_A . Cette détermination de la valeur de h est indépendante des autres méthodes. Le projet IAC a récemment publié un nouveau résultat (*Phys. Rev. Lett.*, 2011, **106**, 030801), $N_A = 6,022\,140\,82(18) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ (incertitude relative de 30×10^{-9}), et l'estimation de la valeur de h calculée à partir de ce résultat est la plus exacte obtenue à ce jour. Toutefois, la valeur de h dérivée de résultats récemment publiés diffère de 160×10^{-9} de la valeur de h recommandée par la CODATA en 2006, fondée principalement sur les résultats obtenus à partir des expériences de la balance du watt. Des études visant à expliquer ces différences ont été entreprises par l'ensemble des parties intéressées. Il semble que les résultats obtenus à partir des balances du watt du NIST (2007) et du NPL (2010) soient quelque peu différents.

Concernant les travaux sur la constante d'Avogadro, l'expérience visant à déterminer la valeur de N_A consiste à compter le nombre d'atomes contenu dans un cristal, d'une masse nominale de 1 kg, en silicium enrichi (isotope ^{28}Si). Une fois le nombre d'atomes obtenu, la valeur de N_A est dérivée de la masse du cristal (par rapport à la définition actuelle du kilogramme) et d'une détermination de la masse molaire. Ce modèle simplifié est modifié en fonction des petites imperfections du cristal utilisé pour l'expérience. Des progrès remarquables ont été effectués en utilisant la spectrométrie de masse par dilution isotopique pour déterminer la masse molaire. Du fait d'une contamination métallique imprévue de la couche d'oxyde à la surface des sphères, l'incertitude de mesure actuelle est de 3×10^{-8} , ce qui correspond à une fois et demi l'incertitude cible à atteindre.

Dans le cadre de la détermination de la constante d'Avogadro, des projets internationaux se sont achevés avec succès : le projet de l'EURAMET le 31 janvier 2011 et le projet IAC le 23 mars 2011. Le projet de l'EURAMET ne sera pas prolongé. Compte tenu des résultats obtenus jusqu'à présent et de l'état d'avancement des expériences de la balance du watt, les activités visant à déterminer la constante d'Avogadro seront poursuivies par la PTB, le NMIJ, l'INRIM et le BIPM afin d'obtenir l'incertitude cible d'ici deux à trois ans. Le Groupe de travail du CCM sur la constante d'Avogadro continuera à coordonner les activités à venir.

L'IAC et le Groupe de travail sur la constante d'Avogadro se réunissent tous les ans et des réunions intermédiaires ont eu lieu à sept reprises ces quatre dernières années afin de discuter de points techniques. Le projet IAC a bénéficié de fonds supplémentaires en juin 2007, ce qui a permis de prolonger le projet d'octobre 2009 au 23 mars 2011.

Dureté

Le Groupe de travail du CCM sur la dureté s'est réuni au NMIJ (Japon) en novembre 2007 et en septembre 2009, au MPA-Garbsen (Allemagne) en septembre 2008, et au NIMT (Thaïlande) en novembre 2010.

Suite à l'adoption de la nouvelle définition de l'échelle de dureté de Rockwell C (HRC) par les laboratoires nationaux de métrologie, le Groupe de travail sur la dureté a commencé à préparer

de nouvelles définitions pour les autres échelles de Rockwell, ainsi que pour les échelles de Brinell et Vickers.

Le Groupe de travail sur la dureté a géré les comparaisons clés suivantes :

- la comparaison clé CCM.H-K2 (bloc d'essai de dureté, échelle de dureté de Brinell), dont le projet B de rapport est en préparation. De nouvelles mesures ont été nécessaires pour résoudre des problèmes liés à un paramètre non défini dans le protocole technique ;
- la comparaison clé CCM.H-K3 (bloc d'essai de dureté, échelle de dureté de Rockwell C) à l'état de projet. Le protocole technique a été préparé et quatre laboratoires pilotes ont procédé à des mesures préliminaires. Il est prévu que cette comparaison débute avant la fin de l'année 2011.

Une étude pilote sur les pénétrateurs de Rockwell à tête de diamant a été organisée : des mesures sont en cours et devraient s'achever fin 2011.

Mesures de débit de fluides

Le Groupe de travail du CCM sur les mesures de débit de fluides se réunit en général en même temps que des conférences annuelles sur les mesures de débit : il s'est ainsi réuni à Johannesburg (Afrique du Sud) en 2007, au siège du BIPM en 2008, à Anchorage (États-Unis d'Amérique) en 2009, et à Taipei (Taipei chinois) en 2010. Le Groupe de travail sur les mesures de débit de fluide compte 22 membres et est présidé par M. Wright, élu en octobre 2010.

La première campagne de sept comparaisons clés du CCM sur les mesures de débit de fluides s'est achevée en 2008. Les comparaisons ont couvert les domaines suivants : le débit de l'eau, le débit d'hydrocarbures liquides, la vitesse d'écoulement de l'air, le volume de liquides, le débit de gaz à haute pression et à basse pression, ainsi que d'autres grandeurs liées à la mesure de grandes quantités de ressources importantes ayant un impact sur le commerce, telles que le pétrole, le gaz naturel et l'eau chaude.

Des laboratoires se sont portés volontaires pour piloter les comparaisons d'une seconde campagne de huit comparaisons clés du CCM.

Parmi les problèmes rencontrés par le Groupe de travail sur les mesures de débit de fluides et les avancées techniques réalisées figurent :

- la durée et le coût des comparaisons clés : les comparaisons clés de la première campagne ont été effectuées sur une durée moyenne de six ans et ont représenté plus de 100 000 dollars chacune en coût d'équipement, et autant en coût de personnel. L'expérience, l'utilisation de modèles et la réutilisation des équipements devraient réduire les coûts. Le fait que des laboratoires se portent volontaires pour piloter des comparaisons clés est une aide précieuse pour ces activités.
- l'uniformité et la maintenance des CMCs : les laboratoires commerciaux examinés par les organismes d'accréditation appliquent de façon diverse l'analyse des incertitudes et certains laboratoires secondaires sont accrédités pour des incertitudes inférieures à celles des laboratoires nationaux de métrologie. Le Groupe de travail sur les mesures de débit de fluides travaille à quantifier les incertitudes dues au « dispositif soumis à mesure » et à approuver ces valeurs, il met à jour les CMCs associées et établit des listes de vérification de l'incertitude destinées aux assesseurs.
- les améliorations apportées aux étalons de transfert : les comparaisons clés ont conduit à étudier la sensibilité des étalons de transfert par rapport aux conditions environnementales et

à appliquer des corrections. Les laboratoires pilotes des comparaisons clés ont mis au point des étalons de transfert qui présentent une stabilité d'étalonnage de 0,05 % pour le débit de gaz et de 0,02 % pour le débit de liquides, c'est-à-dire la meilleure stabilité jamais atteinte. Le Groupe de travail sur les mesures de débit de fluides s'emploie à élargir le champ d'application de ses étalons de transfert, en utilisant par exemple le même compteur pour les comparaisons de débit d'eau et de débit d'hydrocarbures liquides.

Gravimétrie

Le Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie s'est réuni en juin 2010 au VNIIM (Fédération de Russie), en même temps que le Groupe d'étude 2.1.1 de l'Association internationale de géodésie (AIG). Le Groupe de travail sur la gravimétrie est présidé par M. Vitushkin, précédemment membre du personnel du BIPM, dont la nomination a été officiellement approuvée par le VNIIM.

La 8^e comparaison internationale de gravimètres absolus (ICAG-2009) s'est tenue au siège du BIPM en septembre 2009 et s'est déroulée en deux parties : la comparaison clé CCM.G-K1 fondée sur onze gravimètres de laboratoires nationaux de métrologie ou laboratoires désignés, et une étude pilote fondée sur dix gravimètres d'autres participants. Un nouveau type de gravimètre absolu, un gravimètre absolu à atomes refroidis du SYRTE (France), a participé à l'ICAG-2009. Les projets A et B de rapport sont en cours de préparation.

Il a été mis fin à l'activité de gravimétrie du BIPM. En 2010, le CIPM a demandé aux membres du Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie et au Groupe d'étude 2.1.1 de l'Association internationale de géodésie (AIG) si certains pouvaient proposer des sites où se dérouleraient les prochaines comparaisons internationales de gravimètres absolus. Trois sites ont été proposés pour les comparaisons de 2013, 2017 et 2021 : le Laboratoire de géophysique à Walferdange (Luxembourg), avec le soutien technique du METAS ; le Changping Campus du NIM (Chine) ; et le site Lomonosov du VNIIM (Fédération de Russie). Le Groupe de travail sur la gravimétrie a accepté la proposition du Laboratoire de géophysique à Walferdange pour la comparaison clé du CCM en gravimétrie qui sera organisée en 2013.

Actuellement, environ 60 gravimètres absolus du commerce qui ne sont pas étalonnés fonctionnent dans le monde et l'intérêt pour participer aux comparaisons internationales de gravimètres absolus croît. En effet, le seul moyen de déterminer l'exactitude d'un gravimètre absolu est de participer à une comparaison ICAG. Trois laboratoires ont déclaré une CMC en gravimétrie mais, dans la pratique, le service d'étalonnage de gravimètres absolus ne fonctionne pas encore suffisamment bien.

L'un des principaux objectifs du Groupe de travail sur la gravimétrie est de préparer des recommandations pour l'organisation des comparaisons de gravimètres absolus, qui devront être acceptées à la fois par la communauté de la métrologie et par celle de la géodésie/géophysique. Lors d'une session à huis clos qui s'est tenue en février 2010 au BKG (Allemagne), il a été proposé de fonder les recommandations sur les documents du CIPM MRA et sur l'expérience acquise lors des huit comparaisons ICAG qui ont été organisées au siège du BIPM.

Viscosité

Le Groupe de travail du CCM sur la viscosité s'est réuni en mai 2008 au siège du BIPM.

Le Groupe de travail a discuté de la simplification de la liste des CMCs et les critères proposés ont été acceptés. Il a également discuté du domaine de température permettant de déclarer des CMCs et a conclu que seul celui couvert par les comparaisons était valable. Il en va de même

pour le domaine de viscosité. Il a été convenu que l'échelle de viscosité devait être revue régulièrement, tous les dix ans environ, à commencer par la viscosité de l'eau.

Le groupe de travail sur la viscosité gère la comparaison clé CCM.V-K2 (mesures de viscosité de liquides étalons, 1300 mm²/s à 20 °C, 150 mm²/s à 60 °C et 40 mm²/s à 100 °C, laboratoire pilote : CANNON, États-Unis d'Amérique) approuvée pour l'équivalence, dont les résultats sont publiés dans la KCDB.

Dans le cadre de la comparaison de suivi consécutive à la comparaison clé CCM.V-K2 (mesures à 100 °C), une collaboration supplémentaire a été proposée afin d'étudier différents problèmes techniques tels que la stabilité de la température et la méthode de remplissage des viscosimètres. Le Groupe de travail a recommandé de prévoir une nouvelle comparaison clé pour des températures comprises entre 20 °C et 25 °C, couvrant tous les domaines de viscosité de moins de 1 mm²/s à 105 mm²/s. Concernant les mesures de viscosité absolue, il a été proposé d'utiliser des viscosimètres rotatifs et des fluides non newtoniens afin de répondre aux besoins émergents de l'industrie. Le Groupe de travail sur la viscosité a par ailleurs discuté des mesures de viscosité à haute pression jusqu'à 200 MPa et à haute température jusqu'à 200 °C.

M. Bauer, président du Groupe de travail du CCM sur la viscosité, a démissionné de ses fonctions et M. Wolf (PTB) lui a succédé.

Sous-groupe de travail 1 : Métrologie de masse dans le vide pour la mise en pratique du kilogramme

Les termes de référence du sous-groupe de travail 1 sont d'évaluer les résultats obtenus par les expériences de la balance du watt et la détermination de la constante d'Avogadro, concernant en particulier la métrologie des masses dans le vide, d'identifier les conditions requises en métrologie des masses pour la réalisation pratique de la nouvelle définition du kilogramme, d'étudier si les étalons utilisés pour déterminer la constante de Planck et la constante d'Avogadro sont adaptés pour la conservation et la dissémination de l'unité de masse, d'organiser des comparaisons internationales de masses dans le vide et d'en évaluer les résultats, ainsi que d'identifier et d'évaluer, en coopération avec le sous-groupe de travail 2, l'incertitude associée à la mise en pratique du kilogramme, une fois qu'une nouvelle définition aura été proposée à la CGPM.

M. Borys, PTB, est le président du sous-groupe de travail 1 du CCM depuis avril 2008. Le sous-groupe 1 s'est réuni en avril 2008 et en mars 2010 afin de discuter :

- du statut des résultats et des discussions concernant la redéfinition du kilogramme et la mise en pratique ;
- des mesures de comparaison des masses d'essai de la balance du watt et des sphères de silicium du projet IAC ;
- des conditions requises pour la métrologie des masses dans le vide ;
- des activités et projets des membres du sous-groupe 1 dans le domaine de la métrologie des masses dans le vide et des études de surface ;
- des projets actuels et à venir des organisations régionales de métrologie concernant le travail du sous-groupe 1 ;
- de la comparaison du sous-groupe 1 de transfert de masses de l'air dans le vide et de la détermination de la masse dans le vide.

Parmi les questions techniques importantes traitées par le sous-groupe 1 figurent : la première comparaison du sous-groupe 1 de transfert de masses de l'air dans le vide, qui permettra d'élaborer un protocole adéquat et donnera l'occasion à l'ensemble des membres du sous-groupe 1 d'acquérir de l'expérience dans la détermination de la masse dans des conditions de vide ; le transfert de l'air au vide ; et la détermination des coefficients de sorption.

Les composantes d'incertitude associées aux déterminations de masse dans le vide de l'expérience de la balance du watt et du projet Avogadro constituent moins de 10 % des incertitudes totales publiées concernant la détermination de la constante de Planck et de la constante d'Avogadro. Des mesures effectuées avec des étalons utilisés pour les expériences de la balance du watt montrent un excellent accord et une excellente stabilité pour les étalons de masse en silicium, une stabilité satisfaisante pour les étalons de masse en acier inoxydable et une dérive importante pour les étalons en or et en cuivre. Des comparaisons de masse avec des sphères de silicium utilisées pour le projet Avogadro ont montré qu'il était possible d'atteindre des incertitudes-types liées à la correction de sorption pour les masses de référence dans le vide de moins de 10 µg en fonction des propriétés des artefacts de sorption utilisés. Les incertitudes les plus faibles, d'environ 1 µg, ont été obtenues avec des artefacts de sorption en platine iridié. Des incertitudes-types situées entre 5,5 µg et 17 µg ont été obtenues pour la détermination de la masse de sphères de silicium dans le vide, les mesures présentant un accord de l'ordre de 10 µg entre les participants. La reproductibilité d'une méthode de nettoyage approuvée pour les sphères de silicium est de l'ordre de quelques microgrammes.

Sous-groupe de travail 2 : Composantes d'incertitude dues à la traçabilité au prototype international du kilogramme

Le sous-groupe de travail 2 a été établi en 2008 ; M. Nielsen, DFM, en est le président. Selon ses termes de référence, le sous-groupe 2 présente au CCM et à son Groupe de travail sur les étalons de masse le résultat de son travail sur les sujets suivants : l'incertitude actuelle à laquelle l'unité de masse peut être disséminée depuis le prototype international vers les prototypes nationaux ; les méthodes d'évaluation des corrélations entre les valeurs de masse mesurées des prototypes du kilogramme ; la formulation de recommandations pour l'organisation de mesures supplémentaires qui permettraient d'améliorer l'évaluation de l'incertitude (ces mesures pourraient nécessiter d'utiliser le prototype international du kilogramme et ses témoins) ; ainsi que l'identification et l'évaluation, en coopération avec le sous-groupe 1, des composantes d'incertitude inhérentes à la mise en pratique de l'unité de masse, une fois qu'une nouvelle définition du kilogramme sera proposée à la CGPM.

Une première réunion du sous-groupe 2 s'est tenue au siège du BIPM en avril 2008. Il a été décidé d'étudier les données de toutes les comparaisons effectuées au siège du BIPM entre le prototype international du kilogramme, ses six témoins et les onze étalons de masse en platine iridié de 1 kg du BIPM. L'analyse des comparaisons conduites entre 1885 et 1992 a été présentée lors d'une réunion du sous-groupe 2, le 23 mars 2010, et l'analyse complète couvrant la période 1885-2009, le 9 mai 2011. Cette analyse prévoit que des valeurs de masse traçables au prototype international du kilogramme pourraient être assignées aux étalons du BIPM avec une incertitude-type de 0,005 mg. Il a été recommandé de vérifier cette valeur en effectuant des comparaisons directe à partir du prototype international du kilogramme.

Aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages

Les termes de référence du Groupe de travail sur les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages suivent les recommandations du CIPM ([CIPM MRA-D-04](#)), bien qu'il ait été

décidé, dès la création du Groupe de travail, que celui-ci ne conduirait pas d'examen interrégional des CMCs du fait des nombreuses grandeurs couvertes par le CCM. Les membres du Groupe de travail sur les CMCs comprennent les présidents (ou équivalents) des comités techniques sur la masse et sur les mesures de débit de fluide des organisations régionales de métrologie, ainsi que tous les présidents des Groupes de travail du CCM impliqués dans les activités mises en œuvre dans le cadre du CIPM MRA.

Dans la pratique, les déclarations de CMCs pour la masse et les grandeurs apparentées sont efficacement examinées par les comités techniques sur la masse et les grandeurs apparentées et sur les mesures de débit de fluide des organisations régionales de métrologie. Tout problème concernant spécifiquement les CMCs est signalé au Groupe de travail sur les CMCs et traité par le Groupe de travail ou par le secrétaire exécutif du JCRB. Depuis 2007, le Groupe de travail sur les CMCs a ainsi traité dix problèmes spécifiques en matière de CMCs en masse, masse volumique et force.

Un document d'orientation sur les comparaisons étayant les CMCs a été rédigé mais, dans la pratique, ce sont généralement les critères plus larges pour étayer les CMCs donnés dans le document CIPM MRA-D-04 qui sont appliqués en raison du problème de la non-disponibilité des résultats des comparaisons clés au moment opportun.

La liste des services dans le domaine de la masse et des grandeurs apparentées a été examinée afin de la rendre plus facilement utilisable. Il a été décidé suite à cet examen de restreindre la liste des services à ceux généralement proposés par les laboratoires nationaux de métrologie, de conserver la structure actuelle de la liste, d'ajouter des instruments et artefacts spécifiques lorsque cela aide à estimer la meilleure incertitude possible associée au dispositif testé, et d'accepter pour les laboratoires nationaux de métrologie des pays en développement certaines déclarations de CMCs pour quelques services qui ne sont généralement pas fournis par des laboratoires nationaux de métrologie mais plutôt par des sociétés privées d'étalonnage.

Réunion des présidents des Groupes de travail du CCM

Les présidents des Groupes de travail du CCM se sont réunis en avril 2008 au siège du BIPM et ont entériné l'état d'avancement des comparaisons clés présentées. Les présidents ont par ailleurs discuté de la périodicité des comparaisons clés, ainsi que des termes de référence et des nouveaux domaines techniques de chacun des Groupes de travail du CCM. Il a été proposé d'améliorer le processus d'examen des comparaisons clés du CCM et des organisations régionales de métrologie de sorte que chaque rapport de comparaison clé soit examiné par deux personnes, le président du Groupe de travail et un membre d'un autre Groupe de travail, sélectionné par le secrétaire exécutif du CCM en concertation avec les présidents des Groupes de travail du CCM. Des présentations sur la stratégie du CCM ont été faites par les présidents des Groupes de travail et il a été noté que les feuilles de route de l'EURAMET constitueraient une base utile pour établir la stratégie du CCM dans les domaines techniques. L'initiative du CIPM dans le domaine de la métrologie des matériaux a été présentée et discutée.

Groupe de travail du CCM sur la définition du kilogramme dans le SI

Les termes de référence du Groupe de travail du CCM sur la définition du kilogramme dans le SI, présidé par M. Richard, METAS, sont les suivants :

- conseiller le CCM sur les questions liées à la redéfinition du kilogramme ;
- examiner l'impact sur la métrologie des masses d'une nouvelle définition du kilogramme (et de sa mise en pratique) ;

- suivre les résultats des expériences pertinentes et les progrès effectués par les différents projets (individuels, régionaux et internationaux) visant à déterminer comment parvenir à la meilleure réalisation d'une masse de 1 kg ;
- recueillir et analyser les commentaires de la communauté scientifique au sens large concernant la formulation de la définition à venir du kilogramme ;
- coordonner et soutenir les activités menées au niveau régional par les sous-groupes de travail du CCM.

Le Groupe de travail sur la définition du kilogramme dans le SI s'est réuni en avril 2008 et en mars 2010 afin :

- d'examiner les résultats des expériences de la balance du watt et des mesures de masse volumique de cristaux par rayons x ;
- de discuter de la formulation de la nouvelle définition du kilogramme proposée par le CCU ;
- de contribuer à la rédaction des Recommandations G 1 (2010) et G 2 (2010) du CCM ;
- de rédiger la première version du projet de mise en pratique de la nouvelle définition du kilogramme.

Le président de la CGPM remercie M. Tanaka pour la présentation de son rapport.

23.3 Comité consultatif d'électricité et magnétisme

M. Inglis, président du Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), présente son rapport et indique que le CCEM s'est réuni deux fois depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007) : les 12 et 13 mars 2009 et les 17 et 18 mars 2011. Les Groupes de travail du CCEM, qui conduisent la plus grande part du travail du CCEM et présentent un rapport de leurs activités au CCEM, se sont réunis en mars 2009, en juin 2010 et en mars 2011. Le CCEM examine de façon régulière les travaux entrepris par ses Groupes de travail afin de s'assurer de leur pertinence par rapport à la mission qui lui est confiée par le CIPM. Depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007), il a été mis fin à deux Groupes de travail : le Groupe de travail sur les mesures en courant alternatif de la résistance de Hall quantifiée et celui sur la stratégie. Ces deux Groupes de travail ont été très utiles et ont rempli leur mission, c'est pourquoi le CCEM a décidé de mettre un terme à leurs activités. Il a néanmoins été reconnu que des comités *ad hoc* pourraient être mis en place, si nécessaire, afin d'étudier des questions spécifiques au travail de ces deux Groupes de travail. Concernant le Groupe de travail sur les mesures en courant alternatif de la résistance de Hall quantifiée, un compendium sur l'état des connaissances dans ce domaine a été publié dans *Metrologia*.

Le CCEM comprend ainsi cinq Groupes de travail actifs : le Groupe de travail pour les grandeurs aux basses fréquences, le Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences, le Groupe de travail sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme, le Groupe de travail pour la coordination des organisations régionales de métrologie, et le Groupe de travail sur les propositions de modifications à apporter au SI.

Redéfinition des unités

La principale mission du Groupe de travail sur les propositions de modifications à apporter au SI est d'examiner les propositions concernant la redéfinition des unités, en particulier celles

concernant les unités électriques, et de conseiller le CCEM à ce sujet. Les recommandations de ce Groupe de travail ont été discutées par le CCEM et les conclusions du CCEM à ce sujet ont été prises en considération dans le Projet de résolution A proposé par le CCU. Un projet de mise en pratique pour l'ampère et les autres unités électriques du SI a aussi été approuvé, en principe, par le CCEM.

Planification stratégique

La planification stratégique est l'une des missions essentielles des Comités consultatifs, c'est pourquoi le CCEM a pris l'initiative, il y a quelques années, d'établir un Groupe de travail sur la stratégie. L'objectif de ce Groupe de travail est d'identifier les défis métrologiques à long terme qui soulèveront des questions dans le domaine de l'électricité et du magnétisme, en gardant à l'esprit le fait que nombre de ces défis couvriront probablement plusieurs domaines métrologiques et impliqueront d'autres Comités consultatifs. Suite à ce travail de planification, un rapport intitulé « Big Problems in Electromagnetics » a été rédigé : ce document aidera le BIPM ainsi que les laboratoires nationaux de métrologie à élaborer leur planification stratégique. Le CCEM considère qu'à l'avenir, le besoin de considérer les programmes de travail sous une approche multidisciplinaire sera de plus en plus fort, pour le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie, et qu'il faudra de plus en plus mettre l'accent sur la collaboration.

Le Groupe de travail sur la stratégie a identifié, dans son rapport « Big Problems in Electromagnetics », un certain nombre de « problèmes majeurs » dans le domaine de l'électromagnétisme que le CCEM devra étudier. Le CCEM a sélectionné deux de ces « grands problèmes », à savoir les systèmes monoélectroniques et ceux monophotoniques, et a établi deux sous-groupes de travail afin d'identifier les possibilités de coopération avec d'autres Comités consultatifs et afin d'étudier plus avant ces domaines.

Le CIPM ayant demandé d'examiner la question de savoir si le CCEM devait avoir un rôle plus actif dans le domaine de la métrologie des matériaux, le CCEM a établi un sous-groupe de travail pour déterminer s'il était nécessaire de créer un Groupe de travail afin d'étudier les mesures des propriétés électromagnétiques des matériaux. Le premier rapport de ce sous-groupe de travail montre que, dans le domaine des matériaux, les Groupes de travail existants peuvent répondre aux besoins métrologiques électriques. Toutefois, il a été demandé aux laboratoires nationaux de métrologie qui ont fait part de leur intérêt vis-à-vis de ce domaine de poursuivre les discussions à ce sujet et au Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences de s'interroger sur d'éventuelles nouvelles comparaisons relatives aux mesures aux hautes fréquences des propriétés des matériaux.

CIPM MRA

Comme indiqué lors de la 23^e réunion de la CGPM, le CCEM considère que, dans le domaine de l'électricité et du magnétisme, les activités et procédures liées aux CIPM MRA sont bien établies et que les efforts devraient désormais se concentrer sur les questions ayant trait à la science, à la collaboration, à la planification stratégique et au programme de travail du BIPM. Toutefois, le CCEM convient que les activités du CIPM MRA sont essentielles à la mission de tous les Comités consultatifs et qu'il continuera à les superviser étroitement. En collaboration avec la coordinatrice de la KCDB, le CCEM a évalué comment augmenter l'efficacité de la saisie et de la gestion des données contenues dans la KCDB, ce qui a conduit à modifier le format requis pour publier les données dans le domaine de l'électricité et du magnétisme.

Activités du Département de l'électricité du BIPM

Une activité importante du CCEM est de superviser les activités du Département de l'électricité du BIPM et de conseiller ce dernier. Les principales activités de ce département au cours des quatre années passées ont été les suivantes : la mise au point de l'expérience de la balance du watt (en collaboration avec le Département des masses du BIPM) ; la mise au point d'un condensateur calculable (en collaboration avec le NMIA, Australie) ; les comparaisons sur site et la mise au point de nouveaux étalons voyageurs améliorés pour les comparaisons de résistance de Hall quantifiée et de tension de Josephson ; et le service d'étalonnage limité fourni aux États Parties à la Convention du Mètre.

Balance du watt

D'excellents progrès ont été réalisés concernant la construction de la balance du watt du BIPM. Les essais préliminaires sont prometteurs et le projet de transférer la balance du watt dans un nouveau laboratoire plus stable et de la faire fonctionner dans une enceinte à vide est bien avancé. Le Département de l'électricité du BIPM continuera à travailler sur ce projet en mettant au point un étalon de tension de Josephson spécifiquement conçu pour la balance du watt et en le maintenant, ainsi qu'en fournissant des conseils sur les problèmes liés aux mesures électriques.

Condensateur calculable

Le condensateur calculable du BIPM est pratiquement opérationnel et devrait atteindre, selon les informations disponibles, une exactitude de 1×10^{-8} . Le BIPM disposera ainsi d'une référence exacte pour la capacité, ce qui lui permettra d'entreprendre une nouvelle détermination à un haut niveau d'exactitude de la constante de von Klitzing R_K , sur laquelle sera fondée la mise en pratique à venir des unités électriques.

Étalons voyageurs quantiques

Le BIPM propose des comparaisons sur site effectuées à l'aide de ses étalons voyageurs quantiques. Ce service unique, fourni par le BIPM, offre aux laboratoires nationaux de métrologie l'occasion de vérifier aux plus hauts niveaux d'exactitude leurs propres réalisations des unités électriques de tension et de résistance. Les laboratoires nationaux de métrologie ont exprimé leur vif intérêt à participer à ces comparaisons : 35 laboratoires ont participé ou fait part de leur souhait de participer à ce type de comparaisons au cours des quatre années passées. Ce service est apprécié par les laboratoires nationaux de métrologie, comme en témoigne une lettre récemment envoyée par un laboratoire national de métrologie :

« Il convient de féliciter le BIPM pour le rôle clé qu'il joue : en proposant des comparaisons en continu, le BIPM soutient les laboratoires nationaux de métrologie du monde entier afin qu'ils puissent assurer la cohérence et l'uniformité des mesures, ainsi que leur traçabilité au Système international d'unités (SI). [La comparaison] a permis de valider nos aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages dans le domaine des tensions en courant continu, ainsi que notre rôle de laboratoire de liaison pour la région. Le BIPM nous a également considérablement aidés à renforcer notre compétence et notre confiance dans notre réalisation du volt. »¹¹

Cette lettre salue ainsi le professionnalisme des membres du personnel du Département de l'électricité du BIPM et le travail exceptionnel qu'ils accomplissent.

¹¹ Traduction du BIPM.

Le BIPM, en raison du service de comparaisons sur site qu'il propose, a collaboré avec un laboratoire national de métrologie afin de tester les performances d'un nouveau système de résistance de Hall quantifiée utilisant du graphène, nanomatériau bidimensionnel. La comparaison de ce nouveau système utilisant du graphène et du système conventionnel fondé sur de l'arséniure de gallium a permis d'obtenir un accord de l'ordre de 1×10^{-10} . Cette comparaison constitue un test d'universalité fondamental et fournit un résultat scientifique important concernant l'effet Hall quantique.

Le Département de l'électricité du BIPM continue à mettre au point et à améliorer ses étalons voyageurs quantiques afin de soutenir les laboratoires nationaux de métrologie en effectuant des comparaisons sur site et en organisant des comparaisons d'étalons de résistance, de capacité et de tension à l'aide d'étalons de transfert. Depuis la 23^e réunion de la CGPM, 25 comparaisons de ce type ont été effectuées.

Services d'étalonnage

Le Département de l'électricité du BIPM fournit aux laboratoires nationaux de métrologie qui ne possèdent pas d'étalons quantiques un service d'étalonnage limité dans les domaines de la tension en courant continu, de la résistance en courant continu et de la capacité. Ce service est organisé de façon à en réduire au maximum l'impact sur les ressources du BIPM.

Certificats d'appréciation

En 2011, le CCEM a reconnu les années de service exceptionnel de deux de ses anciens membres en leur décernant un Certificat d'appréciation du BIPM. Le CCEM est ainsi heureux de féliciter M. Énard du LNE et M. Bachmair de la PTB.

Le président de la CGPM remercie M. Inglis pour son rapport et demande s'il est prévu d'organiser une comparaison clé concernant le condensateur calculable. M. Inglis répond que tel est bien le cas et ajoute que les laboratoires nationaux du Canada et de Chine ont fait part de leur intérêt à participer à cette comparaison clé.

23.4 Comité consultatif de thermométrie

M. Uğur, président du Comité consultatif de thermométrie (CCT), présente son rapport sur les activités du CCT depuis la précédente réunion de la CGPM (2007).

Les activités du CCT se concentrent sur l'établissement et la réalisation de l'Échelle internationale de température de 1990 (EIT-90) et la température thermodynamique, l'extension et l'amélioration de l'EIT-90, les points de références secondaires, ainsi que les tables de référence internationales pour les thermocouples et les thermomètres à résistance. Le CCT a également pour mission d'établir l'équivalence internationale des étalons nationaux d'humidité et d'améliorer les étalons de transfert pour les mesures d'humidité.

Le CCT s'est réuni deux fois au siège du BIPM depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007) : les 22 et 23 mai 2008 pour la 24^e session du CCT, et les 6 et 7 mai 2010 pour la 25^e session. Les rapports de ces réunions sont disponibles sur le site internet du BIPM.

Une part considérable du travail du CCT est effectuée par ses Groupes de travail, entre les sessions plénières du CCT. Presque tous les Groupes de travail se sont réunis pendant la conférence TEMPMEKO-ISHM 2010 qui s'est tenue en Slovénie, en 2010. Une grande part du travail est également effectuée par le CCT entre ses sessions, en échangeant et en votant par

courrier électronique. Les principaux points en cours, ainsi que les problèmes et décisions qui ne peuvent pas être résolus par courrier électronique, sont inscrits à l'ordre du jour des sessions plénières du CCT. La prochaine session du CCT est prévue en mai 2012. M. Uğur remercie les membres du CCT pour le travail conséquent qu'ils ont accompli ces quatre dernières années.

Membres du CCT

Président : M. Uğur, CIPM.

Secrétaire exécutif : M. Picard, Département des masses du BIPM.

Le CCT compte actuellement vingt-et-un membres et deux observateurs.

Membres du CCT : A*STAR (Singapour), CEM (Espagne), CENAM (Mexique), INRIM (Italie), IPQ (Portugal), KRISS (République de Corée), LNE-INM/CNAM (France), MSL (Nouvelle-Zélande), NIM (Chine), NIST (États-Unis d'Amérique), NMIA (Australie), NMIJ/AIST (Japon), NMISA (Afrique du Sud), NPL (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord), NRC-INMS (Canada), PTB (Allemagne), SMU (Slovaquie), UME (Turquie), VNIIFTRI (Fédération de Russie), VNIIM (Fédération de Russie), VSL (Pays-Bas).

Observateurs : MIKES (Finlande) et INMETRO (Brésil).

Groupes de travail du CCT

Le CCT compte actuellement neuf Groupes de travail.

Groupe de travail 1 : Points fixes de définition et équations d'interpolation de l'EIT-90, dissémination du kelvin

Les termes de référence du Groupe de travail 1 du CCT sont d'améliorer et de documenter les techniques d'utilisation des points fixes de définition et des instruments d'interpolation de l'EIT-90, ainsi que de superviser la dissémination de l'unité de température thermodynamique du SI en maintenant la mise en pratique de la définition du kelvin. Le Groupe de travail 1 est chargé de poursuivre la mise à jour du document « Supplementary Information for the ITS-90 » (Compléments d'information à l'Échelle internationale de température de 1990, EIT-90) et de collaborer avec les Groupes de travail 3 et 5 du CCT afin d'intégrer à ce document des informations sur les incertitudes. Le Groupe de travail 1 coordonne également le sous-groupe de travail du CCT sur la mise en pratique de la définition du kelvin, auquel participent un représentant des Groupes de travail 2, 3, 4 et 5 du CCT, ainsi que le BIPM. Les objectifs de ce sous-groupe sont les suivants :

- suivre les progrès scientifiques permettant d'étayer une nouvelle Échelle de température internationale ;
- préparer et maintenir la mise en pratique de la définition du kelvin ;
- suivre les travaux de recherche visant à étayer la mise en pratique de la définition du kelvin, ainsi que les échelles de température à venir ;
- coordonner la publication par le BIPM des informations communiquées par le CCT sur la dissémination du kelvin.

Membres du Groupe de travail 1 du CCT : PTB (présidence), CENAM, INRIM, KRISS, LNE, NIM, NIST, NMIJ, NPL, SMU, UME, VNIIM, VSL.

Le Groupe de travail 1 s'est réuni : lors de la conférence TEMPMEKO 2007 organisée en mai 2007 au Canada, au siège du BIPM le 20 mai 2008, et lors de l'atelier « New Kelvin Dissemination Workshop » qui s'est tenu le 28 octobre 2010 au NPL.

Ses principaux domaines de travail sont la mise à jour du document « Supplementary Information for the ITS-90 » en collaboration avec le Groupe de travail 3 (document CCT/08-19 sur les incertitudes des thermomètres à résistance de platine étalon) et le Groupe de travail 5 (documents sur les incertitudes pour la thermométrie par rayonnement). Un modèle pour l'ensemble des chapitres de ce document a été préparé et le chapitre sur la thermométrie gazeuse par interpolation à volume constant est prêt à être soumis au CCT pour approbation. Pour les autres chapitres, il a été convenu des grandes lignes, de l'affectation des responsabilités et du calendrier de révision.

En 2005, le document CCT/05-08 sur les méthodologies pour l'estimation des incertitudes et les corrections à appliquer aux températures des points fixes pour compenser les effets dus aux impuretés chimiques a été approuvé par le Groupe de travail 1 du CCT. Depuis, le Groupe de travail 1 a suivi de près la mise en œuvre de ce document. Un certain nombre d'articles de la littérature ont par ailleurs étudié l'application de la méthode de sommation des estimateurs individuels (*Sum of Individual Estimates* – SIE). Une annexe du document CCT/05-08 présente un exemple d'analyse élémentaire requise par la méthode SIE. En 2008, le Groupe de travail 1 du CCT a préparé une seconde annexe, le document CCT/08-16, sur les impuretés communes à chacun des métaux utilisés pour la réalisation des points fixes de l'ITS-90 : le mercure, le gallium, l'indium, l'étain, le zinc, l'aluminium, l'argent, l'or et le cuivre. Cette liste d'impuretés n'est toutefois que préliminaire tant qu'un plus grand nombre d'analyses indépendantes n'auront pas été rassemblées. Par ailleurs, pour chaque point fixe considéré, des recherches considérables sur les diagrammes de phase binaire devront être effectuées dans la littérature.

Dans le cadre de la révision à venir du SI, le CCU examine les documents de mise en pratique. En mars 2009, le CCU a demandé au CCT de rédiger un projet concernant la mise en pratique de la définition du kelvin. Le sous-groupe sur la mise en pratique de la définition du kelvin a préparé un plan de cette mise en pratique (document CCT/10-26), ce qui a permis de mettre à jour plusieurs problèmes concernant l'organisation, le rôle de chacun et la mise en œuvre de la mise en pratique de la définition du kelvin. De ce fait, un article intitulé « The Roles of the *mise en pratique* for the Definition of the Kelvin » a été préparé, puis il a été présenté lors de la conférence TEMPMEKO-ISHM 2010 et publié dans l'*International Journal of Thermophysics* (*Int. J. Thermophys.*, 2010, **31**, 1795-1808).

Afin de tenir compte des conclusions de différentes discussions sur la redéfinition du kelvin, parmi lesquelles celles de la 25^e session du CCT, de l'état d'avancement et de l'approbation des documents nécessaires, ainsi que de l'ajournement de la redéfinition du kelvin, une seconde version du projet de mise en pratique de la définition du kelvin est en cours de préparation. Par rapport à la première version adoptée par le CCT en 2006, cette version ne contient que cinq changements qui ont été acceptés ou requis par le CCT lors de sa 25^e session :

- la réorganisation du document en cinq sections, parmi lesquelles les sections « Scope » (Champ d'application) et « Introduction », conformément au document CCT/10-26 ;
- l'ajout d'une nomenclature pour définir les termes importants, dans une annexe ou dans l'introduction ;
- un lien au document « Supplementary Information for PLTS 2000 » (Complément d'informations à l'Échelle provisoire pour les basses températures de 2000, EPBT-2000) ;

- l'ajout des méthodes radiométriques absolues (le président du Groupe de travail 5 est en charge de cette annexe) ;
- l'ajout des différences recommandées entre la température thermodynamique et la température de l'EIT-90, ainsi que les incertitudes associées (le président du Groupe de travail 4 est en charge de cette annexe).

L'ajout d'une nomenclature (ou taxinomie) est importante : la mise en pratique confirmera de multiples méthodes de réalisation de la définition du kelvin, de sorte que les températures indiquées pourraient être définies de manière ambiguë. C'est pourquoi la mise en pratique de la définition du kelvin doit comprendre des recommandations claires sur la façon de noter correctement les grandeurs relatives aux températures ainsi qu'aux méthodes de réalisation.

Le sous-groupe sur la mise en pratique de la définition du kelvin a également discuté des faiblesses de l'EIT-90 et des mécanismes pour remédier à certaines d'entre elles sans qu'il ne soit nécessaire d'établir une nouvelle échelle internationale de température EIT-XX. Il a été conclu que l'élaboration d'une nouvelle échelle EIT-XX n'est pas requise dans un proche avenir.

Groupe de travail 2 : Points fixes secondaires et techniques permettant une réalisation approchée de l'EIT-90

Les termes de référence du Groupe de travail 2 du CCT sont de rassembler et réviser les techniques et de fournir des directives pour la dissémination de la température par des méthodes de contact. Le Groupe de travail 2 est chargé de poursuivre la mise à jour du document « Techniques for Approximating the ITS-90 » (Techniques simplifiées permettant d'approcher l'Échelle internationale de température de 1990, EIT-90) et de donner des avis sur le choix et la réalisation des points fixes secondaires.

Membres du Groupe de travail 2 du CCT : NMISA (présidence), CEM, CENAM, INRIM, KRIS, LNE, MSL, NIM, NIST, NMIJ, PTB, UME.

L'essentiel du travail du Groupe de travail 2 se fait par courrier électronique. Le Groupe de travail 2 s'est réuni deux fois depuis 2007, lors des réunions du CCT de 2008 et de 2010. Les activités du Groupe de travail 2 se sont concentrées sur la révision du document « Techniques for Approximating the ITS-90 », désormais intitulé « CCT Guidelines on Secondary Contact Thermometry ». Le nouveau document a un champ d'application plus large que le précédent, il inclut notamment des directives sur les incertitudes pour les capteurs en thermométrie par contact. Un guide intitulé « Thermistor Thermometry » a été soumis pour examen au CCT. Les projets de document « Specialized Fixed Points above 0 °C » et « Thermocouple Thermometry » sont en cours d'examen, ceux intitulés « Industrial Platinum Resistance Thermometry » et « Heat Pipe Thermometry » sont en préparation. Aucun progrès significatif n'a été réalisé concernant la mise à jour de la liste des points de référence secondaires (*Metrologia*, 1996, **33**, 133–154).

Groupe de travail 3 : Incertitudes

Les termes de référence du Groupe de travail 3 du CCT sont d'examiner et de recommander des méthodes afin d'évaluer, combiner et déclarer les incertitudes de mesure pour la température, l'humidité et les propriétés thermophysiques, et d'assurer la cohérence des conseils du CCT en matière d'incertitude. Le Groupe de travail 3 est chargé de poursuivre la production d'un document sur les bilans d'incertitude pour la thermométrie par contact et de superviser les documents similaires produits par les autres Groupes de travail.

Membres du Groupe de travail 3 du CCT : MSL (présidence), CEM, CENAM, INRIM, IPQ, LNE, NIM, NMIA, NMIJ, NIST, PTB, SMU, UME, VNIIM, VSL.

Les activités du Groupe de travail 3 se sont concentrées sur une mission principale, celle de préparer un guide sur les incertitudes intitulé « Uncertainties in the realization of the SPRT sub-ranges of the ITS-90 » (document CCT/10-19). Ce guide traite des incertitudes liées à la réalisation de l'EIT-90 dans les sous-domaines couverts par les thermomètres à résistance de platine étalons ; il donne ainsi la liste de l'ensemble des sources d'incertitude et des variables d'influence connues, les principales références de la littérature qui discutent, modèlent et évaluent chaque effet, des indications sur les amplitudes typiques des incertitudes, ainsi que les lois de propagation afin de pouvoir déterminer l'incertitude totale combinée. Outre le fait de donner aux utilisateurs de l'EIT-90 des directives pour évaluer l'incertitude, le guide promeut également l'harmonisation de l'évaluation des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages. Ce document est disponible sur le site internet du BIPM parmi les documents de travail du CCT.

Le Groupe de travail 3 a aussi publié deux articles, qui ont été présentés lors de conférences TEMPMEKO, afin d'accompagner le guide. Le premier article, publié en 2007, présente les principales conclusions du guide et le second, publié en 2010, met en lumière les sujets qui devraient être étudiés de manière plus approfondie. Lors de la préparation de ce guide, le Groupe de travail 3 a établi un certain nombre de principes directeurs pour évaluer l'incertitude en thermométrie, l'objectif étant d'améliorer la compréhension de la nature des sources d'incertitude et d'harmoniser les déclarations d'incertitude. Ces principes sont présentés dans l'introduction du guide.

Les activités du Groupe de travail 3 sont coordonnées par courrier électronique ou via le forum du CCT sur le site internet du BIPM. Le Groupe de travail 3 s'est réuni en même temps que la conférence TEMPMEKO en 2007 et que les réunions du CCT en 2008.

Groupe de travail 4 : Détermination des températures thermodynamiques et extension de l'EIT-90 à de plus basses températures

Les termes de référence du Groupe de travail 4 du CCT consistent à examiner et à faire des recommandations sur la détermination de la température thermodynamique et la définition du kelvin. Le Groupe de travail 4 est chargé de poursuivre l'examen des mesures de $T - T_{90}$ et de suivre les progrès effectués concernant la redéfinition du kelvin à partir de la constante de Boltzmann.

Le président du CCT a invité le groupe de travail 4 à établir un sous-groupe chargé de la redéfinition du kelvin. Les activités de ce sous-groupe sont présentées dans la section « Redéfinition du kelvin » du présent rapport.

Membres du Groupe de travail 4 du CCT : PTB (présidence), INRIM, KRIS, LNE, MSL, NIM, NIST, NMIJ, NPL, NRC-INMS, ainsi que le président et le secrétaire exécutif du CCT.

Le Groupe de travail 4 et le sous-groupe sur la redéfinition du kelvin se sont réunis le 21 mai 2008 au siège du BIPM, le 23 septembre 2009 à l'INRIM, Italie, et le 5 mai 2010 au siège du BIPM. Ces réunions ont été communes au Groupe de travail 4 et au sous-groupe de travail.

Les activités du Groupe de travail 4 se sont concentrées sur la mise à jour et l'examen critique des résultats collectés concernant les mesures de $T - T_{90}$, ce qui est considéré comme une priorité en raison de la proposition d'ajouter ces données à la mise en pratique de la définition du kelvin. Les résultats sont résumés dans le rapport CCT/08-13/rev du Groupe de travail 4 au CCT, daté

du 25 juin 2008, qui a été approuvé par courrier électronique par les membres du CCT le 6 février 2009. Les résultats mis à jour du rapport CCT/08-13/rev du Groupe de travail 4 ont fait l'objet d'un article publié dans les comptes rendus de la conférence TEMPMEKO-ISHM 2010 (numéro spécial *International Journal of Thermophysics*, 2011, **32**(1-2), 12-25) : cet article constitue le premier rapport complet sur les différences $T - T_{90}$ et leurs incertitudes depuis l'adoption de l'EIT-90 il y a plus de 20 ans. Le Groupe de travail 4 fournit au Groupe de travail 1 du CCT ces résultats afin qu'ils soient intégrés au texte de la mise en pratique de la définition du kelvin. Deux fonctions d'interpolation lissées sont incluses au rapport CCT/08-13/rev pour plus de facilité pour l'utilisateur. Compte tenu des différentes faiblesses mentionnées dans le document CCT/08-13/rev, il est prématuré de fonder une nouvelle échelle de température sur ces estimations. Les fonctions recommandées permettent toutefois d'estimer la température thermodynamique T à partir des valeurs de T_{90} .

Les données du Groupe de travail 4 sur la mise en pratique de la définition du kelvin seront mises à jour lorsque les différences pour les mesures de $T - T_{90}$ en dessous de 77 K auront été résolues.

Groupe de travail 5 : Thermométrie par rayonnement

Les termes de référence du Groupe de travail 5 du CCT sont d'étudier les questions concernant les méthodes de thermométrie par rayonnement, de conseiller le CCT à ce sujet, et d'assurer et de maintenir une liaison effective avec le Comité consultatif en photométrie et radiométrie (CCPR).

Le Groupe de travail 5 est chargé :

- d'évaluer les résultats de mesures thermodynamiques à des températures élevées ;
- d'examiner et coordonner les activités relatives aux points fixes à haute température ;
- de contribuer à la mise en pratique de la définition du kelvin en fournissant des données utiles ;
- de fournir des mises à jour pour le document « Supplementary Information for the ITS-90 » (Compléments d'information à l'Échelle internationale de température de 1990, EIT-90), tel que requis ;
- de fournir des directives définitives concernant les méthodes secondaires de thermométrie sans contact, tel que requis ;
- de soutenir les actions menées au niveau international afin d'établir des normes et des étalons dans le domaine de l'imagerie thermique ;
- d'établir les bilans d'incertitude adéquats en thermométrie par rayonnement.

Membres du Groupe de travail 5 du CCT : NPL (présidence), CEM, CENAM, INMETRO, INRIM, KRISS, LNE, MSL, NIM, NIST, NMC/A*STAR, NMIA, NMIJ, PTB, SMU, UME, VNIIM, VSL.

Le Groupe de travail 5 s'est réuni deux fois, en même temps que les réunions du CCT en 2008 et en 2010. Le groupe de rédaction concernant la mise en pratique de la définition du kelvin aux températures élevées s'est réuni le 11 septembre 2009 à la PTB, Allemagne, afin de terminer le projet final de mise en pratique dans ce domaine et le soumettre au CCT en 2010.

En 2007, un sous-groupe du Groupe de travail 5 a élaboré un ambitieux programme de recherche couvrant plusieurs années afin de passer, dans le domaine des points fixes à haute température,

des travaux de recherche aux équipements métrologiques d'usage courant en thermométrie. Bien que les délais prévus n'aient pas été tenus, ce programme de recherche a permis d'orienter les activités menées au niveau international dans ce domaine important des mesures de température. Des protocoles ont été élaborés pour trois modules de travail techniques : le module 1 sur la stabilité à long terme des essais, le module 2 sur la mise au point et l'évaluation de cellules à points fixes à haute température, et le module 4 sur l'évaluation des aptitudes en thermométrie par rayonnement absolu. L'état d'avancement des modules 1 et 4 a été présenté lors des conférences Tempbeijing 2008 et TEMPMEKO-ISHM 2010. Le protocole pour le module 5 sur la détermination radiométrique de la température pour le Co-C, le Pt-C et le Re-C est déjà au stade de projet et sera terminé en 2011, le travail technique devant commencer en 2012.

La stabilité initiale à long terme des points fixes à haute température pour le Co-C, le Pt-C et le Re-C a été évaluée [module 1]. Un travail innovant entrepris par le LNE-CNAM et le NMIJ vise à résoudre les problèmes persistants de robustesse concernant le Co-C. La PTB a réalisé des évaluations de référence de la température thermodynamique T pour ces points fixes à haute température, qui ont ensuite été transmises au NPL, au NIST et au NMIA où ils sont mesurés. Une seconde série de mesures est en cours au CNAM, au CNRC et au VNIIOFI. Ces mesures permettront d'obtenir une évaluation de référence de la radiométrie mondiale et de formuler des recommandations afin d'améliorer la thermométrie primaire par radiométrie [module 4]. Un ensemble de cellules de Co-C, Pt-C et Re-C de grande qualité sera mis au point en 2011 [module 2] pour la détermination finale de T par radiométrie primaire améliorée en 2012-2014 [module 5]. En parallèle, le module 3, sur lequel travaille le NIM, le NMIJ et le NPL, étudie les caractéristiques opérationnelles des cellules à points fixes à haute température afin d'établir un budget d'incertitude rigoureux pour la détermination de T .

Le CCT a recommandé au CIPM dans sa Recommandation T 3 (2005) :

- la création d'une « mise en pratique de la définition du kelvin », contenant en temps utile des recommandations au sujet de la détermination directe de la température thermodynamique, le texte de l'EIT-90, le texte de l'EPBT-2000, une annexe technique donnant la documentation considérée comme essentielle pour la réalisation non ambiguë de l'EIT-90 et de l'EPBT-2000, et une section au sujet des différences $T - T_{90}$ et $T - T_{2000}$ et des incertitudes associées.

Un sous-groupe de travail a été établi afin de rédiger la partie de la mise en pratique qui concerne les points fixes à haute température. Les documents préparés sont répertoriés sur le site internet du CCT (documents [CCT/10-12r](#), [CCT/10-13](#) et [CCT/10-14](#)). Les documents [CCT/10-13](#) et [CCT/10-14](#) seront probablement synthétisés et inclus au texte de la mise en pratique de la définition du kelvin, alors que le document [CCT/10-12r](#) sera un document d'information complémentaire qui étayera la partie de la mise en pratique sur les mesures de température par radiométrie. L'importance de ce travail a été reconnue par la communauté internationale de la thermométrie : lors de la conférence TEMPMEKO-ISHM 2010, le Groupe de travail 5 a été invité à faire le discours d'ouverture en présentant le travail sur la mise en pratique de la définition du kelvin à haute température, et une session de la conférence a été consacrée aux aspects techniques des mesures de température par radiométrie.

En 2007, une norme ISO sur l'utilisation de l'imagerie thermique pour le contrôle de la transmission de pathologies infectieuses a été portée à l'attention du Groupe de travail 5. Les membres du Groupe de travail 5 ont émis certaines préoccupations par rapport aux données sur la métrologie en thermométrie fournies dans cette norme. Le Groupe de travail 5 a écrit aux organismes mondiaux de normalisation afin de les informer de cela et la norme a été révisée de

façon significative en janvier 2008 en tenant compte des commentaires du Groupe de travail 5. Ainsi, la norme contient désormais des informations bien plus réalistes sur la métrologie en thermométrie mais sa faisabilité technique demeure un sujet de préoccupation.

Lors de la réunion du Groupe de travail 5 en mai 2010, il a été décidé de réaliser une enquête auprès des laboratoires nationaux de métrologie sur les aptitudes et exigences en matière d'étalonnages pour l'imagerie thermique. M. Ballico (NMIA) a élaboré un questionnaire qui a été transmis aux laboratoires de métrologie de certaines régions. Le NPL et le NMIJ coordonnent les réponses transmises par les laboratoires de l'EURAMET et de l'APMP, respectivement. Un résumé de leurs conclusions sera présenté lors de la réunion du Groupe de travail 5 en 2012. Cette enquête constitue une première étape pour comprendre les exigences à venir des laboratoires nationaux de métrologie concernant les aptitudes d'étalonnages en imagerie thermique.

Les membres du Groupe de travail 5 contribuent aux comités suivants de l'ISO/CEI :

- comité sur les imageurs thermiques (présidé par M. Machin, NPL, président du Groupe de travail 5 du CCT) visant à identifier et décrire les paramètres d'influence des imageurs thermiques à matrice à plan focal : une norme sera approuvée d'ici la fin de 2012 ;
- comité sur les thermomètres par rayonnement (présidé par M. Hollandt, PTB, membre du Groupe de travail 5 du CCT) : une norme a été publiée en 2008 afin de définir certains paramètres ; un second document sur la détermination de ces paramètres est en cours de préparation.

Groupe de travail 6 : Mesures d'humidité

Les termes de référence du Groupe de travail 6 du CCT sont de conseiller le CCT sur les questions d'humidité, de poursuivre l'harmonisation en matière de mesures d'humidité, et d'assurer et de maintenir une liaison effective avec la communauté internationale de l'humidité. Le Groupe de travail 6 est chargé :

- de produire un document sur l'incertitude pour les mesures d'humidité ;
- de conduire la comparaison clé CCT-K6 ;
- d'élaborer la planification stratégique des comparaisons clés et supplémentaires, en cours et à venir, dans ce domaine ;
- d'apporter des clarifications sur les grandeurs, unités, symboles et réalisations concernant les mesures d'humidité ;
- d'assurer une coordination avec le CCQM dans le domaine des traces d'humidité dans les gaz et de l'humidité dans les matériaux, selon les besoins ;
- d'organiser la conférence « International Symposium on Humidity and Moisture (ISHM) ».

Membres du Groupe de travail 6 du CCT : NPL (présidence), CENAM, INRIM, INTA, KRISS, LNE-CETIAT, MIKES, MSL, NIM, NIST, NMC/A*STAR, NMIJ, PTB, UME, VNIIM, VSL.

Le Groupe de travail 6 effectue son travail essentiellement par courrier électronique. Il s'est réuni trois fois depuis 2007, en même temps que les réunions du CCT ou que la conférence TEMPMEKO-ISHM 2010. Le Groupe de travail 6 assure, lorsque nécessaire, l'alignement des comparaisons clés du CCT avec celles des organisations régionales de métrologie dans le domaine de l'humidité. Depuis 2007, la comparaison clé EURAMET.T-K6 de l'EURAMET a

été terminée et ses résultats publiés, la comparaison clé SIM.T-K6 du SIM est achevée. Les comparaisons en cours sont les suivantes : CCT-K6.1, EURAMET.T-K8 et APMP.T-K8.

Le Groupe de travail 6 a organisé la conférence « International Symposium on Humidity and Moisture (ISHM) » qui s'est tenue en 2010 en Slovénie, conjointement à la conférence TEMPMEKO (en collaboration avec le comité technique 12 de l'IMEKO). Le Groupe de travail 6 a participé au comité de pilotage de l'ISHM, en tant que co-président et membre du comité de programme international, et a géré la rédaction de numéros spéciaux sur la conférence.

Les documents en cours de préparation par le Groupe de travail 6 concernent l'harmonisation des termes et définitions dans le domaine de l'humidité, ainsi que l'expression de l'incertitude pour les mesures d'humidité [normes]. Le Groupe de travail a considérablement progressé concernant la production de ces documents qui sont désormais au stade de projets de travail.

Le Groupe de travail 6 a été en liaison avec le CCQM et l'International Association of Properties of Water and Steam (IAPWS) concernant les traces d'humidité dans les gaz et l'humidité dans les matériaux.

Groupe de travail 7 : Comparaisons clés

Les termes de référence du Groupe de travail 7 du CCT sont de superviser tous les aspects de la documentation sur les comparaisons clés, du protocole au projet B de rapport et à la publication dans la KCDB, et de fournir des conseils aux laboratoires pilotes sur le calcul des degrés d'équivalence, les valeurs de référence des comparaisons clés et la liaison entre les comparaisons du CIPM et celles des organisations régionales de métrologie.

Le Groupe de travail 7 est chargé :

- d'examiner tous les documents pertinents pour chaque comparaison clé, du protocole au projet B de rapport ;
- de conseiller le laboratoire pilote dans la préparation des informations à publier dans l'annexe B du CIPM MRA, si nécessaire, et de les recommander au CCT pour approbation ;
- de conseiller le laboratoire pilote dans la préparation du document relatif au statut de la comparaison.

Membres du Groupe de travail 7 du CCT : NMIA (présidence), NPL (laboratoire pilote de la comparaison CCT-K1), NRC (laboratoire pilote de la comparaison CCT-K2), NIST (laboratoire pilote de la comparaison CCT-K3), PTB (laboratoire pilote de la comparaison CCT-K4), VSL (laboratoire pilote de la comparaison CCT-K5), NPL (laboratoire pilote de la comparaison CCT-K6), BIPM (laboratoire pilote de la comparaison CCT-K7), INRIM, ainsi que le président du Groupe de travail 3 du CCT et la coordinatrice de la KCDB (en tant qu'observatrice).

Au cours de ces deux dernières années, le Groupe de travail 7 a examiné quinze comparaisons. La question de la liaison des résultats des comparaisons clés, ces dernières pouvant être effectuées à dix ans d'intervalle, est un élément qui ressort de tous les rapports. Un laboratoire pilote doit détailler comment il a maintenu l'équivalence de ses étalons actuels par rapport à ses précédents étalons, de façon à pouvoir établir une liaison cohérente. Il incombe aux coordinateurs des comparaisons bilatérales ou de celles des organisations régionales de métrologie de s'assurer que les laboratoires pilotes choisis peuvent fournir les informations nécessaires pour démontrer que la liaison peut être maintenue. Les participants à des comparaisons clés sont chargés de maintenir, dans leurs laboratoires, la documentation et les

équipements nécessaires pour lier les résultats de leurs comparaisons à ceux de comparaisons à venir.

Les comparaisons ou études pilotes sont également des sujets de préoccupation. Le CCT n'a pas de procédure en place pour les comparaisons ou études pilotes, contrairement au CCQM qui enregistre chaque comparaison ou étude pilote, lui attribue un chiffre et archive les protocoles et rapports associés sur le site internet du BIPM. Les rapports sont enregistrés et peuvent être publiés dans *Metrologia*. Les comparaisons ou études pilotes du CCQM ne sont pas enregistrées dans la KCDB mais sont maintenues par le Groupe de travail approprié du CCQM. Le Groupe de travail 9 du CCT sur les propriétés thermophysiques a quatre comparaisons en cours qui sont considérées comme des études pilotes. Elles n'ont pas été enregistrées par le Groupe de travail 7 sur les comparaisons clés et il n'existe pas de procédure pour enregistrer les protocoles, ni pour gérer les comparaisons qui ne sont pas des comparaisons clés ou supplémentaires. Le Groupe de travail 7 demande à ce qu'un rapport sur l'état d'avancement de ces comparaisons lui soit fourni de façon à ce que les informations obtenues puissent être utilisées pour de futures comparaisons clés. Le Groupe de travail 5 sur la thermométrie par rayonnement a une comparaison similaire en cours. Le Groupe de travail 6 sur les mesures d'humidité a une comparaison qu'il désigne sous le nom d'étude pilote, bien que le CCT n'ait pas défini, jusqu'à présent, ce que couvrirait le terme « étude pilote ». Il a été suggéré au CCT d'adopter une procédure similaire à celle du CCQM afin de formaliser la situation des études pilotes, à l'aide d'un système de nommage, d'un mécanisme d'archivage des résultats et de procédures de publication des résultats, afin de valoriser ces comparaisons, les rendre plus utiles et leur conférer un caractère plus officiel que cela n'a été le cas jusqu'à présent. Il a été décidé d'examiner les procédures concernant les comparaisons et études pilotes à venir.

Groupe de travail 8 : Aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages

Les termes de référence du Groupe de travail 8 du CCT sont ceux recommandés par le JCRB dans le document JCRB-10/6(3), c'est-à-dire :

- établir et maintenir des listes de catégories de services et, si nécessaire, de règles pour la préparation des déclarations d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) ;
- se mettre d'accord sur des critères d'examen technique détaillés ;
- coordonner et, si possible, conduire des examens interrégionaux des CMCs soumises par les organisations régionales de métrologie pour publication dans l'annexe C du CIPM MRA ;
- donner des directives sur les domaines de CMC étayés par des comparaisons clés particulières ;
- examiner si les comparaisons actuelles suffisent à étayer les déclarations de CMC et recommander de nouvelles comparaisons si nécessaire ;
- coordonner l'examen des CMCs existantes, au vu des nouveaux résultats des comparaisons clés et supplémentaires.

Le Groupe de travail 8 est chargé de poursuivre l'élaboration des protocoles pour l'examen des CMCs, de revoir les CMCs soumises à approbation accélérée (« fast track ») en vue de leur publication dans l'annexe C du CIPM MRA, et d'identifier les nouvelles comparaisons nécessaires pour étayer les déclarations de CMC.

Membres du Groupe de travail 8 du CCT : SIM (présidence), APMP, COOMET, EURAMET, SADC MET.

Le Groupe de travail 8 s'est réuni chaque année depuis 2007, en même temps que les réunions du CCT en 2008 et 2010, et dans les locaux d'un laboratoire national de métrologie en 2007 et 2009. Entre les réunions, les membres du Groupe de travail 8 communiquent via le forum de discussion du site internet du BIPM et par courrier électronique. Les documents du Groupe de travail 8 sont disponibles sur la page [CCT-WG8](#) en accès libre du site internet du BIPM. Un article sur les activités du Groupe de travail 8 a été publié après la conférence TEMPMEKO 2007 ([CCT-WG8/CMC-08](#)).

Les trois principaux objectifs du Groupe de travail 8 sont les suivants :

- créer des catégories de services pour les CMCs dans le domaine de la température et de l'humidité ;
- créer des protocoles d'examen technique des CMCs (disponibles sur le site internet du BIPM) ;
- examiner les CMCs pour publication dans la KCDB.

Groupe de travail 9 : Propriétés thermophysiques

Les termes de référence du Groupe de travail 9 du CCT sont de conseiller le CCT sur des questions liées aux propriétés thermophysiques, d'évaluer s'il est nécessaire d'effectuer des comparaisons clés dans ce domaine, d'assurer et de maintenir une liaison effective avec la communauté scientifique internationale des matériaux, parmi laquelle le Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS). Le Groupe de travail 9 est chargé de produire un document sur les incertitudes et d'identifier et d'organiser les études pilotes pouvant contribuer à faire le point sur les mesures des propriétés thermophysiques et sur la maturité du domaine.

Membres du Groupe de travail 9 du CCT : NMIJ (présidence), CENAM, INRIM, KRISS, LNE, NIM, NIST, NPL, PTB, VNIIM.

Le Groupe de travail 9 s'est réuni cinq fois depuis 2007. Deux de ces réunions, en 2008 et en 2010, ont eu lieu en même temps que les réunions du CCT. Les trois autres réunions se sont tenues pendant des conférences internationales sur les propriétés thermophysiques, au Japon en 2007, en France en 2008 et aux États-Unis d'Amérique en 2009. Les membres du Groupe de travail 9 communiquent, entre les réunions, par courrier électronique.

Trois études pilotes ont été menées concernant :

- la conductivité thermique de matériaux d'isolation à l'aide de la méthode de la plaque chaude gardée ;
- la diffusion thermique de matériaux denses à l'aide de la méthode par impulsion laser ;
- l'émissivité spectrale normale de solides à l'aide de méthodes spectroscopiques.

Les mesures sont terminées et les résultats, qui feront l'objet d'un rapport, sont en cours d'analyse.

Les membres du Groupe de travail 9 ont publié un article intitulé « Measurements and data of thermophysical properties traceable to a metrological standard » dans *Metrologia* (*Metrologia*, 2010, **47**(2), S143–S155), ainsi que deux articles sur l'état d'avancement des études pilotes sur la conductivité et la diffusion thermiques dans les comptes rendus de la 30^e Conférence internationale sur la conductivité thermique (2010).

L'APMP et l'EURAMET ont établi des groupes de travail sur les propriétés thermophysiques en collaboration avec le Groupe de travail 9 du CCT. Le Groupe de travail 9 coopère avec le VAMAS et l'ISO dans le domaine de la métrologie des matériaux.

De nouvelles propriétés thermophysiques ont été ajoutées à la Classification de services des CMCs en thermométrie lors de la réunion du CCT en 2010.

Le Groupe de travail 9 prépare un protocole d'examen des CMCs pour des propriétés caractéristiques, telles que la diffusion thermique, et prévoit d'organiser une comparaison clé ou supplémentaire pour l'une de ces propriétés.

Le Groupe de travail 9 a discuté des priorités pour l'établissement d'étalons métrologiques dans les domaines de la surveillance de l'environnement, de la santé, de la sécurité, du commerce international, de la certification, et des sciences et technologies.

Comparaisons clés

Comparaisons terminées dont les résultats sont publiés dans la KCDB :

- CCT-K1 : Réalisations de l'EIT-90 entre 0,65 K et 24,6 K (1997-2001) ;
- CCT-K2 : Réalisations de l'EIT-90 entre 13,8 K et 273,16 K (1997-1999) ;
- CCT-K3 : Réalisations de l'EIT-90 entre 83,8058 K et 933,473 K (1997-2001) ;
- CCT-K4 : Réalisations locales des points fixes de l'aluminium et de l'argent (1998-2000) ;
- CCT-K5 : Réalisations de l'EIT-90 entre 962 °C et 1700 °C au moyen de lampes à ruban sous vide utilisées comme étalons de transfert (1997-1999) ;
- CCT-K7 : Cellules à point triple de l'eau (2002-2004).

Comparaisons en cours :

- CCT-K6 : Comparaison d'étalons d'humidité : température des points de rosée et de congélation entre -50 °C et 20 °C (Laboratoire pilote : NPL). Les mesures sont terminées et les résultats en cours d'analyse ;
- CCT-K8 : Comparaison des réalisations des échelles locales pour la température des points de rosée de gaz humides entre 30 °C et 90 °C. Cette comparaison a été approuvée par le CCT en 2008 et enregistrée dans la KCDB avec le CEM-INTA comme laboratoire pilote. Les participants ont été sélectionnés. Le protocole et les étalons voyageurs étaient en cours de préparation pour les mesures initiales au printemps 2011. Les laboratoires participants ont commencé leurs mesures à l'été 2011.

Divers

Les groupes de travail du CCT ont organisé les réunions internationales suivantes :

- le 3^e atelier international « Progress in Determining the Boltzmann Constant », le 7 avril 2008 au LNE-INM, France ;
- le 4^e atelier international « Progress in Determining the Boltzmann Constant », les 22 et 23 septembre 2009 à l'INRIM, Italie ;
- l'atelier international « New Kelvin Dissemination », les 27 et 28 octobre 2010 au NPL, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord ;

- des sessions spécifiques lors de la conférence TEMPMEKO-ISHM 2010, organisée du 31 mai au 3 juin 2010 à Portorož, Slovénie, sur les thèmes suivants :
 - les échelles de températures,
 - la détermination de la constante de Boltzmann,
 - la détermination thermodynamique de la température,
 - la seconde réunion des utilisateurs de corps noirs ;
 - l'atelier sur la planification des prochaines étapes des travaux de recherche concernant les points fixes à haute température ;
- l'atelier international « High Temperature Fixed Points Solutions for Research and Industry », le 17 octobre 2008 au KRISS, République de Corée.

Résultats obtenus (2008-2011)

Les laboratoires membres du CCT ont mené des recherches dans le domaine de la température et des domaines connexes de la métrologie. Outre l'organisation des réunions précédemment mentionnées, les Groupes de travail du CCT ont proposé trois recommandations au CIPM et ont produit ou mis à jour douze documents d'orientation ou rapports techniques de grande qualité, et treize rapports scientifiques ont été publiés.

Recommandations

Lors de sa réunion en 2010, le CCT a adopté trois recommandations qu'il a soumises au CIPM. Le CIPM a accepté ces trois recommandations comme recommandations du CCT lors de sa réunion d'octobre 2010 :

- la Recommandation T 1 (2010) : Mission du CCT ;
- la Recommandation T 2 (2010) : Considérations sur une nouvelle définition du kelvin ;
- la Recommandation T 3 (2010) : Sur les mesures liées au climat et aux observations météorologiques.

Documents de directives et rapports techniques (nouveaux ou révisés)

- Additif au document « Supplementary Information for the ITS-90 » (Compléments d'information à l'Échelle internationale de température de 1990, EIT-90).
- Supplementary Information for the PLTS-2000 (Compléments d'information à l'Échelle provisoire pour les basses températures de 2000, EPBT 2000).
- Document de directives sur les incertitudes de la réalisation de l'EIT-90 dans les sous-domaines couverts par les thermomètres à résistance de platine étalons dans l'EIT-90.
- Techniques for Approximating the ITS-90 (Techniques simplifiées permettant d'approcher l'Échelle internationale de température de 1990) (livre bleu).
- Effets de la composition isotopique pour les points fixes de l'hydrogène : rapport au CCT.
- Résumé des faits liés aux effets isotopiques sur la température du point triple de l'eau : Rapport du sous-groupe de travail *ad hoc* sur le point triple de l'eau.
- Méthodologies pour l'estimation des incertitudes et des corrections à appliquer aux températures des points fixes pour compenser les effets dus aux impuretés chimiques.

- Bilans d'incertitude pour les étalonnages des thermomètres à résistance de platine étalons aux points fixes de définition.
- Document de travail donnant la liste des incertitudes associées à l'approximation de l'EIT-90 en dessous du point de l'argent au moyen de la thermométrie par rayonnement.
- Incertitude sur les appareils générateurs d'humidité.
- Rapport au CIPM sur les implications du changement de la définition de l'unité de base, le kelvin.
- Document sur les incertitudes pour la thermométrie par rayonnement aux basses températures.

Autres rapports scientifiques

- Liste des impuretés communes aux métaux utilisés pour la réalisation des points fixes de l'EIT-90 ([CCT/08-16](#)).
- Rapport du sous-groupe de travail sur la mise en pratique de la définition du kelvin au CCT ([CCT/08-17](#)).
- Sous-groupe de travail sur la mise en pratique de la définition du kelvin : avant-projet sur la mise en pratique de la définition du kelvin (CCT/10-26).
- The Roles on the *mise en pratique* for the Definition of the Kelvin (CCT/10-27).
- D.C. Ripple, R. Davis, B. Fellmuth, J. Fischer, G. Machin, T. Quinn, P. Steur, O. Tamura, D.R. White. The Roles of the *mise en pratique* for the Definition of the Kelvin. *Int. J. Thermophys.*, 2010, **31**, 1795-1808.
- G. Machin, D. del Campo, B. Fellmuth, J. Fischer, R. Gavioso, C. Lusher, A. Merlone, I. Mills, L. Pitre, M. de Podesta. New kelvin dissemination workshop held at NPL on 27-28 October 2010. *Metrologia*, 2011, **48**, 68–69.
- J. Fischer, S. Gerasimov, K.D. Hill, G. Machin, M.R. Moldover, L. Pitre, P. Steur, M. Stock, O. Tamura, H. Ugur, D.R. White, I. Yang, J. Zhang. Preparative Steps Towards the New Definition of the Kelvin in Terms of the Boltzmann Constant. *Int. J. Thermophys.*, 2007, **28**, 1753–1765.
- J. Fischer, C. Gaiser, B. Fellmuth, W. Buck. New Definition of Kelvin. International Conference on Temperature and Thermal Measurement, TEMPBEIJING 2008, 20-23 October 2008, Beijing, China, *Acta Metrologica Sinica*, 2008, **29**, 1–9.
- Rapport sur les expériences visant à mesurer la constante de Boltzmann, présenté lors de la réunion du CCU les 26 et 28 mai 2009 au siège du BIPM (CCU/09-12) ; ce document a également été présenté lors de la réunion de la CODATA le 25 mai 2009 au siège du BIPM (document CODATA TGFC/09-03).
- J. Fischer, M. DePodesta, K.D. Hill, M. Moldover, L. Pitre, R. Rusby, P. Steur, O. Tamura, R. White, L. Wolber. Present estimates of the differences between thermodynamic temperatures and the ITS-90. *Int. J. Thermophys.*, 2011, **32**, 12–25.
- Groupe de travail 5 : Lettre ouverte aux organismes mondiaux de normalisation au sujet de l'imagerie thermique pour le contrôle de la transmission de pathologies infectieuses.
- Groupe de travail 5 : Exigences concernant les travaux de recherche sur les points fixes à haute température.

- Groupe de travail 5 : Texte pour la section sur les températures élevées de la mise en pratique de la définition du kelvin.

Redéfinition du kelvin

Un nouveau sous-groupe de travail chargé de la redéfinition du kelvin a été créé au sein du Groupe de travail 4 du CCT en réponse à la Recommandation 1 du CIPM de 2005 (CI-2005). Ce sous-groupe de travail s'est réuni pour la première fois en octobre 2006. Ses termes de référence suivent de près la Recommandation 1 (CI-2005) du CIPM intitulée « Étapes préalables à de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole en fonction de constantes fondamentales » :

- examiner les implications des changements des définitions des unités de base du SI, en particulier le kelvin, du point de vue de la métrologie en thermométrie ;
- présenter son avis au CCT et aux autres Comités consultatifs concernés ainsi qu'à leurs groupes de travail, et travailler avec eux à la préparation d'un rapport au CIPM avant juin 2007 ;
- suivre de près les résultats des nouvelles expériences concernant l'éventuelle nouvelle définition du kelvin et identifier les conditions nécessaires pour procéder au changement de cette définition ;
- prendre conseil auprès de la communauté scientifique et technique la plus large possible au sujet de cette importante question.

Président : M. Fischer, PTB.

Membres : INRIM, KRISS, LNE-INM/CNAM, MSL, NIM, NIST, NMIJ, NPL, NRC-INMS, VNIIM, ainsi que le président et le secrétaire exécutif du CCT.

Le sous-groupe de travail chargé de la redéfinition du kelvin a mené avec succès les deux premières missions de ses termes de référence (études des implications et rapport au CIPM) en 2007. Le travail se poursuit concernant les deux autres missions. Ainsi, trois ateliers internationaux et trois sessions de conférence ont été organisés. Les présentations faites lors du 3^e atelier international « Progress in Determining the Boltzmann Constant » organisé le 7 avril 2008 au LNE-INM, France, ont été publiées en novembre 2009 dans un numéro spécial des *Comptes Rendus de l'Académie des sciences - Physique*, celles du 4^e atelier international dans un numéro spécial de l'*International Journal of Thermophysics* en juillet 2010. Le sous-groupe de travail chargé de la redéfinition du kelvin a surveillé de près les résultats des nouvelles expériences concernant la redéfinition du kelvin.

Les conditions nécessaires à remplir avant que la définition du kelvin ne puisse être modifiée ont été mises à jours dans la Recommandation T 2 (2010) du CCT intitulée « Considérations sur une nouvelle définition du kelvin » présentée au CIPM. Ces trois dernières années, d'excellents progrès ont été effectués concernant la détermination de la constante de Boltzmann k ; le CCT note toutefois qu'en ce qui concerne les expériences actuellement en cours visant à mesurer k , deux années supplémentaires sont nécessaires avant que CODATA ne puisse recommander une valeur robuste pour k avec une incertitude-type relative réduite d'un facteur de l'ordre de deux par rapport à l'incertitude actuelle, u_r , d'environ 2×10^{-6} .

Le CCT recommande d'obtenir une incertitude-type relative de la valeur de k de l'ordre de 1×10^{-6} , fondée sur des mesures obtenues à partir de différentes méthodes de thermométrie primaire, avant de procéder à la redéfinition du kelvin, et d'inclure à ces mesures, dans l'idéal,

au moins deux méthodes fondamentalement distinctes, telles que la thermométrie acoustique à gaz et la thermométrie à gaz par mesure de la constante diélectrique, et de les corroborer par des mesures obtenues à partir d'autres méthodes, telles que la thermométrie à bruit de Johnson, la thermométrie à rayonnement total ou la thermométrie par mesure de l'élargissement Doppler.

Le document CCT/10-34 a été discuté et une réponse a été envoyée à l'Académie des sciences russe concernant ses commentaires sur la redéfinition du kelvin. Un atelier intitulé « New Kelvin Dissemination » a été organisé les 27 et 28 octobre 2010 en collaboration avec le NPL. Les conclusions de cet atelier sont résumées dans un rapport publié dans *Metrologia* (*Metrologia*, 2011, **48**, 68–69).

Le sous-groupe de travail chargé de la redéfinition du kelvin poursuivra sa mission jusqu'à ce que le kelvin soit redéfini.

Stratégie du CCT

La décision de créer un sous-groupe de travail sur la stratégie au sein du CCT a été prise lors de la 24^e session du CCT en 2008. Ce sous-groupe de travail comprenait à l'origine trois membres : M. Pavese (président), M. Machin (NPL) et M. Uğur (président du CCT). Les activités de ce sous-groupe, qui ont commencé en octobre 2008, étaient à l'origine d'examiner la stratégie du CIPM concernant les priorités scientifiques du BIPM (réunion du 14 octobre 2008). Les membres du sous-groupe sur la stratégie sont ensuite passés au nombre de 7 et sont actuellement au nombre de 16. Les termes de référence du sous-groupe de travail sur la stratégie, parmi lesquels les principes pour en être membre, ont été établis. Des projets ont été préparés, discutés puis soumis au CCT qui les a approuvés en décembre 2009 (Document 1).

Le sous-groupe de travail sur la stratégie a défini une feuille de route afin d'élaborer la stratégie du CCT et l'appliquer : cette feuille de route a été préparée par trois entités différentes qui se sont succédées puis les propositions ont été approuvées par le CCT :

- le sous-groupe initial, chargé d'établir les termes de référence du CCT et de définir une méthodologie pour établir la stratégie du CCT, qui est devenu le sous-groupe 1 ;
- le sous-groupe 2, en charge d'étudier les forces, faiblesses, opportunités et menaces, qui a succédé au sous-groupe 1 ;
- un nouveau Groupe de travail du CCT sur la stratégie, qui a été établi, une fois que les sous-groupes 1 et 2 avaient atteint leurs objectifs, en conformité avec les critères pour être membre définis dans le Document 1. Le Groupe de travail sur la stratégie est permanent et poursuivra sa mission jusqu'à ce que le CCT prenne la décision d'y mettre fin.

Un document du sous-groupe 1 sur les termes de référence du CCT, approuvé par consensus par les membres du sous-groupe 1 (Document 2), a été discuté lors d'une séance spécifique précédant la 25^e session du CCT en juin 2010. Il a été décidé de modifier le texte des nouveaux termes de référence du CCT ; le texte révisé a été approuvé par le CCT lors de sa session plénière et par le CIPM en octobre 2010 (Document 3).

Une seconde mission a ensuite été confiée au sous-groupe 1, qui est de définir une méthodologie pour établir la stratégie du CCT, en prévision de la 26^e session du CCT en 2012. Un projet a été préparé et circulé pour commentaires (Document 4).

M. Uğur termine sa présentation en annonçant qu'il démissionne de ses fonctions de président du CCT et que M. Duan, NIM, Chine, lui succèdera. MM. Uğur et Duan participeront ensemble à la prochaine réunion du CCT afin que la transition se déroule le plus aisément possible.

M. Uğur remercie tous ceux qui lui ont apporté leur soutien alors qu'il présidait le CCT. Le président de la CGPM remercie M. Uğur pour sa présentation et demande s'il y a des questions.

M. Shehata (Égypte) demande quelle est la stratégie du BIPM vis-à-vis de la nanométrie. M. Kühne répond que les arguments pour que le BIPM élabore une stratégie dans le domaine de la nanométrie ne sont pas suffisants à l'heure actuelle, même si ce sujet fera partie des thèmes abordés lors des discussions sur la stratégie à long terme du BIPM.

23.5 Comité consultatif du temps et des fréquences

M. Énard, président du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), présente son rapport sur les activités du CCTF depuis la précédente réunion de la CGPM (2007).

Le CCTF s'est réuni une fois depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007) : la 18^e session du CCTF s'est ainsi tenue au siège du BIPM les 4 et 5 juin 2009. Cette session plénière du CCTF a été précédée de la réunion du Groupe de travail du CCTF sur le Temps atomique international (TAI), à laquelle des laboratoires participant au calcul du Temps universel coordonné (UTC) ont participé.

Cette session plénière du CCTF a permis de faire le point sur les progrès effectués concernant la mise au point et l'utilisation d'étalons primaires de fréquence dans les laboratoires nationaux, ainsi que sur les étalons de fréquence fondés sur des radiations qui pourraient être utilisés comme représentations secondaires de la seconde. La comparaison du CCTF, CCTF-K001.UTC, constitue l'unique comparaison clé dans le domaine du temps : ses résultats sont publiés chaque mois par le BIPM dans la *Circulaire T* qui établit ainsi la traçabilité à l'UTC des réalisations locales de l'UTC maintenues par les laboratoires nationaux participants, sans qu'il ne soit nécessaire de les publier sous une autre forme.

La Section du temps, des fréquences et de la gravimétrie du BIPM (désormais dénommée « Département du temps du BIPM ») a présenté au CCTF un rapport sur le travail accompli et sur les améliorations apportées aux échelles de temps de référence internationales, le TAI et l'UTC, ainsi qu'à la réalisation du temps terrestre TT(BIPM). Par ailleurs, la Section a soumis au CCTF le programme de travail proposé pour les années 2013 à 2016. Le CCTF a félicité les membres du personnel du BIPM pour la qualité de leur travail et a exprimé son soutien vis-à-vis du programme de travail proposé.

Le Groupe de travail du CCTF sur la stratégie a été créé lors de cette 18^e session et ses membres ont été désignés.

Les six recommandations suivantes ont été adoptées :

RECOMMANDATION CCTF 1 (2009) :

Mises à jour de la liste des fréquences étalons

- Les mises à jour de la liste des « valeurs recommandées de fréquences étalons destinées à la mise en pratique de la définition du mètre et aux représentations secondaires de la seconde » ont été approuvées par le CCTF.
- La fréquence et l'incertitude associées à l'atome neutre de ^{87}Sr ont été mises à jour et quatre nouvelles transitions optiques (concernant l'atome neutre de ^{88}Sr , l'ion de $^{40}\text{Ca}^+$, l'ion de $^{171}\text{Yb}^+$ et l'atome neutre de ^{171}Yb) ont été incluses dans la liste des fréquences étalons recommandées comme représentations secondaires de la seconde.

Cette recommandation a été soumise au CIPM en 2009 et adoptée comme Recommandation 2 (C2-2009).

Afin de soutenir cette recommandation et établir une liste des fréquences étalons recommandées comme représentations secondaires de la seconde, des progrès ont été réalisés concernant la mise au point d'étalons de fréquence optiques ultra-stables (horloges optiques) qui serviraient de fondement à une éventuelle redéfinition de la seconde du SI et à sa réalisation. Actuellement, les progrès effectués dans le domaine des techniques de comparaison de temps et de fréquences ne sont pas suffisants pour pouvoir comparer ce type d'étalons. Le CCTF a créé en 2006 le Groupe de travail sur la coordination de la mise au point de techniques avancées de comparaison de temps et de fréquences afin de suivre les avancées de ces techniques et proposer des améliorations.

Au cours des dernières années, plusieurs événements relatifs à l'éventuelle redéfinition de la seconde ont été organisés : la réunion intitulée « Optical clocks: a new frontier in high accuracy metrology » qui s'est tenue du 1^{er} au 3 décembre 2010 à Turin, Italie ; la discussion de la Royal Society intitulée « The New SI: Units of measurement based on fundamental constants » qui a eu lieu les 24 et 25 janvier 2011 à Londres, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord ; ainsi que l'atelier du BIPM intitulé « Workshop on Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques » organisé au siège du BIPM les 28 et 29 juin 2011.

Compte-tenu des performances actuelles des techniques de comparaison de temps et de fréquences, il n'est pas envisagé, dans un avenir proche, de modifier la définition de la seconde, bien que la communauté de la métrologie du temps et des fréquences espère parvenir à cet objectif.

RECOMMANDATION CCTF 2 (2009) :

Caractérisation des retards des équipements de comparaison de temps par systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) des laboratoires contribuant au Temps atomique international (TAI)

- Le CCTF recommande au BIPM de continuer d'organiser et de conduire des campagnes de mesure des retards des équipements des systèmes globaux de navigation par satellite en fonctionnement dans les laboratoires, et demande aux organisations régionales de métrologie d'apporter leur soutien au BIPM.

Le Département du temps du BIPM continue ainsi d'organiser des campagnes afin d'assurer l'étalonnage des équipements des laboratoires participant au calcul de l'UTC. Le BIPM coordonne, en collaboration avec une organisation régionale de métrologie, des actions afin que l'étalonnage des équipements GNSS soit renforcé au niveau régional.

RECOMMANDATION CCTF 3 (2009) :

Au sujet de la faiblesse de la définition actuelle de l'UTC

- Le CCTF recommande que les agences nationales et internationales, ainsi que les unions scientifiques concernées par la définition des échelles de temps internationales, réfléchissent de toute urgence aux décisions à prendre concernant la définition à venir de l'UTC, afin de parvenir dès que possible à un accord international à ce sujet.

Cette recommandation a été soumise au CIPM en 2009 et adoptée comme Recommandation 4 (C4-2009).

Des actions sont en cours au niveau international afin de parvenir à un accord sur la nouvelle définition d'un UTC sans discontinuités, c'est-à-dire sans secondes intercalaires. Le BIPM participe activement à l'Union internationale des télécommunications en tant que membre du secteur des radiocommunications (UIT-R). L'UIT-R soumettra au vote de ses administrations membres une recommandation sur la redéfinition de l'UTC lors de la prochaine World Radio Conference à Genève, Suisse, en 2012.

RECOMMANDATION CCTF 4 (2009) :

Concernant l'adoption d'un système de référence terrestre commun par la Conférence générale des poids et mesures

- La CCTF recommande de prendre les mesures nécessaires afin que le Système international de référence terrestre (ITRS), tel que défini par l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI), et réalisé de manière pratique par le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence (IERS) et le Service international GNSS (IGS), soit adopté par la Conférence générale des poids et mesures comme système de référence international terrestre unique pour toutes les applications métrologiques.

Cette recommandation a été soumise au CIPM en 2009 et adoptée comme Recommandation 1 (C1-2009).

RECOMMANDATION CCTF 5 (2009) :

Alignement des références géodésiques et synchronisation des références de temps par rapport aux références internationales

- Le CCTF recommande que les références géodésiques utilisées pour les systèmes globaux de navigation par satellite soient alignées le plus exactement possible sur le Système international de référence terrestre (ITRS), que les échelles de temps internes des systèmes globaux de navigation par satellite soient synchronisées le plus exactement possible sur l'UTC (modulo 1 s) et que les systèmes globaux de navigation par satellite diffusent, outre leurs propres échelles de temps, les écarts entre les échelles de temps des divers systèmes globaux. Le CCTF demande au BIPM de coordonner les actions nécessaires au sein du Comité international sur le GNSS (ICG) pour mettre en œuvre cette recommandation.

Cette recommandation a été soumise au CIPM en 2009 et adoptée comme Recommandation 3 (C3-2009).

RECOMMANDATION CCTF 6 (2009) :

Relation entre les prédictions des échelles de temps locales UTC(*k*), disséminées par les systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS), et le Temps universel coordonné (UTC) et le Temps atomique international (TAI)

- Le CCTF recommande que soient intégrées à la *Circulaire T* publiée par le BIPM des données sur la relation entre l'UTC et le TAI et les échelles de temps locales prédites UTC(*k*), disséminées par les systèmes globaux de navigation par satellite.

Le Département du temps du BIPM a pris les mesures nécessaires afin de publier, à compter de janvier 2011, ces valeurs dans la *Circulaire T*.

Membres du CCTF

Le nombre de membres du CCTF a augmenté depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007), les candidatures du CENAM, Mexique (2007), du NMISA, Afrique du Sud (2008) et du SP, Suède (2010) ayant été approuvées.

Prochaine réunion du CCTF

La 19^e session du CCTF se tiendra au siège du BIPM en septembre 2012.

Réunions des Groupes de travail du CCTF

Le Groupe de travail du CCTF sur les comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite s'est réuni une fois par an : à Borås (Suède) les 2 et 3 octobre 2008 ; à Poznań (Pologne) les 21 et 22 octobre 2009 ; à Beijing (Chine) les 16 et 17 septembre 2010 ; et à Tokyo (Japon) les 12 et 13 septembre 2011. Des réunions de stations mettant en œuvre cette technique se sont tenues à l'occasion de diverses réunions ou congrès internationaux.

Le Groupe de travail du CCTF sur le TAI a invité les laboratoires participant au calcul de l'UTC à une réunion au siège du BIPM les 4 et 5 juin 2009.

Le Groupe de travail du CCTF sur le CIPM MRA s'est réuni à Besançon (France) le 23 avril 2009 et a organisé des réunions informelles à deux autres occasions.

Le Groupe de travail du CCTF sur la stratégie s'est réuni deux fois depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007) : à Turin, Italie, le 1^{er} décembre 2010, et à San Francisco, États-Unis d'Amérique, le 2 mai 2011.

Le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence s'est réuni au siège du BIPM le 2 juin 2009.

Activités et travail accompli au BIPM

Ce paragraphe rend compte des activités dans le domaine du temps et des fréquences effectuées par le BIPM de 2007 à 2011. La Section du temps, des fréquences et de la gravimétrie du BIPM est devenue le Département du temps, des fréquences et de la gravimétrie au début de 2010, puis le Département du temps à compter de 2011. Dans un souci de clarté, le terme « Département du temps » est utilisé ci-après.

Publications

Le Département du temps établit la traçabilité à l'UTC des réalisations locales des laboratoires nationaux de métrologie par la publication mensuelle des valeurs [$UTC - UTC(k)$] dans la *Circulaire T* du BIPM ; ainsi, soixante-neuf laboratoires dans le monde entier maintiennent des échelles de temps locales traçables à l'UTC. Le Rapport annuel du BIPM sur les activités du temps a été publié pour les années 2007, 2008, 2009 et 2010 ; les versions électroniques des rapports de 2009 et 2010 sont disponibles sur le site internet du BIPM. Des rapports du BIPM sur les campagnes de mesures des retards relatifs des équipements des laboratoires nationaux de métrologie ont également été publiés, les informations pertinentes étant en accès libre sur le site internet du BIPM. En plus des publications du Département du temps, le site internet du BIPM comprend des informations mises à jour sur les échelles de temps.

Comparaisons d'horloges et liaisons horaires internationales

Le calcul de l'UTC repose sur les comparaisons des horloges des laboratoires participants, effectuée sur de longues distances à l'aide de diverses techniques, afin d'établir des liaisons horaires. Les progrès relatifs aux comparaisons d'horloges affectent directement la stabilité des échelles de temps et ont un impact sur leur incertitude. Le BIPM a mis au point des méthodes de comparaison de temps qui permettent d'obtenir de bons résultats à partir des données transmises par les équipements mis à niveau des laboratoires participants.

Les liaisons horaires établies à partir des observations fournies par les systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) et à partir des comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite sont utilisées pour comparer les horloges.

Les comparaisons de temps fondées sur le système GPS (Global Positioning System) ont été améliorées par l'utilisation d'une combinaison de mesures de la phase et du code de la fréquence porteuse (technique de positionnement précis (PPP) du GPS), ce qui a permis de réduire d'un facteur de 2 à 3 l'incertitude statistique de l'UTC.

À la fin de 2009, les observations de satellites du système GLONASS ont commencé à être utilisées pour les comparaisons d'horloges, une fois que les campagnes visant à caractériser les retards relatifs des équipements du GLONASS avaient été menées avec succès dans les laboratoires participants.

Il est certain qu'il est impossible, du fait de certaines contraintes liées aux équipements GNSS, d'atteindre une incertitude systématique meilleure que quelques nanosecondes, alors qu'il est aujourd'hui possible d'obtenir une incertitude statistique aussi satisfaisante que 0,3 ns. Ceci limite l'incertitude totale de l'UTC lorsque des comparaisons de temps fondées sur des équipements du GNSS sont utilisées. La technique de comparaison de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite, lorsque les équipements sont étalonnés, permet d'obtenir une incertitude systématique de 1 ns ou mieux. Afin de tirer parti du potentiel des systèmes GNSS et de la technique de comparaison de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite, le Département du temps a mis au point des méthodes pour combiner ces deux types de liaison.

Des campagnes d'étalonnage organisées par le BIPM sont menées régulièrement afin de déterminer les caractéristiques des retards relatifs des équipements de comparaisons de temps. Il est essentiel pour assurer l'exactitude de la dissémination du temps de poursuivre ces étalonnages. Dans ce but, et afin de suivre l'une des recommandations du CCTF, le BIPM et les organisations régionales de métrologie se sont mis d'accord pour partager le travail lié aux campagnes d'étalonnage, l'EURAMET conduira la première campagne régionale.

Par ailleurs, une nouvelle campagne d'étalonnage utilisant un ensemble de récepteurs du GPS a été expérimentée, l'objectif étant de contribuer au maintien de comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite de grande qualité dans la région Asie-Pacifique.

Horloges pour le TAI

Près de 350 horloges situées dans les laboratoires nationaux de métrologie participants contribuent au calcul de l'UTC effectué au BIPM. Ces horloges sont pour la plupart des horloges à césium du commerce, même si le nombre de masers à hydrogène augmente rapidement. La détermination complète des caractéristiques du bruit des horloges, ainsi que l'utilisation d'une procédure adéquate de pondération et d'un modèle de prédiction de la fréquence des horloges, sont nécessaires pour assurer la stabilité du TAI.

Deux facteurs ont été identifiés comme sources probables de la dérive du TAI : le nombre croissant de masers à hydrogène pour lesquels la méthode de prédiction de fréquence n'était pas adaptée, et le vieillissement des horloges à césium qui se traduit par des dérives de fréquence à long terme. Des études conduites par le Département du temps ont permis d'élaborer un nouveau modèle de prédiction de fréquence, qui a permis de réduire considérablement la dérive du TAI.

Étalons primaires de fréquence

Alors que la stabilité du TAI et de l'UTC est fondée sur un grand nombre d'horloges atomiques industrielles, le haut niveau d'exactitude du TAI et de l'UTC est obtenu à partir d'étalons primaires de fréquence, pour la majorité des fontaines à césium, qui sont mis au point et maintenus par certains laboratoires. De novembre 2007 à janvier 2011, les mesures de fréquence obtenues à l'aide de quinze étalons primaires de fréquence, parmi lesquels onze fontaines à césium, de huit laboratoires nationaux de métrologie ont participé à l'exactitude du TAI.

Coordination internationale

Le Département du temps du BIPM est en relation avec de nombreuses organisations internationales dont les activités sont liées à la gestion du temps. Parmi les activités de coordination internationale entre 2007 et 2011 figurent celles menées avec les organisations suivantes :

- l'Union internationale des télécommunications, secteur radiocommunications (UIT-R), dont le BIPM est membre : les représentants du BIPM ont apporté leurs conseils et compétences lors des discussions sur la future redéfinition de l'UTC sans secondes intercalaires, afin de s'assurer que l'UTC redéfini sera adapté aux applications modernes qui nécessitent une échelle de temps de référence continue ne présentant pas de sauts ;
- l'International Committee on GNSS (ICG), au sein duquel le BIPM a le statut d'observateur : les représentants du BIPM ont apporté leurs conseils et compétences lors des discussions sur l'adoption d'une référence internationale pour les systèmes de référence temporels et géodésiques du GNSS et les fournisseurs de services GNSS ont accepté de suivre certaines de leurs recommandations. Le BIPM préside le sous-groupe sur les références de temps de l'ICG.

Deux scientifiques du Département du temps du BIPM sont membres de commissions qui traitent des questions de temps dans le cadre du futur système global de navigation par satellite européen, Galileo. Ils apportent des conseils sur les applications scientifiques du système, ainsi que sur la stratégie à suivre en ce qui concerne les références de temps. Par ailleurs, deux scientifiques du Département du temps jouent un rôle actif dans des commissions de l'Union astronomique internationale (UAI) relatives aux références spatio-temporelles.

En coopération avec l'IERS, une nouvelle édition des Conventions de l'IERS (2010) a été publiée conjointement par le BIPM et l'US Naval Observatory.

Le président de la CGPM remercie M. Érard pour la présentation de son rapport.

23.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie

M. Hengstberger, président du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), présente son rapport sur les activités du CCPR depuis la précédente réunion de la CGPM (2007).

Le mode de fonctionnement du CCPR n'a pas changé depuis le dernier rapport sur les activités du CCPR présenté à la CGPM en 2007. Le CCPR se réunit environ tous les deux ans afin de discuter et approuver les rapports et recommandations qui lui sont soumis par ses Groupes de travail, ces derniers se réunissant approximativement tous les ans. Les Groupes de travail du CCPR sont présidés par des membres éminents de la communauté internationale de la photométrie et de la radiométrie et permettent de discuter en détail des sujets techniques. La communication entre les membres du CCPR et les Groupes de travail est assurée par courriel par le secrétaire exécutif du CCPR, M. Stock (BIPM). Ce dernier est tenu en haute estime par les membres du CCPR, à la fois pour son professionnalisme et pour ses compétences en photométrie et radiométrie. Depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007), le CCPR ne s'est réuni qu'une seule fois au siège du BIPM, en septembre 2009. La prochaine réunion du CCPR se tiendra peu après la 24^e réunion de la CGPM.

Les réunions des Groupes de travail du CCPR ont été organisées comme suit :

- tous les Groupes de travail se sont réunis en octobre 2008 au KRISS, République de Corée, en même temps que la conférence NEWRAD 2008 ;
- tous les Groupes de travail se sont réunis en 2009, préalablement à la session plénière du CCPR au siège du BIPM ;
- tous les Groupes de travail, à l'exception de celui sur les CMCs, se sont réunis en juillet 2010 au NPL, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord ;
- les Groupes de travail du CCPR continuent à se réunir simultanément aux conférences NEWRAD : ainsi, tous les Groupes de travail, à l'exception de celui sur les CMCs, se sont réunis lors de la conférence NEWRAD 2011 à Hawaii, États-Unis d'Amérique, en septembre 2011.

Les principales activités sur lesquelles les Groupes de travail du CCPR se sont concentrés ont été les suivantes :

- l'achèvement de la première campagne de comparaisons clés du CCPR ;
- l'évaluation des rapports de comparaison clé ;
- la planification de la seconde campagne de comparaisons clés du CCPR ;
- l'achèvement de sections supplémentaires des directives du CCPR relatives aux comparaisons clés ;
- l'évaluation des déclarations de CMCs par le Groupe de travail du CCPR sur les CMCs ;
- la mise en place de la structure du CCPR et la définition des termes de référence de tous les Groupes de travail, sous-groupes et forums de discussion ;
- l'examen de la formulation la plus appropriée pour la définition de la candela ;
- l'élaboration d'un document dans lequel le CCPR exprime sa position vis-à-vis du SI et de la candela ;
- l'examen des progrès effectués par les laboratoires nationaux de métrologie membres du CCPR, ainsi que par les organisations régionales de métrologie.

Il a été souligné, dans le rapport que le CCPR a présenté à la CGPM en 2007, que la réponse de l'œil humain aux différentes longueurs d'ondes (spectre d'action) n'avait été définie par la Commission internationale de l'éclairage (CIE) que pour l'œil humain adapté à la lumière (vision photopique) et à l'obscurité (vision scotopique). Le spectre d'action pour la région située entre ces deux domaines (vision mésopique, qui est utilisée par exemple la nuit sur route éclairée) reste difficile à cerner : ce n'est qu'au début de 2011 que la CIE a défini un spectre d'action mésopique fondé sur des performances visuelles. Il est désormais possible, grâce à ce travail, d'effectuer des mesures valides de la lumière (photométrie physique) pour tous les domaines de la vision humaine. Le CCPR doit ainsi examiner s'il adopte le spectre d'action mésopique nouvellement défini par la CIE en complément des spectres d'action scotopique et photopique, ce qui nécessitera de réviser la monographie « Principes régissant la photométrie » publiée en 1983 par le BIPM. Celle-ci pourrait alors probablement devenir la nouvelle mise en pratique de la définition de la candela. La proposition de créer un Groupe de travail commun au CCPR et à la CIE est ainsi en cours d'examen ; le BIPM et la CIE discuteront de cette question lors de leur réunion annuelle de liaison.

Le nouveau modèle de vision mésopique a des implications économiques potentiellement significatives. Près de 20 % de l'énergie électrique mondiale est utilisée pour l'éclairage. L'utilisation de sources de lumière à faible consommation d'énergie et l'application de calculs et mesures de la lumière plus exacts, à l'aide du modèle de vision mésopique, permettent de réaliser de considérables économies d'énergie sans pour autant réduire la qualité de la lumière. Cela n'a pas échappé aux décideurs politiques et aux agences de réglementation qui s'efforcent de réduire la consommation énergétique et de contenir le réchauffement climatique. La CIE et le CCPR soutiennent ces avancées par la mise en place de normes et de systèmes de métrologie appropriés.

Un atelier du BIPM sur les grandeurs physiologiques et unités du SI s'est tenu au siège du BIPM en novembre 2009. La conclusion de cet atelier a été la suivante :

La physiologie est l'étude des fonctions mécaniques, physiques et biochimiques des organismes vivants. Au cours de ces dernières années, les besoins concernant la quantification des effets d'une multitude de facteurs sur le corps humain, en particulier ceux liés à la santé et à la sécurité, ont augmenté. Pour quantifier ces effets de façon objective et comparable, il est nécessaire de commencer par définir correctement les mesurandes appropriés puis d'assurer, dans la plus large mesure, la traçabilité des mesures aux unités du SI. Il est également nécessaire d'élaborer dans certains cas des documents d'orientation sur l'évaluation de l'incertitude de mesure, notamment lorsque des mesurandes font référence à diverses échelles ordinales, ou lorsque les mesures sont qualitatives ou à variables multiples.

L'action de la lumière et du rayonnement optique (ultraviolet, lumière visible, infrarouge) sur l'œil humain et leurs effets sur le corps humain par d'autres voies (telles que la peau) sont caractérisés par différents spectres d'action normalisés par le travail de la CIE. Parmi ces effets figurent le bronzage, le rougissement de la peau, l'apparition de cancer de la peau, la production de pré-vitamine D3 dans la peau, la photokératite, la photoconjonctivite, la cataracte au rayonnement infrarouge, la cataracte au rayonnement ultraviolet de faible niveau, l'hyperbilirubinémie chez les nourrissons et la suppression de la mélatonine. Les mesures de ces effets impliquent des grandeurs physiologiques et des unités du SI dans les domaines de la photométrie, de la colorimétrie et de la radiométrie. L'atelier du BIPM de novembre 2009 a permis de discuter de ces effets, ainsi que des effets sur le corps humain des ondes radio et des micro-ondes, des rayonnements ionisants (tels que les rayons x et gamma), du son et des ultrasons, des champs magnétiques et des grandeurs biologiques.

Le CENAM (Mexique) a demandé à être membre du CCPR, ce qui a été accepté. Le statut d'observateur a été accordé à la CIE et à l'Organisation météorologique mondiale (OMM). La candidature du CMI (République tchèque) au statut d'observateur est en cours d'examen par le CCPR.

Groupe de travail sur les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages

Les termes de référence du Groupe de travail du CCPR sur les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages sont les suivants :

- coordonner et approuver la définition des catégories de services requises par les organisations régionales de métrologie, ainsi que maintenir ces listes et, si nécessaire, des règles pour préparer la publication des CMCs ;
- se mettre d'accord sur des critères d'examen technique détaillés ;
- coordonner et, si nécessaire, entreprendre des examens interrégionaux des CMCs soumises par les organisations régionales de métrologie pour publication dans l'annexe C du CIPM MRA ;
- fournir des directives sur les domaines de CMCs étayés par des comparaisons clés ou supplémentaires particulières ;
- suggérer au Groupe de travail du CCPR sur les comparaisons clés des domaines dans lesquels des comparaisons clés et supplémentaires pourraient être nécessaires ;
- coordonner l'examen des CMCs existantes, au vu des nouveaux résultats des comparaisons clés et supplémentaires.

Les membres du Groupe de travail du CCPR sur les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages sont les représentants des Comités techniques des organisations régionales de métrologie dans les domaines de la photométrie et de la radiométrie. La présidence du Groupe de travail est assurée chaque semestre, à tour de rôle, par l'un des présidents des Comités techniques des organisations régionales de métrologie.

La majorité des CMCs soumises ont été traitées et de nouvelles propositions de CMCs en photométrie et radiométrie sont examinées chaque année. Ces propositions doivent être soumises aux organisations régionales de métrologie en octobre, puis l'examen interne aux organisations régionales de métrologie doit être terminé avant le mois de février de l'année suivante. La procédure d'examen interrégional débute le 1^{er} mars de chaque année. Le Groupe de travail a préparé un tableau qui établit le lien entre les CMCs et les comparaisons clés qui les étayent.

Trente-huit pays de toutes les organisations régionales de métrologie fournissent des services en photométrie et radiométrie qui sont publiés dans la KCDB. Ces services couvrent 58 grandeurs différentes avec environ 80 combinaisons possibles de paramètres dans de nombreux domaines de mesure et régions de longueurs d'onde, allant de l'ultraviolet dans le vide à l'infrarouge lointain, selon les catégories suivantes :

- la photométrie (mesure de la lumière telle que perçue par l'œil humain) ;
- les propriétés des sources et des récepteurs ;
- les propriétés des matériaux ;
- les fibres optiques.

Le nombre total de CMCs publiées dans les domaines de la photométrie et de la radiométrie dans la KCDB était en septembre 2011 de 1175. Cela représente la majorité des services offerts par les signataires du CIPM MRA dans ces domaines. Le nombre de CMCs n'augmente désormais que d'un faible pourcentage chaque année. Les nouvelles CMCs déclarées et les modifications apportées aux CMCs existantes ont atteint leur vitesse de croisière et demandent bien moins de ressources aux organisations régionales de métrologie pour leur examen que lors des premières années qui ont suivi la signature du CIPM MRA.

Entre 2007 et 2011, le Groupe de travail du CCPR sur les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages s'est réuni à Daejeon, République de Corée (octobre 2008) et au siège du BIPM (septembre 2009).

Groupe de travail sur les comparaisons clés

Le Groupe de travail du CCPR sur les comparaisons clés est présidé par M. Ohno, NIST (États-Unis d'Amérique). Les termes de référence de ce Groupe de travail sont les suivants :

- établir et maintenir une liste de comparaisons clés et autres, dans les domaines de la photométrie et de la radiométrie, qui étayeront de manière appropriée les déclarations de CMC des laboratoires nationaux de métrologie dans ce domaine de mesure, tel que prévu par le CIPM MRA ;
- coordonner et établir un programme de comparaisons clés, examiner l'état d'avancement des comparaisons et recommander au CCPR d'inclure les résultats des comparaisons clés à l'annexe B de la base de données du CIPM MRA (KCDB) ;
- fournir des directives supplémentaires sur l'organisation des comparaisons clés conduites dans le cadre du CIPM MRA, en particulier dans les domaines de la photométrie et de la radiométrie, et/ou des orientations sur ces directives ;
- recommander des principes généraux concernant le calcul des valeurs de référence des comparaisons clés en photométrie et radiométrie ;
- donner des conseils sur les domaines de CMCs étayés par des comparaisons clés particulières au Groupe de travail du CCPR sur les CMCs ;
- suivre et approuver les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et donner des conseils sur les comparaisons supplémentaires des organisations régionales de métrologie.

Jusqu'à présent, le Groupe de travail a défini six grandeurs en photométrie et radiométrie pour lesquelles des comparaisons clés sont organisées ; les exercices correspondant à la première série de comparaisons clés sont terminés ou en cours. Les comparaisons clés sont souvent divisées en différentes sous-comparaisons, qui correspondent à différents domaines de longueurs d'onde et nécessitent différents instruments ou techniques. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés comprend un ou plusieurs sous-groupes pour chaque comparaison clé en cours. Lorsque des comparaisons clés d'une même grandeur sont effectuées à plusieurs longueurs d'onde, plusieurs sous-groupes et plusieurs laboratoires pilotes s'occupent des sous-comparaisons individuelles. Une lettre ajoutée au numéro de la comparaison clé identifie la sous-comparaison et le sous-groupe. Les membres du sous-groupe sont des représentants du laboratoire pilote et de certains laboratoires participants. Chaque sous-groupe présente l'état d'avancement de la comparaison qu'il a en charge, ainsi que les problèmes rencontrés, lors des réunions du Groupe de travail sur les comparaisons clés. Les sous-groupes sont dissous une fois le rapport final de la comparaison concernée produit.

Le CCPR prépare des projets de directives concernant divers sujets liés aux comparaisons qui sont constamment mis à jour. Ces documents portent sur :

- la préparation des rapports de comparaison du CCPR (Révision 2 approuvée ; Révision 3, Projet 1.3 en cours de discussion) ;
- la préparation des comparaisons clés du CCPR (Projet 1.4) ;
- les comparaisons clés bilatérales du CCPR et des organisations régionales de métrologie (Projet 2.1) ;
- les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie en photométrie et radiométrie (Projet 2.1) ;
- les comparaisons supplémentaires des organisations régionales de métrologie en photométrie et radiométrie (Projet 1.1).

Les versions approuvées par le CCPR sont déjà utilisées pour les comparaisons en cours. D'autres projets de documents pourraient être terminés et soumis à l'approbation du CCPR lors de la réunion du Groupe de travail du CCPR sur les comparaisons clés organisée en 2011 à Hawaii, États-Unis d'Amérique.

Afin de rationaliser l'organisation des comparaisons clés du CCPR, le Groupe de travail sur les comparaisons clés a proposé de limiter le nombre de participants à 12 et a établi des critères de sélection pour choisir les participants aux comparaisons clés du CIPM en photométrie et radiométrie. Ainsi, pour participer à une comparaison clé du CCPR, un laboratoire doit :

- i. être membre du CCPR,
- ii. être disposé à assurer la liaison avec une comparaison clé correspondante conduite par une organisation régionale de métrologie,
- iii. réaliser une échelle indépendante,
- iv. avoir des CMCs pour la grandeur comparée couvrant le domaine entier de longueurs d'onde, au moment de l'appel à participation.

Pour les nouvelles comparaisons clés, la quatrième condition n'est pas requise. Dans certains cas exceptionnels, le Groupe de travail sur les comparaisons clés peut accepter que le laboratoire participant ne remplisse pas une ou plusieurs de ces conditions pour une comparaison particulière. Si le nombre total de candidatures pour participer à une comparaison clé est égal ou inférieur à 12, tous les laboratoires sont acceptés. Si le nombre de candidatures est supérieur à 12, il est proposé que les organisations régionales de métrologie limitent le nombre de leurs participants dans la comparaison clé du CCPR de la façon suivante :

Organisations régionales de métrologie	Nombre maximum de participants
Groupe 1 : EURAMET + COOMET	6
Groupe 2 : APMP + AFRIMETS	4
Groupe 3 : SIM	2

Chaque groupe d'organisations régionales de métrologie définira sa propre méthode de sélection des laboratoires participants et les règles qui en résulteront seront incluses aux documents d'orientation concernés du CCPR. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés a convenu que seules les comparaisons bilatérales visant à améliorer le résultat d'un laboratoire national de métrologie qui a fait une erreur de mesure lors d'une précédente comparaison clé du CCPR

seront considérées comme des comparaisons bilatérales du CCPR. Toutes les autres comparaisons bilatérales, destinées à aligner les valeurs des laboratoires nationaux de métrologie avec les valeurs de référence de comparaisons clés effectuées par le passé, seront désignées comme « comparaisons bilatérales des organisations régionales de métrologie ». Un accord a aussi été trouvé concernant les critères requis pour être membre du Groupe de travail du CCPR sur les comparaisons clés.

En ce qui concerne les comparaisons clés, la première série de mesures est achevée et seuls les rapports de K5 (projet B, 2^e étape) et de K2.c (pré-projet A) sont encore en cours de rédaction. L'ordre de mise en œuvre des comparaisons de la seconde série a été convenu et les laboratoires pilotes ont été sélectionnés (l'année indiquée est celle où il est prévu de commencer les mesures) :

Année	Comparaison clé	Grandeur	Laboratoire pilote	État
2011	K6	Transmission spectrale régulière	MSL	protocole prêt
2012	K3	Intensité lumineuse	NRC	
2012	K4	Flux lumineux	NMIJ	
2013	K2.b	Sensibilité spectrale (300 nm à 1000 nm)	KRISS	
2013	K2.a	Sensibilité spectrale (900 nm à 1600 nm)	NPL	
2014	K1.a	Éclairement énergétique spectral (250 nm à 2500 nm)	NMIA	
2015	K5	Réflexion spectrale diffuse	MIKES	
2016	K1.b	Éclairement énergétique spectral (200 nm à 350 nm)	NIST	
2017	K2.c	Sensibilité spectrale (200 nm à 400 nm)	PTB	
2019	K2.d	Sensibilité spectrale (10 nm à 200 nm)	PTB	

Le protocole de la comparaison K6 (identifiée comme « CCPR-K6.2010 » dans la KCDB) a été convenu et la vérification des artefacts nécessaires à la comparaison (filtres en verre) a été menée dans le laboratoire pilote. Un appel à participation pour les comparaisons K3 et K4 a été lancé parmi les membres du CCPR et le sous-groupe de la comparaison K3 a recommandé d'utiliser des lampes étalons comme artefacts.

Le Groupe de discussion du CCPR sur l'analyse des résultats de comparaisons a organisé avec succès un atelier sur ce thème en juillet 2010 au NPL, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du nord. Il soutiendra le travail du Groupe de travail sur les comparaisons clés en regroupant les conseils de statisticiens et autres experts, ce qui est souvent nécessaire pour préparer ou revoir le protocole d'une comparaison.

Le Groupe de travail sur les comparaisons clés s'est réuni à Daejeon, République de Corée (octobre 2008), au siège du BIPM (septembre 2009), à Teddington, Royaume-Uni de

Grande-Bretagne et d'Irlande du nord (juillet 2010) et à Maui, États-Unis d'Amérique (septembre 2011).

Groupe de travail sur la stratégie

Le Groupe de travail du CCPR sur la stratégie est présidé par Mme Zwinkels, CNRC (Canada).

Les termes de référence du Groupe de travail du CCPR sur la stratégie sont les suivants :

- établir et maintenir un document de planification stratégique pour le CCPR, conformément au document de directives du CIPM destiné aux Comités consultatifs ;
- conseiller le CCPR sur la structure la plus appropriée à son mode de fonctionnement ;
- préparer et maintenir les critères de sélection des membres du CCPR et de ses groupes de travail ;
- suivre l'état d'avancement du futur Système international d'unités ;
- examiner de façon régulière et mettre à jour la mise en pratique de la définition de la candela.

Le Groupe de travail sur la stratégie comprend cinq sous-groupes de travail : le sous-groupe 1 sur les termes de référence, le sous-groupe 2 sur les critères pour être membre du CCPR et de ses Groupes de travail, le sous-groupe 3 sur la structure du CCPR, le sous-groupe 4 sur le SI et le sous-groupe 5 sur la mise en pratique de la définition de la candela. Il a été mis fin aux sous-groupes 1 et 3 en 2010, une fois leurs objectifs atteints avec succès. Les critères établis par le sous-groupe 2 ne s'appliquent pour le moment qu'au Groupe de travail sur les comparaisons clés.

Le sous-groupe 3 a recommandé que des groupes de discussion soient intégrés à la structure du CCPR afin de simplifier les échanges entre le CCPR et les experts extérieurs. Le CCPR a accepté cette proposition mais a renommé les groupes de discussion « forums de discussion sur... ». Seuls des membres du CCPR peuvent participer à ces forums, bien que d'autres experts puissent y être invités pour leurs compétences particulières. Un forum de discussion sur les fibres optiques et un autre sur la métrologie à faible flux de photons ont été organisés. Un forum de discussion sur la métrologie des terahertz a été créé en 2010 afin de faciliter la discussion sur de nouveaux domaines émergents au sein d'un panel d'experts plus large.

Les membres du sous-groupe 4 ont préparé un document de prise de position sur le SI et la candela qui sera publié dans *Metrologia*.

Suite à une proposition du Comité consultatif des unités (CCU), les membres du Groupe de travail du CCPR sur la stratégie ont soutenu l'adoption d'une formulation à constante explicite pour la définition de la candela dans le cadre du SI révisé. Le CCPR a approuvé cette recommandation et un sous-groupe *ad hoc*, présidé par M. Ohno, aura pour mission de mettre à jour la monographie « Principes régissant la photométrie » publiée par le BIPM en 1983 qui servira de base à la future mise en pratique de la définition de la candela. La proposition de rendre ce sous-groupe de travail commun à la CIE et au CCPR et d'examiner la possibilité d'intégrer les recommandations de la CIE sur la vision mésopique a été acceptée.

Le Groupe de travail sur la stratégie s'est réuni à Daejeon, République de Corée (octobre 2008), au siège du BIPM (septembre 2009), à Teddington, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du nord (juillet 2010) et à Maui, États-Unis d'Amérique (septembre 2011).

Le président de la CGPM remercie M. Hengstberger pour la présentation de son rapport.

23.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants

M. Carneiro, président du Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI), présente son rapport sur les activités du CCRI depuis la précédente réunion de la CGPM (2007).

Présentation du CCRI

Le Comité consultatif des rayonnements ionisants, qui a changé de nom en 1997, existe depuis 1958. Parmi ses activités figurent la définition de grandeurs et d'unités, les étalons à rayons X et à rayons gamma, la dosimétrie des particules chargées et des neutrons, les mesures de radioactivité et le Système international de référence (SIR) pour la mesure d'activité de radionucléides, ainsi que le fait de conseiller le CIPM sur les questions liées aux rayonnements ionisants.

La traçabilité des mesures dans le domaine des rayonnements ionisants couvre les grandeurs, unités et domaines de mesure suivants : dose absorbée (unité : le gray (Gy), domaine de mesure : nGy à 100 kGy) ; équivalent de dose (unité : le sievert (Sv), domaine de mesure : nSv au Sv) ; activité d'un radionucléide (unité : le becquerel (Bq), domaine de mesure : mBq au GBq) ; et fluence de neutrons (unité : cm^{-2} , domaine de mesure : 10^3 cm^{-2} à 10^{16} cm^{-2}). Les laboratoires d'étalonnage atteignent en général un niveau d'incertitude de l'ordre de 1 %, les hôpitaux un niveau de 5 % (par exemple en radiothérapie ou en médecine nucléaire). En ce qui concerne les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages, les laboratoires d'étalonnage se doivent de répondre aux exigences requises pour assurer un traitement du cancer en toute sécurité.

Le CCRI est structuré en trois Sections et en un certain nombre de Groupes de travail :

- la Section I : Rayons x et gamma, particules chargées, qui comprend trois Groupes de travail ;
- la Section II : Mesure des radionucléides, qui compte cinq Groupes de travail ;
- la Section III : Mesures neutroniques, avec son unique Groupe de travail.

Les Sections et Groupes de travail du CCRI se réunissent en général les années impaires, au siège du BIPM ou sur un autre site pratique pour l'ensemble des participants où se déroule en général une réunion scientifique. Le CCRI est composé uniquement des présidents des trois Sections, du directeur du BIPM, ainsi que du secrétaire exécutif et du président du CCRI. Les sessions plénières du CCRI se tiennent les années impaires, généralement à la suite des réunions des Sections ; des représentants de diverses organisations internationales concernées par le domaine des rayonnements ionisants y participent en tant qu'invités. Certains Groupes de travail sont chargés de traiter des questions spécifiques au CIPM MRA, et d'autres de mettre au point de nouveaux équipements de comparaison et de résoudre les problèmes techniques rencontrés lors des comparaisons.

Le CCRI est le troisième Comité consultatif en termes de nombre de CMCs déclarées, la plupart de celles-ci étant soutenues par les comparaisons clés du Système international de référence (SIR). Le SIR permet d'établir un ensemble commun de références de mesure d'activité pour quelque 65 radionucléides : il est crucial de le maintenir car c'est un équipement de référence international unique que le BIPM met à la disposition des laboratoires nationaux de métrologie. La mise au point d'un équipement de secours est en cours afin d'assurer la continuité du SIR en cas d'incident endommageant ce système unique.

Un autre aspect unique du CCRI est l'impact direct de son travail sur le réseau de laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie commun à l'AIEA et à l'OMS : ce réseau de laboratoires

secondaires, implantés dans de nombreux États qui ne sont pas parties prenantes au CIPM MRA, permet de faire bénéficier des États autres que les États Membres et les Associés du travail accompli par le BIPM.

Le CCRI, en particulier ses Sections I et II, s'appuie sur le travail effectué par le Département des rayonnements ionisants du BIPM dans le cadre de son programme de travail.

Points marquants du travail du CCRI

Parmi les activités effectuées par le CCRI depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007), trois points sont à souligner :

- le projet d'un accélérateur linéaire de type médical au siège du BIPM ;
- l'adoption d'un programme stratégique pour le CCRI ;
- le cinquantième anniversaire du CCRI.

Projet d'un accélérateur linéaire de type médical sur le site du BIPM

Le projet d'installer sur le site du BIPM un accélérateur linéaire de type médical pour la dosimétrie en radiothérapie est la question la plus importante pour le CCRI en raison de l'impact majeur de ce projet sur la traçabilité des méthodes thérapeutiques modernes, tant aujourd'hui qu'à l'avenir. Ce projet fait suite à la Résolution 3 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion, invitant le CIPM à présenter, à la CGPM lors de sa 24^e réunion, diverses possibilités pour faire face aux besoins en matière de comparaisons et d'étalonnages en dosimétrie, au moyen d'un accélérateur linéaire. L'objectif est de parvenir à assurer l'équivalence mondiale des étalons de dosimétrie dans les faisceaux d'accélérateurs linéaires utilisés pour la radiothérapie, d'optimiser les avantages curatifs pour les patients, et d'établir l'équivalence des grandeurs dosimétriques pour les comparaisons clés à venir. La comparaison clé BIPM.RI(D)-K6 a été mise en place afin d'acquérir de l'expérience dans l'établissement des degrés d'équivalence : elle consiste à effectuer, dans chacun des laboratoires nationaux de métrologie participants, des comparaisons sur site de dosimétrie dans des faisceaux de rayons x aux hautes énergies délivrés par les accélérateurs linéaires, à l'aide de l'étalon primaire calorimétrique du BIPM apporté sur place. Dans le rapport qu'il a présenté au CIPM, le Groupe de travail du CCRI sur la dosimétrie des accélérateurs a conclu qu'il était nécessaire pour le BIPM de disposer de son propre accélérateur afin d'atteindre l'incertitude requise pour les comparaisons et pour la détermination des caractéristiques des étalons nationaux, sans avoir recours à des ressources excessives. Ainsi, le BIPM et le Groupe de travail sur la dosimétrie des accélérateurs ont collaboré sur les détails du projet et leurs conclusions ont été intégrées au programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016.

Le financement d'un accélérateur linéaire nécessitera un lourd investissement initial, qui sera effectué à partir du Fonds d'investissement du BIPM, mais les coûts de fonctionnement pourront être couverts par le budget prévu pour les années 2013 à 2016 en réorganisant les ressources. Le CCRI étudiera la possibilité d'un financement externe pour l'investissement initial exceptionnel requis.

Deux autres solutions ont été examinées par le CCRI pour établir un programme de comparaisons clés dans les faisceaux d'accélérateurs. La première solution serait d'avoir recours à l'accélérateur d'un laboratoire national de métrologie en louant du temps d'utilisation : cela permettrait de ne pas avoir à effectuer d'investissement initial mais génère des problèmes pratiques concernant la disponibilité et les réglages de l'accélérateur, ce qui rend cette solution

moins intéressante que l'installation de l'équipement au siège du BIPM. Sur le long terme, il est estimé que cette solution serait plus coûteuse. La seconde solution serait de poursuivre le service actuel associé à la comparaison clé BIPM.RI(I)-K6 ; toutefois, cette solution exige de la main d'œuvre et s'avère inefficace sur le long terme. En outre, ces deux solutions sont réalisables mais ne permettent pas d'atteindre le niveau d'incertitude requis.

En disposant d'un accélérateur linéaire de type médical au siège du BIPM, le Département des rayonnements ionisants deviendra un partenaire de choix pour des scientifiques envoyés en détachement. Le CCRI félicite le BIPM pour les efforts qu'il déploie afin de convaincre des organisations partenaires de soutenir le projet d'accélérateur et afin d'organiser le financement nécessaire pour mettre en place le projet.

Adoption d'un programme stratégique pour le CCRI

Le programme stratégique du CCRI a été élaboré en 2009, puis mis à jour en 2010 et en 2011 en fonction des progrès effectués par le BIPM et par les membres des Sections du CCRI. Le CCRI a discuté des actions à venir, en faisant la distinction entre le court terme, le moyen terme et le long terme, afin de parvenir à un consensus sur le rôle et les activités du CCRI. Le fait d'élaborer un programme stratégique, en veillant à produire un document plus descriptif et plus compréhensible pour les lecteurs non-initiés, constitue une tâche permanente. Le suivi continu des actions menées par les Groupes de travail du CCRI fait partie de la stratégie du CCRI.

Le programme stratégique est un document pratique, disponible sur le site internet dédié au CCRI. Il rend compte des divers points de vue des parties concernées par la métrologie des rayonnements ionisants afin de parvenir à mettre en place des actions cohérentes. Le document de stratégie fixe des délais qui concordent avec les périodes budgétaires du BIPM, et définit les priorités qui sont révisées en permanence afin de s'assurer de leur pertinence.

Cinquantième anniversaire du CCRI

Le 50^e anniversaire du CCRI a été célébré en 2009, lors des réunions du CCRI et de ses Sections. Au cours de chacune de ces réunions, des orateurs invités ont fait des présentations sur des thèmes qui présentent un intérêt à moyen terme et à long terme pour la métrologie des rayonnements ionisants, tels que la nanodosimétrie et les étalons radiobiologiques, la stabilité à long terme des mesures d'activité de radionucléides à l'aide de chambres d'ionisation, et la dosimétrie numérique pour la métrologie des neutrons.

Trois numéros spéciaux de *Metrologia* ont été publiés. Chacun de ces numéros constitue une monographie indépendante regroupant les dernières données et réflexions dans un domaine métrologique hautement spécialisé : les deux premiers numéros sur la dosimétrie et sur la métrologie des radionucléides (correspondant aux domaines d'activité des Sections I et II du CCRI respectivement) ont été publiés et très favorablement accueillis ; le troisième numéro sur la métrologie des neutrons (Section III) est en cours de publication.

Le fait de célébrer le cinquantième anniversaire du CCRI a permis de revenir sur les événements marquants de la métrologie des rayonnements ionisants, au BIPM et dans le monde. Vingt-quatre certificats d'appréciation ont par ailleurs été décernés aux précédents présidents et membres du CCRI pour leur contribution exceptionnelle au travail du CCRI et de ses Sections.

Quelques données chiffrées

Utilisateurs finaux de la métrologie des rayonnements ionisants

Du fait de la stricte réglementation de l'utilisation des rayonnements ionisants, il est possible d'évaluer le nombre d'utilisateurs finaux de la métrologie dans ce domaine :

- 7 millions de patients sont traités chaque année par radiothérapie dans le monde entier ;
- 33 millions de patients sont diagnostiqués ou traités chaque année par médecine nucléaire dans le monde entier ;
- 360 millions de patients sont diagnostiqués chaque année à l'aide des rayons x dans le monde entier ;
- 11 millions de personnes qui travaillent dans le domaine des rayonnements ionisants sont suivies dans le monde entier afin de surveiller la dose de rayonnements à laquelle elles sont exposées.

Le CCRI dans la KCDB

La KCDB comprend quelque 3 909 CMCs¹² dans le domaine des rayonnements ionisants sur les 24 188 CMCs que la KCDB contient au total, parmi lesquelles 973 pour la Section I du CCRI, 2 742 pour la Section II et 194 pour la Section III. Environ 35 États, ainsi que deux organisations internationales, participent aux activités menées sous les auspices du CCRI.

Dans le domaine des rayonnements ionisants, les activités métrologiques sont principalement effectuées par des laboratoires désignés, avec parfois une interaction relativement restreinte avec le laboratoire national de métrologie concerné. Le CCRI étudie la façon d'intensifier les relations entre les laboratoires désignés et les laboratoires nationaux de métrologie, dans l'intérêt des deux parties.

Les 3 909 CMCs dans le domaine des rayonnements ionisants sont étayées par 193 comparaisons clés et supplémentaires en cours. Dans la KCDB, 137 de ces comparaisons sont des « comparaisons du BIPM », ce qui démontre la participation active du BIPM au travail du CCRI. Au cours des quatre dernières années, la procédure à suivre pour une comparaison clé ou supplémentaire, de son lancement au rapport final, a été améliorée et accélérée. Par ailleurs, du fait de l'utilisation d'une « matrice de méthodes de mesure » permettant d'entrecroiser les résultats des comparaisons, relativement peu de données du SIR étayant des CMCs datent désormais de plus de dix ans, ce qui correspond à la limite de validité recommandée par le CCRI. En outre, l'intérêt vis-à-vis d'un nombre croissant de comparaisons orientées sur des applications spécifiques telles que la mammographie, la curiethérapie et la radiothérapie à partir d'accélérateurs linéaires s'est accru.

Le rapport CMCs/comparaisons est de 20:1 dans le domaine des rayonnements ionisants, ce qui est identique aux chiffres globaux de la KCDB. Toutefois, en raison de la multitude de radionucléides et de techniques de mesure, il n'est possible d'accroître ce rapport que par l'utilisation d'une matrice de méthodes de mesure. Cette matrice, mise au point au cours de la décennie passée, permet de transférer les résultats d'une comparaison à une série de mesures similaires et ainsi de soutenir un plus grand nombre de CMCs. Enfin, on observe dans le

¹² Données du 3 octobre 2011.

domaine de la dosimétrie pour la radiothérapie une transition des étalons de kerma dans l'air aux étalons de dose absorbée dans l'eau, et par là-même d'un type de comparaison à un autre.

Groupes de travail du CCRI

Les activités des Groupes de travail du CCRI et de ses Sections sont présentées ci-après.

Cinq Groupes de travail sont considérés comme « permanents » et traitent de différents sujets parmi lesquels ceux liés à la mise en œuvre du CIPM MRA. La discussion sur la stratégie du CCRI a désormais bien évolué et la mission d'élaborer un programme stratégique pour la métrologie des rayonnements ionisants et de le mettre à jour si nécessaire a été confiée au Groupe du CCRI sur la stratégie. Un autre Groupe de travail s'assure que les CMCs dans le domaine des rayonnements ionisants sont correctement publiées dans la KCDB, en collaboration avec les organisations régionales de métrologie, le JCRB, et les Groupes de travail sur les comparaisons clés des Sections I, II et III du CCRI qui supervisent les comparaisons clés et supplémentaires.

Cinq Groupes de travail sont chargés d'élargir le champ d'application des comparaisons clés et de s'assurer de la fiabilité des résultats publiés dans la KCDB dans le domaine des rayonnements ionisants. Le Groupe de travail de la Section I sur les étalons en curiethérapie a été établi par la Section I afin de superviser le protocole de la comparaison clé de sources scellées pour la curiethérapie nouvellement mise en place ; ce Groupe de travail a également contrôlé la première campagne de comparaisons de dosimétrie à des niveaux de dose élevés avec des sources de ^{192}Ir qui a commencé en 2010. Le Groupe de travail de la section II sur l'extension du SIR travaille sur l'extension du SIR aux émetteurs de rayonnement β pur au moyen du système de comptage par scintillation liquide ; des résultats encourageants ont été obtenus pour le radionucléide ^3H et le Groupe de travail s'intéresse désormais au radionucléide ^{63}Ni . Le Groupe de travail de la Section II sur les instruments de transfert a établi le protocole pour la comparaison clé du radionucléide à courte durée de vie $^{99\text{m}}\text{Tc}$, le plus utilisé en médecine nucléaire ; ce Groupe de travail aide le BIPM à mettre au point un instrument de transfert pour la tomographie par émission de positons (PET) de radionucléides à durée de vie encore plus courte. Le Groupe de travail de la Section II sur les incertitudes, qui apporte son soutien à la Section II du CCRI, au BIPM et aux organisations régionales de métrologie afin d'évaluer les incertitudes des mesures d'activité de radionucléides, en particulier dans le cadre de la mise au point de la matrice de méthodes de mesure, est susceptible de rejoindre le Groupe de travail sur les comparaisons clés de la Section II étant donné qu'il a maintenant pratiquement accompli le travail qui lui avait été confié. Un cinquième Groupe de travail, celui de la Section II sur la réalisation du becquerel, met au point un étalon primaire international pour la réalisation du becquerel afin de rendre plus robuste la conservation de l'unité d'activité d'un radionucléide. L'existence de ces Groupes de travail est limitée dans le temps : ils seront dissous une fois leurs objectifs atteints.

Deux Groupes de travail ont été créés pour traiter de sujets spécifiques : le premier, le Groupe de travail de la Section I sur la dosimétrie des accélérateurs, a été mis en place afin de répondre à la Résolution 3, adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion, invitant le CIPM à présenter, à la Conférence générale lors de sa 24^e réunion, diverses possibilités pour faire face aux besoins en matière de comparaisons et d'étalonnages en dosimétrie, au moyen d'un accélérateur linéaire ; le second, le Groupe de travail de la section II sur les systèmes de détection de photons à haut rendement, a été créé afin d'aider l'auteur d'une monographie sur ce sujet. Il sera mis fin à ces deux Groupes de travail dès qu'ils auront accompli leurs tâches.

Perspectives

Le CCRI a discuté des orientations à venir suivantes concernant ses activités :

- En ce qui concerne le prochain programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016, le CCRI et ses trois Sections s'attendent à ce que le secteur médical continue à avoir une certaine influence sur la métrologie des rayonnements ionisants, avec pour principal élément moteur le fait d'établir la traçabilité dans le domaine de la dosimétrie des accélérateurs. Il est nécessaire que la communauté de la métrologie des rayonnements ionisants, constituée d'une quarantaine de laboratoires ainsi que du BIPM, soit parfaitement préparée pour relever les défis à venir : la question principale sera de transférer la traçabilité des étalons primaires aux équipements des hôpitaux avec une exactitude suffisante pour assurer un traitement optimal aux patients. L'étalonnage des accélérateurs linéaires constituera le plus grand défi.
- En dépit de l'accident survenu récemment dans une centrale nucléaire au Japon suite à un tsunami et à un tremblement de terre dévastateur, l'énergie nucléaire sera nécessaire pour combler le fossé énergétique entre l'utilisation des énergies fossiles et celle des sources d'énergie durables. Toutefois, cela nécessitera de redynamiser l'industrie nucléaire et d'investir de façon significative dans la métrologie nucléaire, et en particulier dans la mise à jour des sections efficaces d'absorption des neutrons.
- Du fait des questions de sécurité liées à d'éventuelles attaques terroristes à l'aide de matériaux biologiques, chimiques ou radioactifs, le niveau de sécurité et de contrôle concernant la manipulation de tels produits s'est accru. Cette menace permanente renforce la nécessité de disposer d'une surveillance environnementale efficace de la radioactivité. Les organismes dont la mission est de contrôler et protéger la population par une préparation aux situations d'urgence en cas d'irradiation par des matériaux radioactifs vont probablement devoir faire face à une charge de travail plus importante.

Liste d'actions

Le CCRI, après avoir discuté de sa stratégie, a établi ses priorités pour les années 2013 à 2016, parmi lesquelles :

- l'acquisition et l'installation au siège du BIPM d'un équipement de référence international fondé sur un accélérateur linéaire ;
- l'organisation de comparaisons en dosimétrie des électrons ;
- l'identification des comparaisons qui permettent d'étayer la dosimétrie des petits champs pour la radiothérapie avec modulation d'intensité (IMRT) ;
- la mesure des sections efficaces d'absorption des neutrons ;
- la redynamisation de la métrologie des neutrons ;
- le développement de la nanodosimétrie ;
- la conversion du kerma dans l'air à la dose absorbée dans l'eau ;
- la mise au point d'un équipement permettant de maintenir le becquerel (Bq) ;
- la mesure des schémas de désintégration des radionucléides afin de s'assurer de la cohérence des mesures d'activité ;
- l'identification des nouveaux besoins métrologiques pour la santé et la sécurité publiques ;

- l'extension du SIR afin d'obtenir une échelle d'activité plus cohérente pour les émetteurs de rayonnement alpha et bêta purs ;
- la mise au point d'un instrument de transfert du SIR pour un plus grand nombre de radionucléides à courte durée de vie ;
- l'identification des besoins métrologiques dans les domaines de l'imagerie moléculaire et du traitement des images.

Conclusion

Le CCRI a élaboré un programme de travail positif dont l'objectif pour la prochaine décennie est de contribuer à répondre aux besoins métrologiques nationaux et internationaux. Le CCRI envisage avec enthousiasme les cinquante prochaines années de travail qu'il accomplira au service du CIPM et de la communauté de la métrologie des rayonnements ionisants.

Le président de la CGPM remercie M. Carneiro pour la présentation de son rapport.

23.8 Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie

M. Kaarls, président du Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie (CCQM), présente son rapport sur les activités dans les domaines de la métrologie en chimie et de la biotechnologie depuis la précédente réunion de la CGPM en 2007.

Métrologie en chimie, en biotechnologie et en microbiologie

Le vif intérêt que suscitait déjà à l'échelle mondiale la métrologie en chimie lors des débuts du CCQM en 1993 s'est accru de 2007 à 2011. L'intérêt de la métrologie en chimie pour le commerce, l'industrie, l'économie et la société est devenu encore plus évident. Les questions de fiabilité et de comparabilité des résultats de mesure, qui permettent d'étayer les décisions concernant le changement climatique, la qualité et la sécurité alimentaires, les diagnostics cliniques et les traitements médicaux, sont déterminantes ; elles ont des conséquences directes sur les budgets du commerce, des gouvernements, de l'industrie et de l'assurance et affectent par conséquent l'économie et la qualité de vie.

Il est encore nécessaire d'améliorer de façon significative la fiabilité, la qualité et la comparabilité des résultats de mesure en chimie, biochimie et microbiologie afin de les faire largement accepter et reconnaître.

De nombreux gouvernements reconnaissent la nécessité d'améliorer la qualité métrologique des résultats de mesure dans les domaines précédemment mentionnés. Ainsi, la santé, la qualité et la sécurité alimentaires, le changement climatique et l'énergie figurent, aux États-Unis d'Amérique et dans l'Union européenne, parmi les domaines métrologiques identifiés comme hautement prioritaires. Un programme de recherche européen sur la métrologie (European Metrology Research Programme, EMRP) de l'Union européenne, d'un budget de 400 millions d'euros sur sept ans, traite un certain nombre des problèmes de mesure qui se posent dans ces domaines.

Plusieurs études mondiales effectuées par des organisations montrent combien il est important de disposer de résultats de mesures plus exacts, comparables et traçables au niveau international :

- En 2008, les exportations mondiales de produits alimentaires ont représenté plus de 1100 milliards de dollars. Il est estimé que la production mondiale alimentaire subit 20 % à 30 % de pertes imputables à la détérioration microbienne. Des crises alimentaires récentes

en Europe ont conduit à une perte commerciale pour les agriculteurs de l'ordre de 400 millions d'euros. Aux États-Unis d'Amérique, selon les statistiques les plus récentes des Centers for Disease Control and Prevention concernant les maladies d'origine alimentaires, 48 millions de maladies sont dues chaque année à des pathogènes alimentaires et conduisent à 128 000 hospitalisations et 3 000 décès. Les statistiques européennes sont similaires. Par ailleurs, l'Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) a fait de la lutte contre l'empoisonnement alimentaire une grande priorité.

- Selon l'aide-mémoire n° 312 sur le diabète publié en janvier 2011 par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), 220 millions de personnes sont diabétiques dans le monde. L'association Diabetes UK estime que ce nombre s'élèvera à 438 millions de personnes d'ici 2030. Selon les données des Centers for Disease Control and Prevention américains, les coûts (directs et indirects) du diabète aux États-Unis d'Amérique s'élevaient à 174 milliards de dollars en 2007 et il est estimé qu'environ 26 % des adultes américains atteints de diabète prennent de l'insuline. Actuellement, les valeurs des étalons pour l'insuline de l'OMS sont assignées en unités internationales (UI) et ces étalons ne sont pas fondés sur l'insuline humaine biosynthétique utilisée pour traiter les patients. Les pharmacopées régionales établissent ainsi leurs propres étalons de référence à l'aide de valeurs relatives assignées qui peuvent varier, ce qui peut conduire, selon les régions du monde, à des différences de la dose mesurée d'insuline. L'industrie pharmaceutique dans son ensemble souhaite que soit établi un nouvel étalon de référence international pour l'insuline dont la valeur assignée serait exprimée en unités du SI. Ainsi, la cohérence des doses d'insuline humaine biosynthétique administrées aux patients dans le monde entier, et produites commercialement à un moindre coût, serait assurée, et la cohérence et l'exactitude des tests de diagnostic clinique améliorées.
- La surveillance mondiale du changement climatique est l'une des principales missions de l'Organisation météorologique mondiale (OMM). L'OMM a signé le CIPM MRA en 2010 : ainsi, deux de ses laboratoires de référence ayant des activités dans le domaine des étalons de gaz et de l'étalonnage des mesures de gaz travaillent étroitement avec le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz et participent à ses réunions. Au cours de l'atelier commun au BIPM et à l'OMM qui s'est tenu en mars-avril 2010 à Genève, Suisse, deux sessions sur la surveillance de la composition atmosphérique ont été organisées afin d'examiner les questions concernant les séries temporelles stables de mesure des gaz à effet de serre et d'autres éléments à l'état de trace, la détection à distance de la composition atmosphérique, ainsi que la traçabilité des données spectroscopiques. Du fait de la coopération étroite entre les laboratoires nationaux de métrologie, le CCQM, le BIPM et l'OMM, le NPL est désormais le dépositaire de l'étalon primaire de l'OMM pour les mesures des composés organiques volatils dans l'atmosphère et le NIST le laboratoire central d'étalonnage pour le réseau du programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM. Les activités de recherche communes au BIPM et au NIST, telles que la coopération sur les mesures de salinité des océans avec le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse électrochimique, ont permis de résoudre certaines des erreurs systématiques identifiées lors de précédentes comparaisons.
- Dans le domaine des biocarburants (éthanol et esters méthyliques d'acide gras ou biodiesel), la coopération entre l'INMETRO (Brésil), le NIST (États-Unis d'Amérique), l'Union européenne (divers laboratoires nationaux de métrologie et l'IRMM) et les Groupes de travail du CCQM sur l'analyse organique, sur l'analyse inorganique et sur l'analyse électrochimique a permis d'harmoniser les spécifications, ce qui était nécessaire pour éviter

que les moteurs ne soient endommagés par l'utilisation de biocarburants de sources et qualités variées. Cela a en outre permis de disposer de résultats de mesures comparables et, par conséquent, de réduire les obstacles techniques au commerce lors de l'exportation de biocarburants.

La participation de nombreuses parties prenantes à un certain nombre d'ateliers spécifiques organisés par le CCQM et le BIPM au cours des quatre années passées témoigne de l'intérêt que suscite la métrologie en chimie :

- atelier du CCQM intitulé « Measurement Traceability for Pharma and Bio-pharma Measurements » organisé en décembre 2008, auquel la Pharmacopée américaine, des industries pharmaceutiques internationales, le National Institute for Biological Standards and Control (NIBSC, le plus important laboratoire de référence de l'OMS), des agences de réglementation (telles que l'European Directorate for the Quality of Medicines and Healthcare - EDQM) et des chimistes cliniciens provenant d'hôpitaux ont participé ;
- atelier du CCQM intitulé « Metrology for Forensic Science » organisé en avril 2010, auquel les réseaux régionaux de laboratoires scientifiques de médecine légale, ainsi que des représentants de services de police et des agences d'accréditation ont participé ;
- atelier du CCQM intitulé « Metrology and the Need for Reliable Traceable Microbiological Measurements to Ensure Food Quality and Safety » organisé en avril 2011, auquel l'International Dairy Federation (IDF), des industries multinationales de l'alimentation, des agences de réglementation, des organismes de normalisation et des laboratoires d'essai dans le domaine alimentaire ont participé ;
- atelier commun à l'OMM et au BIPM intitulé « Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty » organisé en mars-avril 2010 au siège de l'OMM à Genève (Suisse).

Étant donné l'importance des activités conduites par le CCQM, nombre d'organisations intergouvernementales et organismes internationaux participent au CCQM et à ses Groupes de travail : l'AIEA, l'OMM, la Commission du Codex Alimentarius de l'OMS, la Food and Agriculture Organization (FAO) des Nations Unies, l'International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC), l'Agence mondiale antidopage (AMA), l'International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), le Comité pour les matériaux de référence de l'Organisation internationale de normalisation (ISO REMCO), l'ILAC, la communauté internationale de la médecine légale, les pharmacopées, l'International Dairy Federation (IDF), ainsi que les laboratoires d'essais ou de mesures dans le domaine des organismes génétiquement modifiés et de la microbiologie.

Outre les ateliers précédemment mentionnés, le CCQM a organisé au cours de la période 2007-2011 des ateliers sur des sujets d'ordre plus général :

- atelier du CCQM intitulé « 15 years of CCQM, Achievements and Challenges » en avril 2008 ;
- atelier du CCQM intitulé « Frontiers of Traceability in Chem/Bio Measurements » en avril 2009 ;
- atelier du CCQM intitulé « Key Comparisons Reference Value (KCRV) and Degrees of Equivalence (DoEs) » en novembre 2009.

Les Groupes de travail du CCQM ont également organisé des ateliers afin de traiter de problèmes spécifiques à leurs activités, tels que l'évolution, la disponibilité et l'application des

méthodes et techniques de mesures, ou de problèmes rencontrés en particulier lors de comparaisons clés et autres types de comparaisons.

Depuis la 23^e réunion de la CGPM, le CCQM s'est réuni, chaque année au mois d'avril, en session plénière au siège du BIPM, juste après les réunions de ses sept Groupes de travail.

Le nombre de membres et observateurs du CCQM a augmenté au cours des quatre années passées, ce qui s'explique par le développement de la métrologie en chimie dans les États Membres et dans les Associés, et par l'intérêt croissant que les organisations intergouvernementales et organismes internationaux portent à ce domaine. Cela reflète la nécessité croissante pour le commerce, l'industrie et la société de disposer de mesures fiables, comparables et traçables dans tous les domaines de la chimie. En avril 2011, le CCQM comptait 28 organisations membres et onze observateurs. Parmi les organisations membres du CCQM figurent l'AIEA, l'Institut des mesures et matériaux de référence (IRMM) du Centre commun de recherche de l'Union européenne, l'IFCC, l'ISO REMCO et l'IUPAC. Les réunions du CCQM ont également été suivies par un représentant de l'ILAC et par un représentant de la Cooperation on International Traceability in Analytical Chemistry (CITAC).

Au sein des Groupes de travail du CCQM, des experts d'organisations intergouvernementales et organismes internationaux participent activement aux discussions scientifiques, ainsi qu'aux comparaisons clés et études pilotes. Ces experts proviennent notamment de l'AIEA, de l'OMM, de l'OMS (NIBSC), de pharmacopées, de l'IFCC et de laboratoires de mesure dans le domaine de l'alimentation et de la biologie.

La participation accrue aux activités des Groupes de travail du CCQM de nombreux laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés, qui ne sont ni membres ni observateurs du CCQM mais qui ont des aptitudes dans le domaine de la métrologie en chimie ou les développent, démontre clairement le vaste intérêt suscité par la métrologie en chimie. Ces laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés peuvent participer aux études pilotes afin de renforcer leurs compétences et évaluer leurs aptitudes.

La plupart des Groupes de travail du CCQM se réunissent deux fois par an : une première fois au siège du BIPM en avril, puis une seconde fois en septembre-octobre lors d'une réunion qui a lieu dans un laboratoire national de métrologie ou dans un laboratoire désigné local. La plupart des laboratoires profitent de la visite des groupes de travail du CCQM et de la présence d'experts internationaux pour organiser un symposium sous les auspices de la communauté locale ou régionale, et inviter diverses parties prenantes. Ce système de réunions semestrielles permet de sensibiliser les participants aux questions concernées et d'en comprendre les enjeux, ce qui est particulièrement le cas pour les participants locaux lors de la réunion qui a lieu lors du second semestre. Cela permet également de stimuler la coopération internationale et de renforcer la confiance mutuelle entre participants. De plus, la charge de travail et le coût qu'impliquent les voyages, la participation et l'organisation de ces réunions sont répartis de façon plus équitable.

La plupart des symposiums organisés au niveau national et régional sont dédiés à des questions qui présentent un intérêt local, telles que :

- la sécurité alimentaire et la valeur nutritionnelle ;
- les mesures cliniques ;
- les mesures pour l'environnement (contrôle de la pollution et changement climatique) ;
- les métaux et autres matériaux (matières premières) ;
- les sources d'énergie, y compris les sources fossiles, la bioénergie et l'hydrogène ;

- les conseils apportés aux petites et moyennes entreprises ;
- l'organisation d'une infrastructure nationale dans le domaine de la métrologie en chimie ;
- les matériaux de référence certifiés ;
- les avantages de la participation au CIPM MRA.

D'autres priorités peuvent être définies en fonction des besoins spécifiques d'un pays mais, en général, les activités mises en œuvre par les groupes de travail du CCQM tendent à répondre aux questions indiquées ci-dessus.

Au cours de la période 2007-2011, les réunions des Groupes de travail du CCQM lors du second semestre ont été les suivantes :

2007 :

- Groupes de travail sur l'analyse inorganique et sur l'analyse électrochimique – Charleston, SC, États-Unis d'Amérique, réunion organisée au NIST ;
- Groupe de travail sur l'analyse organique – Braunschweig, Allemagne, réunion organisée à la PTB ;
- Groupes de travail sur l'analyse des gaz et sur la bioanalyse – Sydney, Australie, réunion organisée au NMIA.

2008 :

- Groupes de travail sur l'analyse inorganique et sur l'analyse électrochimique – Vienne, Autriche, réunion organisée à l'AIEA ;
- Groupes de travail sur la bioanalyse, sur l'analyse organique et sur l'analyse des gaz – Bangkok, Thaïlande, réunion organisée au NIMT.

2009 :

- Groupes de travail sur l'analyse inorganique, sur l'analyse électrochimique, sur l'analyse organique, sur la bioanalyse et sur l'analyse des gaz – Rio de Janeiro, Brésil, réunion organisée à l'INMETRO.

2010 :

- Groupes de travail sur l'analyse inorganique et sur l'analyse électrochimique – Borås, Suède, réunion organisée au SP ;
- Groupes de travail sur l'analyse des gaz, sur l'analyse organique et sur la bioanalyse – Singapour, réunion organisée au A*STAR et au HSA.

2011 :

- Groupe de travail sur l'analyse des gaz – Boulder, États-Unis d'Amérique, réunion organisée au NIST et au NOAA ;
- Groupe de travail sur la bioanalyse – Queretaro, Mexique, réunion organisée au CENAM ;
- Groupes de travail sur l'analyse organique, sur l'analyse inorganique et sur l'analyse électrochimique – Sydney, Australie, réunion organisée au NMIA.

La majorité des comparaisons clés et études pilotes sont organisées et effectuées par les Groupes de travail du CCQM au niveau international, pour la communauté des laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés, lors d'une unique session (les échantillons dont les caractéristiques ont été parfaitement déterminées et qui peuvent être utilisés le plus efficacement pour des comparaisons internationales ne sont souvent disponibles qu'à ce moment précis) ; de ce fait, la nécessité pour les organisations régionales de métrologie d'organiser des comparaisons au niveau régional est bien moindre. Cela permet d'éviter toute duplication inutile et coûteuse de comparaisons par les organisations régionales de métrologie. Ces comparaisons organisées lors d'une unique session permettent aussi au CCQM d'examiner et de comparer tous les résultats au même moment. Par conséquent, bien qu'elles croissent, les activités des organisations régionales de métrologie dans le domaine de la métrologie en chimie restent limitées et sont centrées, dans la plupart des cas, sur la formation, le transfert de connaissances et l'évaluation des laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés, dans le but de préparer leur participation aux travaux du CCQM et de ses Groupes de travail. Le domaine de l'analyse des gaz fait exception car de plus en plus de comparaisons clés des organisations régionales de métrologie sont organisées dans ce domaine.

Groupes de travail du CCQM

Les principales activités du CCQM se scindent en deux catégories : les études pilotes et les comparaisons clés, organisées par les sept Groupes de travail du CCQM :

- le Groupe de travail sur l'analyse organique, présidé par W. May, NIST, États-Unis d'Amérique ;
- le Groupe de travail sur l'analyse inorganique, présidé par M. Sargent, LGC, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord ;
- le Groupe de travail sur l'analyse des gaz, présidé par M. Milton, NPL, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord ;
- le Groupe de travail sur l'analyse électrochimique, présidé par M. Mariassy, SMU, Slovaquie ;
- le Groupe de travail sur la bioanalyse, présidé par H. Parkes, LGC, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord ;
- le Groupe de travail sur l'analyse de surface, présidé par W. Unger, BAM, Allemagne ;
- le Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualité des CMCs, présidé par L. Mackay, NMIA, Australie.

En plus de ses sept Groupes de travail permanents, le CCQM compte trois Groupes de travail *ad hoc* :

- le Groupe de travail *ad hoc* sur la vérification des déclarations de CMCs des laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés participant au CIPM MRA, présidé par G. Turk, NIST, États-Unis d'Amérique ;
- le Groupe de travail *ad hoc* sur le calcul de la valeur de référence des comparaisons clés, présidé par M. Cox, NPL, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord ;
- le Groupe de travail *ad hoc* sur la redéfinition de la mole, présidé par M. Milton, NPL, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord.

Le Groupe de travail *ad hoc* sur la vérification des déclarations de CMCs a terminé son travail et ses conclusions ont été appliquées par les Groupes de travail sur l'analyse inorganique, sur l'analyse organique et sur l'analyse des gaz. Il a ainsi été mis fin à ce Groupe de travail *ad hoc*.

Faisant suite à l'atelier du CCQM sur la microbiologie, qui s'est tenu au siège du BIPM en avril 2011, le CCQM a créé un comité de pilotage *ad hoc*, présidé par L. Locassio du NIST, afin d'étudier, en coopération étroite avec les parties prenantes concernées, comment mettre en place et améliorer la comparabilité des résultats de mesure en microbiologie en assurant leur traçabilité.

Le travail du CCQM couvre des domaines tels que la santé, l'alimentation, l'environnement, les matériaux de haute technologie, les marchandises et produits divers, la médecine légale, les produits pharmaceutiques, la biotechnologie, l'analyse de surface et les applications analytiques générales. Les activités des Groupes de travail concernent tous ces domaines, selon les types d'étude ou d'analyse concernés. Les listes des études, des comparaisons clés et de leurs résultats sont publiées sur le site internet du BIPM.

Actuellement, le nombre de comparaisons clés et d'études pilotes croît, ce qui permet d'étayer le très vaste domaine des CMCs déclarées dans le domaine de la métrologie en chimie. En juin 2011, près de cent comparaisons clés avaient été effectuées, étaient en cours ou étaient programmées, étayant ainsi quelque 4 841 CMCs en métrologie en chimie sur les 24 000 CMCs déclarées dans le cadre du CIPM MRA. Outre les comparaisons clés, 130 études pilotes avaient été réalisées, étaient en cours ou devaient être lancées. Ces études pilotes permettent notamment d'obtenir des données supplémentaires afin d'étayer des CMCs déclarées ; elles constituent, pour la plupart, des études de faisabilité sur des sujets complexes et sont un moyen pour les nouveaux laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés en métrologie en chimie d'acquérir des connaissances et d'effectuer une évaluation comparative de leurs aptitudes. Il subsiste un certain nombre de domaines de CMCs déclarées pour lesquels il n'est pas évident de fonder la fiabilité des mesures sur les résultats d'études pilotes ou de comparaisons clés. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualité des CMCs a établi une liste des domaines pour lesquels des comparaisons clés ou études pilotes seraient nécessaires.

Le domaine de la métrologie en chimie est très vaste ; il compte des milliers de substances à analyser différentes intégrés à un nombre encore plus élevé de matrices chimiques. La préparation d'un échantillon chimique avant qu'une mesure ne soit effectuée constitue donc un élément critique de toute la procédure de mesure. Dans de nombreux cas, la plus grande composante de l'incertitude vient de l'étape préparatoire. De plus, afin de pouvoir étalonner les équipements d'analyse pour tous les mesurandes, il est nécessaire de disposer de beaucoup de solutions d'étalonnage différentes et de matériaux de référence certifiés. Une complication supplémentaire vient du fait que les dispositifs d'analyse peuvent se comporter différemment et donner des réponses différentes en fonction de la matrice chimique mesurée. Cela signifie que l'équipement d'analyse et la procédure de mesure doivent également être validés ou étalonnés à l'aide d'un matériau de référence certifié qui doit, dans la mesure du possible, être de la même composition que le matériau mesuré.

Afin de limiter la charge de travail considérable des laboratoires nationaux de métrologie liée aux comparaisons clés et études pilotes, les conclusions d'une étude entreprise par le groupe de travail *ad hoc* du CCQM sur la vérification des déclarations de CMCs sont mises en œuvre par les Groupes de travail du CCQM sur l'analyse organique, sur l'analyse inorganique et sur l'analyse des gaz.

Le principe de cette nouvelle approche est d'établir la comparabilité des résultats de mesure en assurant leur traçabilité, de renforcer la confiance dans les CMCs déclarées par les laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés participants, de vérifier les aptitudes et compétences clés d'un laboratoire national de métrologie ou laboratoire désigné à mener des étalonnages, ainsi que d'assigner une valeur ou de produire et certifier des matériaux de référence dans des domaines plus vastes de la métrologie en chimie. Cela concerne un grand nombre de CMCs et permet d'éviter d'organiser une comparaison clé pour chaque CMC déclarée. Cette nouvelle approche peut être mise en place par :

- des comparaisons clés permettant de tester les compétences clés ;
- des comparaisons clés de produits à fournir aux clients, tels que les matériaux de référence certifiés et les échantillons des programmes d'essais d'aptitude ;
- des comparaisons clés de composants et matrices chimiques complexes.

Par ailleurs, des études pilotes seront organisées à des fins de recherches, d'études de faisabilité, de formation et d'évaluation comparative.

Étant donné le grand nombre de comparaisons déjà effectuées pour un groupe très restreint de substances à analyser et de matrices dans le domaine de l'analyse des gaz, le Groupe de travail sur l'analyse des gaz a évalué les performances des laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés à partir des résultats d'un nombre limité de comparaisons de gaz sélectionnées auxquelles ces derniers ont participé.

Les questions à étudier sont les suivantes :

- le fait de comprendre quel est le mesurande et de chercher à le définir : nombre d'écarts concernant les résultats de mesure obtenus par les laboratoires sont dus au fait que ces derniers n'ont pas défini avec précision le mesurande ou ne savaient pas si le mesurande était correct pour l'application concernée ;
- les résultats de mesure qui dépendent de la méthode ;
- les problèmes de matrice ;
- la commutabilité des mesures cliniques et thérapeutiques ;
- le manque d'homogénéité et les problèmes de stabilité ;
- le fait d'exprimer les grandeurs caractéristiques des molécules de grande taille en unités du SI ;
- l'utilisation d'unités en dehors du SI lorsque la traçabilité au SI n'est pas (encore) réalisable, ce qui est par exemple le cas pour les unités de l'OMS concernant l'activité biologique ;
 - la quantification de l'ADN ;
 - les mesures relatives aux cellules ;
 - les mesures microbiennes.

La traçabilité au SI, et lorsque cela n'est pas (encore) possible à d'autres références acceptées au niveau international, signifie, en haut de la pyramide métrologique de la traçabilité, la disponibilité d'une méthode primaire et d'un calibrateur primaire, c'est-à-dire un matériau pur dont les caractéristiques ont été parfaitement déterminées. L'analyse de pureté devrait constituer une priorité élevée pour les laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés et susciter une plus grande attention. C'est une activité fondamentale du BIPM dans le domaine des

molécules organiques de grande taille qui sont importantes pour la santé, la médecine légale et la sécurité alimentaire.

Groupe de travail sur l'analyse organique

Le Groupe de travail sur l'analyse organique compte environ 45 membres, parmi lesquels des experts de laboratoires d'essais de référence de l'Union européenne dans le domaine de la sécurité alimentaire et de laboratoires de diagnostic clinique (IFCC), et se réunit deux fois par an. Son travail se concentre sur l'organisation de comparaisons clés et études pilotes qui étayent les CMCs dans les domaines suivants :

- les substances chimiques de grande pureté, tels que les composés organiques ;
- les solutions organiques contenant par exemple des hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH), des polychloro-biphényles (PCB) et des pesticides ;
- les matériaux de haute technologie, incluant les plastiques ;
- les fluides et matériaux biologiques, tels que le sérum sanguin, les fluides rénaux et les tissus ;
- l'alimentation, notamment les nutriments et les contaminants ;
- les carburants et biocarburants ;
- les sédiments et les sols.

Au cours des quatre années passées, douze comparaisons clés et treize études pilotes ont été effectuées. La majorité des résultats sont satisfaisants, avec des incertitudes de mesure de l'ordre de 1 % à 3 % ou mieux. Il est prévu que le Groupe de travail sur l'analyse organique étudie plus avant les besoins des secteurs de l'alimentation, de la chimie clinique et de la médecine légale, et accroissent ses activités fondamentales d'analyse de pureté. Parmi les travaux récents du Groupe de travail sur l'analyse organique figurent l'évaluation de la pureté de l'aldrine, des comparaisons de vert malachite dans des tissus de poisson, ainsi que des comparaisons d'éthanol et d'eau dans du bioéthanol dérivé de sucre de canne. Une réunion commune aux Groupes de travail sur l'analyse organique et sur l'analyse inorganique, ainsi qu'un symposium d'une demi-journée sur les mesures cliniques, sont programmés.

Groupe de travail sur l'analyse inorganique

Le Groupe de travail sur l'analyse inorganique compte environ 50 membres, parmi lesquels des experts de l'AIEA ainsi que d'un certain nombre de laboratoires ayant des aptitudes en analyse par activation neutronique, et se réunit deux fois par an.

L'atelier sur les techniques de mesure spécialisées, organisé en avril 2011 par le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse inorganique, a mis en lumière les nouvelles techniques ou celles émergentes, telles que l'ablation laser pour l'analyse directe de solides, l'analyse multi-éléments et le marquage pour la spéciation, ainsi que la bio-imagerie et la géochronologie. Des préoccupations ont été exprimées concernant la disponibilité à long terme d'un nombre suffisant de techniques essentielles, en particulier celles concernant la détermination des impuretés non métalliques présentes dans les métaux purs utilisés comme étalons primaires, les techniques d'analyse des métaux de grande pureté, notamment pour la mesure de C, N, O, H, et les mesures par spectrométrie de masse à décharge lumineuse, par coulométrie et par des techniques telles que l'analyse par activation neutronique et photonique. Le fait que de moins en moins de laboratoires disposant d'un réacteur sont en mesure de maintenir leurs aptitudes en analyse par

activation neutronique et n'ont donc pas les aptitudes primaires requises pour la communauté métrologique pose problème. Le travail du Groupe de travail sur l'analyse inorganique se concentre sur l'organisation de comparaisons clés et études pilotes qui étayent les CMCs dans les domaines suivants :

- les substances chimiques de grande pureté, telles que les composés inorganiques et les métaux, et leurs contenus isotopiques ;
- les solutions inorganiques, telles que les solutions d'étalonnage élémentaires et les solutions anioniques ;
- l'eau, notamment l'eau douce, l'eau contaminée par des métaux lourds, l'eau de mer ;
- les métaux et les alliages métalliques, tels que les éléments présents dans l'acier, les alliages d'aluminium, les alliages de cuivre, les soudures, les métaux de haute pureté ;
- les matériaux de haute technologie, tels que les polymères ;
- les fluides et matériaux biologiques, tels que le sérum sanguin et les fluides rénaux ;
- l'alimentation, notamment les contaminants, les fertilisants, les compléments pharmaceutiques ;
- les carburants, tels que les produits pétroliers et la biomasse ;
- les sédiments et les sols ;
- d'autres matériaux, tels que l'argile.

Au cours des quatre années passées, dix comparaisons clés et vingt-et-une études pilotes ont été effectuées. Les résultats de mesure sont presque tous très satisfaisants, avec des incertitudes de mesure de l'ordre de 1 %. Les travaux récents, en cours et programmés du Groupe de travail sur l'analyse inorganique portent sur les solutions d'étalonnage élémentaires, le plomb dans les soudures sans plomb, l'arsenic et l'arsénobétaine (AsB) dans une solution étalon d'AsB et dans les poissons, les traces de métaux dans l'eau, le dosage du dichromate et d'éléments sélectionnés dans le bioéthanol.

La mesure de l'humidité dans les composés chimiques est une question difficile mais essentielle. Par exemple, la mesure de l'humidité dans les grains et céréales fait l'objet de discussions depuis un certain nombre d'années. De nombreux laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés préféreraient avoir des CMCs approuvées et reconnues dans le cadre du CIPM MRA car la valeur commerciale des grains dépend fortement du taux d'humidité. Toutefois, comme l'humidité est un mesurande dont la définition dépend essentiellement de la méthode de mesure et que les matériaux de référence certifiés utilisés pour étalonner l'humidité dans les machines à grains sont sensibles dans des conditions environnementales normales, il est essentiel qu'un accord soit conclu au niveau international concernant la méthode et les procédures à appliquer. Cette question de normalisation est actuellement examinée par diverses organisations internationales, parmi lesquelles la Commission du Codex Alimentarius, l'OIML et l'ISO. L'une des conséquences de l'application de différentes normes est que certaines de ces normes ne définissent pas suffisamment le mesurande, de sorte que la comparabilité de l'ensemble des résultats de mesure concernant l'humidité des grains et céréales est impossible.

Le CCQM, lors de sa réunion en avril 2011, a invité l'OIML à jouer un rôle de premier plan concernant l'harmonisation des méthodes de mesure de l'humidité dans les grains, en coopération avec la Commission du Codex Alimentarius et l'ISO. Étant donné qu'un certain nombre de problèmes métrologiques, tels que la coulométrie, sont multidisciplinaires, le Groupe

de travail sur l'analyse inorganique et celui sur l'analyse électrochimique tiennent une réunion commune deux fois par an.

Groupe de travail sur l'analyse des gaz

Le Groupe de travail sur l'analyse des gaz compte environ 40 membres, parmi lesquels des experts des laboratoires de référence du réseau du programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM, et se réunit deux fois par an. Ce Groupe de travail a organisé un certain nombre d'ateliers afin d'étudier certaines questions spécifiques à la veille de l'atmosphère globale, telles que les gaz à effet de serre et les conséquences des résultats des comparaisons. Le Groupe de travail sur l'analyse des gaz se concentre sur l'organisation de comparaisons clés et études pilotes qui étayent les CMCs dans le domaine des gaz, notamment les gaz de haute pureté ou ceux ayant un impact dans le domaine de la médecine, de la médecine légale, de l'environnement et des carburants.

Au cours des quatre années passées, dix comparaisons clés et six études pilotes ont été effectuées. La plupart des résultats ont atteint un haut niveau d'exactitude, avec des incertitudes meilleures que 1 % et approchant dans plusieurs cas 0,01 %. Concernant les comparaisons, les travaux récents concernent les gaz de raffinerie naturels et synthétiques, les gaz dans le domaine de la médecine légale et de la qualité de l'air intérieur, notamment l'éthanol et les composés organiques volatils, qui sont soumis à législation dans différentes parties du monde, et les études sur les niveaux d'émission et les gaz associés à la qualité de l'air et à la surveillance de l'atmosphère. Certaines activités du Groupe de travail sur l'analyse des gaz sont effectuées en coopération avec le programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM : lors de la réunion du CCQM en 2011, il a été convenu de continuer cette collaboration afin d'établir une échelle de mesure des composés organiques volatils.

Le Groupe de travail sur l'analyse des gaz contribue également à des études internationales d'importance sur la section efficace d'absorption de l'ozone et sur l'impact des plages de valeurs pour les poids atomiques. Ces études sont réalisées en coopération avec le comité *ad hoc* « Absorption Cross-Sections of Ozone » de l'OMM, ainsi que l'IUPAC et l'ISO. Les résultats de ces études sont fondamentaux pour réduire les écarts entre les différentes techniques de mesure utilisées dans la surveillance de la qualité de l'air et pour réduire l'incertitude de mesure, ce qui est essentiel pour l'OMM et l'industrie des gaz.

Groupe de travail sur l'analyse électrochimique

Le Groupe de travail sur l'analyse électrochimique, qui compte environ 25 membres, se réunit deux fois par an. Le domaine d'activités spécifique au Groupe de travail sur l'analyse électrochimique concerne les mesures de pH, de conductivité électrolytique et de coulométrie. Ces mesures revêtent une importance critique dans les domaines de la médecine (générale et clinique), de la pharmacie, de l'alimentation et de l'environnement. Le travail du Groupe de travail sur l'analyse électrochimique se concentre sur l'organisation de comparaisons clés et études pilotes qui étayent les CMCs dans les domaines suivants :

- le pH, à différents points de l'échelle de pH ;
- la conductivité électrolytique, à différents points choisis du vaste domaine de mesure de la conductivité ;
- la coulométrie, en coopération avec le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse inorganique.

En général, les résultats sont satisfaisants et ont contribué à une meilleure comparabilité des mesures de pH et de conductivité. Certaines activités, telles que les mesures du pH dans l'éthanol, constituent encore des défis. Par ailleurs, du fait que les laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés de pays en développement commencent à mettre au point des étalons nationaux de mesure pour ces grandeurs, le travail de comparaisons devra être renforcé dans ces domaines dans un avenir proche.

Les travaux récents, en cours et programmés du Groupe de travail sur l'analyse électrochimique comprennent l'identification des paramètres critiques dans la préparation des électrodes Ag/AgCl et leur impact sur l'exactitude des mesures de pH, le pH dans les phthalates, le dosage du dichromate, et la conductivité de l'eau de mer (mesures de salinité). Un autre sujet de préoccupation concerne les conséquences et problèmes liés au calcul de l'incertitude de mesure et à la valeur qui lui est attribuée suite à la décision de l'IUPAC de publier des valeurs de poids atomique de certains éléments chimiques sous forme d'un intervalle. Le CCQM a conclu qu'il était nécessaire de contacter la Commission de l'IUPAC sur les poids atomiques dès que possible afin de l'informer des problèmes que génère la publication des nouvelles données concernant le poids atomique.

Groupe de travail sur la bioanalyse

Le Groupe de travail sur la bioanalyse, qui compte environ 45 membres, se réunit deux fois par an. Il a pour mission de traiter des problèmes de mesure dans le domaine relativement récent de l'analyse métrologique des molécules complexes de très grande taille. Dans ce domaine, le mesurande peut être difficile à définir et sa définition dépend, dans plusieurs cas, de la méthode et des procédures appliquées. Souvent, le plus important est de connaître l'activité biologique, qui est plus directement liée à la composition de la molécule ou particule, et exprimée, de préférence, en unités du SI. La comparabilité, la traçabilité et l'incertitude de mesure constituent des questions essentielles, notamment lorsque des décisions importantes sont prises en fonction des résultats de mesure, tel que cela est le cas pour les traitements médicaux ou pour la quantité d'organismes génétiquement modifiés dans les récoltes. Le travail du Groupe de travail sur la bioanalyse se concentre sur l'organisation de comparaisons clés et études pilotes qui étayent les CMCs dans les domaines suivants :

- les fluides et matériaux biologiques, tels que les protéines et les cellules ;
- l'alimentation, notamment les organismes génétiquement modifiés, et l'ADN.

Le National Institute for Biological Standards and Control (NIBSC) du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, l'un des principaux laboratoires de l'OMS, et la Pharmacopée américaine participent activement aux comparaisons et études organisées par le Groupe de travail du CCQM sur la bioanalyse.

Parmi les travaux récents, en cours et programmés du Groupe de travail sur la bioanalyse figurent la mesure de transcrits d'ARN multiples, des recherches sur la comparabilité de la concentration catalytique d'une enzyme (amylase), la quantification relative de deux fragments d'ADN génomique dans des tissus biologiques, la quantification de la méthylation de l'ADN, la quantification de peptides/protéines, la quantification de la numération des cellules CD4⁺ et l'étalonnage par fluorescence de dosages pour la cytométrie de flux diagnostique, ainsi que le dénombrement et la détermination des propriétés géométriques de cellules adhérant à un substrat solide.

La mise au point d'applications et de méthodes innovantes dans le domaine de la bioanalyse pourrait soulever des questions de propriété intellectuelle. Ce sujet a été discuté avec le CIPM, l'objectif étant de convenir d'un ensemble de principes à appliquer si ce problème survient.

Un symposium intitulé « Biometrology in support of Clinical Diagnostics » se tiendra au Mexique en octobre 2011 lors de la réunion du Groupe de travail sur la bioanalyse.

Groupe de travail sur l'analyse de surface

Le Groupe de travail sur l'analyse de surface compte environ 20 membres, parmi lesquels des experts provenant de laboratoires nationaux de métrologie et d'universités, et se réunit une fois par an. Son travail se concentre sur l'organisation de comparaisons clés et études pilotes qui étayent les CMCs dans les domaines suivants :

- les surfaces, telles que l'analyse quantitative de l'alliage fer-nickel, le carbone dans des précipités de fer, l'azote dans les couches de surface de fer ;
- les films, notamment l'épaisseur de la couche d'oxyde de silicium sur le silicium ;
- les nanomatériaux usinés à partir de matériaux inorganiques, organiques, biologiques et autres.

Parmi les travaux récents, en cours et programmés du Groupe de travail sur l'analyse de surface figurent l'analyse quantitative du contenu en fer et en nickel dans de l'alliage fer-nickel de 200 nm d'épaisseur, l'étalonnage pour la microanalyse par sonde électronique (EPMA), et les films minces de CuInGaSe_2 sur un substrat de silice, ce qui constitue une activité particulièrement importante pour l'industrie des cellules solaires. Les comparaisons et études pilotes dans le domaine des nanoparticules synthétiques feront partie des travaux à venir. Des particules d'essais seront sélectionnées parmi la liste actuelle de l'OCDE.

Le Groupe de travail sur l'analyse de surface et le Groupe de travail sur la bioanalyse discuteront et étudieront, lors d'une seconde réunion commune, des possibilités d'effectuer des analyses de surface dans le domaine de l'analyse biochimique. Les méthodes et technologies utilisées pour ce type de mesures et les problèmes rencontrés sont généralement les mêmes que pour l'analyse chimique. La collaboration avec les autres Groupes de travail du CCQM, tel celui sur la bioanalyse, est donc souhaitable.

Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualité des CMCs

Le Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualité des CMCs se réunit une fois par an ; il est composé de représentants et experts sélectionnés parmi les organisations régionales de métrologie et les Groupes de travail du CCQM. Ce Groupe de travail est chargé de discuter et de résoudre les questions relatives à l'examen régional et interrégional des CMCs déclarées par les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés. Il est également chargé d'harmoniser les principes et procédures appliqués par les autres Groupes de travail du CCQM pour l'organisation des comparaisons clés et autres types de comparaison. Il étudie aussi les domaines dans lesquels les laboratoires nationaux de métrologie déclarent des CMCs mais où aucune comparaison clé n'est organisée.

Les laboratoires nationaux de métrologie offrent des services d'étalonnage et de mesurage à leurs clients en se fondant non seulement sur leurs aptitudes de mesures et d'étalonnages mais aussi en utilisant, dans de nombreux cas, des matériaux de référence certifiés afin de disséminer la traçabilité et donner aux fournisseurs d'essais d'aptitude des valeurs de référence assignées. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualité des CMCs examine les critères

permettant d'approuver les matériaux de référence certifiés mentionnés dans les CMCs publiées par le BIPM dans la KCDB, ainsi que l'aptitude et la compétence d'un laboratoire concernant l'assignation de valeurs de référence pour les programmes d'essais d'aptitude.

Une comparaison spécifique peut être effectuée afin de soutenir une déclaration de CMC bien précise seulement dans un nombre très limité de cas ; aussi, la discussion sur la portée des résultats des comparaisons clés est toujours d'actualité. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualité des CMCs étudie ce sujet, ainsi que les conséquences de nouvelles approches, telles que mises en œuvre par les Groupes de travail du CCQM sur l'analyse inorganique, sur l'analyse organique et sur l'analyse des gaz, qui consistent à vérifier les aptitudes et compétences clés, pour l'évaluation des CMCs déclarées par les laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés.

Ainsi, les propositions soumises par le Groupe de travail *ad hoc* du CCQM sur le calcul des valeurs de référence des comparaisons clés seront examinées. Ce Groupe de travail a mis au point un certain nombre de modèles statistiques afin de calculer l'incertitude de la valeur de référence. Toutefois, de l'avis général, le modèle à appliquer, dans la plupart des cas, devrait être simple et devrait être fondé sur le calcul d'une moyenne arithmétique ou de la valeur médiane car dans de nombreux cas une approche statistique plus complexe n'est pas justifiée. Il est nécessaire de prendre des décisions concernant les résultats aberrants après avoir soigneusement examiné la question d'un point de vue scientifique, en prenant en considération les différentes techniques utilisées lors de la comparaison et les écarts entre les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés participants. Un autre débat concerne la relation entre le degré d'équivalence obtenu par un laboratoire dans une comparaison clé et l'incertitude de la CMC correspondante qu'il déclare. Les avis exprimés ont été divers et aucune décision finale n'a encore été prise. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualité des CMCs examine actuellement les CMCs dans le domaine de la chimie publiées dans la KCDB. Pendant les premières années de mise en œuvre du CIPM MRA, l'acceptation des CMCs n'a pas toujours été fondée sur les résultats de comparaisons clés mais sur d'autres informations complémentaires ; il est donc nécessaire au cours de ces prochaines années de vérifier si ces informations étaient pertinentes.

Groupe consultatif du CCQM sur le programme de travail du BIPM

En 2006, le CCQM a créé un groupe de travail spécial, composé des présidents de ses Groupes de travail et des présidents des Comités techniques des organisations régionales de métrologie dans le domaine de la métrologie en chimie, afin de conseiller le CCQM, ainsi que le BIPM, sur l'organisation et l'exécution du programme de travail du BIPM dans le domaine de la métrologie en chimie. Le Département de la chimie du BIPM présente chaque année un rapport au CCQM sur l'avancée de ses travaux.

Lors de la réunion du Groupe consultatif du CCQM qui s'est tenue en avril 2010, le BIPM a présenté de façon générale le travail qu'il a accompli au cours des dernières années, en particulier les activités effectuées dans le cadre du programme de travail pour les années 2009 à 2012. Le Groupe consultatif du CCQM a conclu que les résultats obtenus par le BIPM étaient satisfaisants et qu'ils sont appréciés par les laboratoires nationaux de métrologie ainsi que d'autres parties prenantes telles que le programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM, l'IFCC et le JCTLM. Les résultats obtenus ont été les suivants :

- l'exactitude des étalons primaires mesuriers d'ozone utilisés pour surveiller le changement climatique a été améliorée dans le domaine de la métrologie des gaz ;

- les comparaisons effectuées par le BIPM concernant les matériaux de référence certifiés pour les gaz à effet de serre, tels que fournis par les laboratoires nationaux de métrologie, ont permis d'obtenir des incertitudes de mesure bien plus faibles et sont considérées par les laboratoires nationaux de métrologie comme un moyen très efficace d'établir la comparabilité de l'ensemble des mesures ;
- les analyses de pureté de composés organiques effectuées par le BIPM, en complément d'activités similaires réalisées par un nombre très limité de laboratoires nationaux de métrologie, sont uniques et essentielles pour établir la comparabilité des mesures en assurant leur traçabilité au SI, ce travail étant effectué en étroite collaboration avec, entre autres, le NIST.

La validation des méthodes primaires d'analyse de pureté est cruciale pour établir la traçabilité des mesures dans les domaines de la médecine clinique, de la médecine légale et de l'alimentation.

Le travail présenté par le BIPM remplit parfaitement les critères formulés pour le Département de la chimie du BIPM :

- Le BIPM doit mener des activités scientifiques de laboratoire pour remplir sa mission.
- Le programme scientifique du BIPM doit être centré sur les besoins spécifiques de la métrologie internationale et démontrer qu'il apporte une valeur ajoutée évidente à ses utilisateurs (c'est-à-dire la communauté internationale de la métrologie).
- Les activités du BIPM doivent avoir un rôle unique concernant les questions métrologiques de haut niveau et elles doivent refléter le statut international du BIPM.
- Le BIPM doit se concentrer sur la métrologie des gaz afin de soutenir le programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM, ainsi que sur l'analyse de pureté de substances organiques afin de soutenir les activités du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) concernant les mesures dans les domaines du diagnostic clinique, de la pharmaceutique, de la médecine légale et de la sécurité alimentaire.

Le Groupe consultatif a examiné les propositions concernant le programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016 dans le domaine de la métrologie en chimie. Il a accueilli favorablement et soutenu le programme de travail du BIPM qui met l'accent sur :

- l'équivalence internationale des étalons de gaz pour le contrôle de la qualité de l'air et des gaz à effet de serre (programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM) ;
- les calibrateurs primaires dans les domaines de la chimie clinique, de la pharmacie, de la médecine légale, de l'environnement et de l'analyse des aliments ;
- les calibrateurs organiques de molécules de grande taille pour la thérapie et le diagnostic, cette activité ayant reçu le soutien explicite et total de l'industrie pharmaceutique produisant des produits pharmaceutiques pour les diabétiques.

Le CCQM, lors de sa réunion d'avril 2010, a adopté à l'unanimité les recommandations du Groupe consultatif du CCQM. Par ailleurs, le CCQM apprécie le rôle que joue le Département de la chimie du BIPM en tant que secrétariat exécutif du JCTLM.

Le CCQM a favorablement accueilli la publication du rapport BIPM-2011/02 intitulé « Study of Measurement Service and Comparison Needs for an International Measurement Infrastructure for the Biosciences and Biotechnology: Input for the BIPM Work Programme », effectué sous la direction du BIPM et conduit par J. Marriott, G. O'Connor et H. Parkes de LGC, Royaume-Uni

de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord. Ce rapport apporte des éléments d'orientation au BIPM, au CCQM et à ses Groupes de travail, ainsi qu'aux laboratoires nationaux de métrologie et aux laboratoires désignés.

Réunions communes des Groupes de travail du CCQM

Les Groupes de travail du CCQM organisent régulièrement des réunions communes : de telles réunions se sont notamment tenues entre le Groupe de travail sur l'analyse inorganique et le Groupe de travail sur l'analyse électrochimique, le Groupe de travail sur l'analyse organique et le Groupe de travail sur la bioanalyse, ou encore le Groupe de travail sur l'analyse organique et le Groupe de travail sur l'analyse des gaz. Ces réunions communes se sont avérées très utiles et continueront à être organisées à l'avenir, par exemple entre le Groupe de travail sur la bioanalyse et le Groupe de travail sur l'analyse de surface.

Même si la portée et la taille d'un certain nombre de Groupes de travail du CCQM sont comparables à celles de certains Comités consultatifs en métrologie en physique, il est préférable de ne conserver qu'un seul Comité consultatif sur la métrologie en chimie afin que les discussions, la collaboration et l'harmonisation demeurent aisées et directes.

Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM)

Le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) a été établi pour se conformer aux exigences d'une réglementation de l'Union européenne, la directive européenne 98/79/CE relative aux dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro*, qui indique que « la traçabilité des valeurs attribuées aux matériaux d'étalonnage et/ou matériaux de contrôle doit être garantie par des procédures de mesure de référence existantes et/ou des matériaux de référence disponibles de niveau supérieur ». Le JCTLM est composé de représentants du BIPM, de l'IFCC et de l'ILAC et son travail est soutenu par l'ensemble des parties prenantes concernées, parmi lesquelles des associations de fabricants de matériel pour le diagnostic *in vitro*. Le JCTLM est présidé par l'IFCC et son secrétariat est assuré par le BIPM. Une réunion des parties prenantes est organisée régulièrement avec des représentants de l'OMS, d'agences de réglementation, de laboratoires cliniques, de fournisseurs de tests d'aptitude, des organismes de normalisation concernés, ainsi que de l'industrie du diagnostic *in vitro*. Les experts de ces parties prenantes participent aux Groupes de travail du JCTLM.

Le JCTLM comprend deux groupes de travail :

- le Groupe de travail 1 sur les matériaux de référence et procédures de référence, co-présidé par le NIST et l'IRMM ;
- le Groupe de travail 2 sur les laboratoires de mesure de référence et les essais d'aptitudes, co-présidé par l'Association allemande des chimistes cliniques de l'université de Bonn (Allemagne) et par l'université de Gand (Belgique).

Le Groupe de travail 1 comprend 14 sous-groupes concernant :

- la numération globulaire ;
- les groupes sanguins ;
- les facteurs de coagulation ;
- les médicaments/drogues (digoxine, lithium, cocaïne, etc.) ;
- les électrolytes (calcium, chlorure, potassium, etc.) et les gaz du sang ;

- les enzymes (aspartate aminotransférase (AST), amylase, créatine kinase (CK), gamma glutamyl transpeptidase (gamma GT), etc.) ;
- les métabolites et substrats (cholestérol, urée, etc.) ;
- la sérologie microbienne ;
- les métaux non électrolytes ;
- les hormones non peptidiques (cortisol, estriol, testostérone, etc.) ;
- les acides nucléiques (ADN, ARN) ;
- les protéines (albumine, troponine-1, antigène spécifique à la prostate (PSA)) ;
- les vitamines ;
- les Systèmes Qualité.

Lorsque cela est réalisable, des comparaisons sont organisées afin de vérifier la comparabilité des matériaux de référence d'ordre supérieur qui satisfont aux critères fondamentaux de qualité et de traçabilité. Peu de laboratoires nationaux de métrologie ont l'aptitude requise pour entreprendre ces comparaisons et le JCTLM invite les laboratoires nationaux de métrologie à lui apporter leur soutien autant que faire se peut. Comme il existe aussi des domaines dans lesquels presque aucun laboratoire n'a de compétences, les essais de comparabilité dans ces secteurs, comme les hormones, sont effectués uniquement par des laboratoires cliniques reconnus, participant au réseau de laboratoires de référence du domaine.

Le groupe de travail 1 a publié deux listes de matériaux de référence et de méthodes et procédures de mesure de référence d'ordre hiérarchique supérieur :

- Liste 1 : matériaux de référence certifiés et procédures de référence pour des entités chimiques bien définies ou pour des mesurandes définis par une méthode de référence reconnue au niveau international ; ce sont des mesurandes assurant la traçabilité au SI.
- Liste 2 : matériaux de référence auxquels une valeur est assignée en utilisant un protocole approuvé au niveau international ; les valeurs des mesurandes des matériaux de référence de cette liste ne sont pas traçables au SI et/ou il n'existe pas de procédure de mesure de référence reconnue au niveau international.

Le Groupe de travail 2 a publié une liste de services de mesures de référence, délivrés par des laboratoires, approuvés et disponibles. Les résultats de ces deux Groupes de travail sont publiés sur les sites internet du BIPM et de l'IFCC.

Matériaux de référence certifiés

Les matériaux de référence certifiés sont préparés et utilisés pour l'étalonnage des systèmes de mesure chimiques (solutions d'étalonnage) et pour la validation des méthodes de mesure (matrices chimiques).

Les services d'étalonnage et de mesurage des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires désignés dans le domaine de la métrologie en chimie ont en général pour but de fournir des matériaux de référence certifiés, d'assigner une valeur aux matériaux de référence préparés en interne pour des clients, et de fournir une valeur de référence assignée aux programmes d'essais d'aptitude. Les matériaux de référence certifiés constituent sans aucun doute la meilleure façon de disséminer la traçabilité.

Les matériaux de référence certifiés fournis par les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés sont répertoriés dans les CMCs publiées dans la KCDB. Ces matériaux sont représentatifs des grandeurs ou mesurandes, et des domaines de mesure correspondant aux services délivrés par les laboratoires nationaux de métrologie à leurs clients. Il n'est pas envisagé que la KCDB couvre tout le catalogue des matériaux de référence certifiés délivrés par les laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés. Le besoin de matériaux de référence certifiés spécifiques, en particulier les matériaux composant les matrices, est presque infini. Il est de toute évidence impossible pour les laboratoires nationaux de métrologie de produire et fournir tous les matériaux de référence certifiés nécessaires. Toutefois, les laboratoires nationaux de métrologie devraient certifier et fournir des matériaux très purs (calibrateurs primaires), dont la pureté serait mesurée par l'application de méthodes primaires directes ou indirectes (en général, par la détermination des impuretés), et qui seraient au sommet de la chaîne de traçabilité. Le travail à effectuer par le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie concernant l'analyse de pureté reste donc conséquent.

Il subsiste un écart considérable entre les matériaux de référence certifiés délivrés par les laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre du CIPM MRA, qui permettent d'assurer une traçabilité reconnue au niveau international, et les matériaux de référence certifiés du commerce. L'impossibilité de prouver la traçabilité des matériaux de référence certifiés du commerce est souvent source de difficultés considérables pour la communauté des chimistes de laboratoire lorsqu'ils doivent démontrer la traçabilité de leurs mesures et résultats d'essais. Le CCQM a donc accueilli favorablement la décision de l'ILAC d'ouvrir aux producteurs de matériaux de référence certifiés la possibilité de se faire accréditer selon la norme ISO/CEI 17025:2005 ou le Guide 34:2009 de l'ISO, ce qui implique que les exigences en matière de traçabilité soient strictement appliquées. La coopération avec le Comité de l'ISO sur les matériaux de référence (ISO REMCO) a été établie pour traiter des problèmes communs.

Problèmes de transport international occasionnés par les restrictions douanières et la sécurité

Le transport international d'échantillons d'essai est considérablement entravé par les interventions douanières continues et parfois désastreuses. Les mesures de sécurité accrues et le nombre croissant de règlements sur le transport de produits chimiques font obstacle à l'organisation de comparaisons importantes entre les laboratoires. La comparabilité de l'ensemble des mesures et la fiabilité établie des résultats de mesure ne peuvent être établies sans l'organisation d'études pilotes et de comparaisons clés. Il est donc essentiel que les autorités concernées facilitent le transport international d'échantillons chimiques par la conclusion d'accords sur le transport. Il serait souhaitable d'organiser une réunion entre le BIPM et l'Organisation mondiale des douanes, ainsi que les autres organisations concernées par la reconnaissance au niveau international de la traçabilité et de la comparabilité des mesures et résultats d'essais, telles que l'AIEA, l'IFCC, l'IDF et l'ISO, afin de traiter de ces questions de transport international.

Coopération avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux, ainsi qu'avec des associations et laboratoires spécialisés dans un domaine spécifique

La métrologie en chimie couvre une grande diversité de mesures et constitue un domaine métrologique, coordonné au niveau international par le CIPM, depuis moins de 18 ans. Étant donné les besoins exigeants formulés par les autorités, les agences de réglementation et la société concernant la reconnaissance, la comparabilité et la fiabilité des mesures et résultats

d'essais chimiques au niveau international dans les domaines du commerce et de l'industrie, les laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés ne disposent pas toujours des compétences adéquates en interne. Afin de remédier à cela, le CCQM coopère avec un certain nombre d'organisations intergouvernementales, organismes internationaux et associations concernés par la métrologie en chimie. Des experts de ces organisations participent aux activités du CCQM et de ses Groupes de travail, ce qui s'est avéré très utile.

L'atelier commun au BIPM et à l'OMM intitulé « Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty », qui s'est tenu en mars-avril 2010 au siège de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) à Genève, Suisse, a été un succès et a mis en évidence la nécessité et les avantages d'une coopération entre métrologistes et météorologistes. La coopération entre le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz et le programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM a été renforcée. Un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie disséminent désormais la traçabilité aux laboratoires de référence de l'OMM ou maintiennent une échelle de mesure pour le compte de l'OMM (tel que le NPL concernant les composés organiques volatils); les laboratoires de référence de l'OMM quant à eux participent aux activités du CIPM MRA. Le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse électrochimique coopère avec l'OMM dans le domaine des mesures de salinité. Les mesures exactes, traçables au SI, qui sont des points d'ancrage à long terme, stables et fixes, sont fondamentales à plusieurs programmes dans le domaine de l'environnement. En particulier, le programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM requiert le plus haut niveau d'exactitude possible et la traçabilité aux étalons de mesure de référence stables à long terme.

Les mesures en chimie clinique et en médecine de laboratoire constituent une activité quotidienne considérable dans le monde. Comme la production d'équipements de mesure médicaux, de marqueurs pour le diagnostic et de produits pharmaceutiques constitue une activité globale et que les personnes voyagent de plus en plus, il est clair que la comparabilité et la traçabilité des résultats de mesures seront prioritaires pour la communauté médicale, clinique, thérapeutique et pour celle du diagnostic *in vitro*. La conformité aux règlements tels que la directive de l'Union européenne sur le diagnostic *in vitro*, les exigences de l'accréditation, l'amélioration des traitements administrés aux patients et la réduction des coûts requièrent des mesures plus exactes et plus précises. Comme la plupart des mesures reposent sur l'analyse chimique, une collaboration étroite avec la communauté de la médecine clinique et de la pharmacie a été établie, en particulier par les groupes de travail du CCQM sur l'analyse organique et sur la bioanalyse, ainsi que par le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse inorganique. La participation active de l'IFCC, du NIBSC, de la Pharmacopée américaine aux activités du CCQM et leur collaboration avec le JCTLM démontrent l'intérêt pour ces organisations de disposer de mesures exactes.

Le soutien apporté par le Département de la chimie du BIPM concernant les molécules organiques pures (calibrateurs primaires) et la mise au point de mesures traçables au SI pour les molécules organiques de grande taille, telles que l'insuline, ont été salués par l'industrie pharmaceutique car cela permet d'améliorer la qualité mondiale de l'insuline et d'en réduire les coûts de production.

La coopération avec l'Agence mondiale antidopage (AMA) se poursuit. Un membre du BIPM est membre du groupe d'experts de l'AMA.

En 2005, le président du CCQM a été invité par la communauté de la médecine légale, lors de sa réunion internationale à Hong Kong, à présenter combien il est important de disposer de résultats

de mesure fiables, comparables et traçables dans le domaine de la médecine légale. Cela a conduit à une coopération avec l'European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI) et à l'organisation d'un atelier sur la médecine légale qui s'est tenu avec succès en avril 2010. Cet atelier a permis de démontrer que 70 % des analyses chimiques, en particulier celles concernant les stupéfiants, peuvent être traçables au SI. Un atelier de suivi pourrait être organisé.

L'atelier du CCQM intitulé « Metrology and the Need for Reliable Traceable Microbiological Measurements to Ensure Food Quality and Safety » qui s'est tenu en avril 2011 a fait ressortir le besoin urgent de disposer de mesures et résultats d'essais traçables. L'Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) considère que les maladies d'origine alimentaire sont un véritable désastre économique et place cette question, qu'il est nécessaire de résoudre, comme hautement prioritaire. L'atelier du CCQM a rassemblé des experts provenant d'exploitations agricoles, de l'industrie alimentaire multinationale, de laboratoires d'essais dans le domaine de l'alimentation, de l'International Dairy Federation (IDF), de fournisseurs de services d'essais d'aptitude, d'agences de réglementation, de l'APEC, d'organismes de normalisation et de laboratoires nationaux de métrologie ; ces experts ont conclu à l'unanimité qu'il était urgent pour tous les participants de l'atelier de coopérer de façon intense. Le CCQM a décidé d'établir un comité de pilotage *ad hoc* présidé par le NIST afin d'étudier et préparer la mise en œuvre de cette coopération qui concernent les questions suivantes :

- l'échantillonnage ;
- la croissance de cellules ou d'organismes ;
- le comptage de colonies viables ;
- les organismes non-cultivables viables ;
- la détection, l'isolation, l'identification et la détermination des caractéristiques des organismes ;
- le comptage dans différentes unités, par exemple « cfu » (« colony forming unit »), utilisées pour exprimer la mesure du nombre de bactéries ou de champignons viables en cfu/g ou cfu/ml ;
- les méthodes de laboratoire lentes comparées aux méthodes rapides ;
- les méthodes de référence fondées sur la croissance d'organismes ;
- les immuno-essais, les tests ADN tels que l'amplification en chaîne par polymérase (PCR).

La collaboration avec l'AIEA et l'IRMM se traduit par la participation de ces deux organisations à certains Groupes de travail appropriés du CCQM. En ce qui concerne l'accréditation, la normalisation, la science en chimie et les documents d'orientation, une collaboration a été établie avec l'ILAC, l'ISO REMCO, le CITAC et l'IUPAC.

Redéfinition de la mole

Les discussions au sein du CCQM concernant la redéfinition de la mole à partir d'une constante fondamentale (nombre d'Avogadro) se poursuivent. Le CCQM reste toujours d'avis qu'une redéfinition n'affecterait pas les résultats des mesures en chimie, les changements de l'incertitude des masses molaires étant bien inférieurs aux meilleures incertitudes de mesure que l'on peut obtenir. Cependant, le CCQM continue à penser qu'une redéfinition ne pourrait se faire qu'après avoir résolu et expliqué les différences en valeur relative observées entre les résultats obtenus avec la balance du watt et celles obtenues à partir des mesures de la masse molaire de cristaux par rayons x. Les mesures qui restent à effectuer afin d'obtenir des résultats présentant

une meilleure exactitude et une meilleure cohérence concernent les mesures de rapports isotopiques d'échantillons de silicium naturel et enrichi.

Le fait de faire connaître les enjeux de la redéfinition de la mole et de renforcer la communication à ce sujet au sein de la communauté de la chimie dans son ensemble constitue un autre sujet important de préoccupation. Bien que l'IUPAC, en tant que représentant principal de la communauté de la chimie, ait approuvé la proposition de redéfinition de la mole, le CCQM craint toujours que les chimistes n'aient pas suffisamment compris pourquoi l'IUPAC avait pris cette décision. L'IUPAC se penche actuellement sur cette question. Par ailleurs, un atelier du CCQM sur la redéfinition de la mole est prévu pour avril 2012.

Laboratoires désignés et laboratoires de référence nationaux et régionaux spécifiques

Dans de nombreux pays, les laboratoires nationaux de métrologie n'ont pas une grande expérience de la métrologie en chimie ni les aptitudes de mesure appropriées. Pour satisfaire rapidement et efficacement les besoins du commerce, de l'industrie et de la société, il est recommandé d'utiliser les compétences et aptitudes en métrologie en chimie d'autres laboratoires nationaux et universités qui sont alors désignés afin d'agir en tant que laboratoire national de métrologie pour certaines grandeurs et certains domaines de mesure en chimie. Ainsi, de plus en plus de laboratoires travaillant dans les domaines de la chimie, de l'alimentation, de l'environnement et de la santé dans différents pays sont devenus des laboratoires désignés.

Pour certains types de mesures en chimie, il est nécessaire d'utiliser des équipements coûteux tels qu'un réacteur pour l'analyse par activation neutronique. Comme la plupart des laboratoires nationaux de métrologie ne possèdent pas de tels équipements, il leur est fortement recommandé d'avoir recours aux réacteurs que possèdent, dans leur pays, d'autres universités et laboratoires.

Au niveau international, on observe que les autorités désignent, dans les domaines de la chimie clinique, des essais en alimentation, de la surveillance de l'environnement et de la médecine légale, des laboratoires de référence nationaux ou régionaux afin d'harmoniser les procédures de mesure et d'établir des résultats de mesure comparables. Comme les laboratoires de référence font partie de la chaîne de traçabilité, il est fondamental qu'ils collaborent avec les laboratoires nationaux de métrologie et, lorsque cela est utile, que leurs résultats de mesure soient directement liés aux comparaisons clés et études pilotes du CCQM.

Dissémination de la traçabilité, essais d'aptitudes et accréditation

Il est impossible pour les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés de disséminer la traçabilité directement à tous les laboratoires de terrain. Il est donc important d'établir une seconde catégorie comprenant des laboratoires d'étalonnage en chimie qui soient accrédités, et des producteurs de matériaux de référence certifiés qui le soient aussi. L'ILAC promeut l'accréditation de ces producteurs de matériaux de référence certifiés fondée sur la norme ISO/CEI 17025:2005 et sur le Guide 34:2009 de l'ISO. Il est recommandé d'établir un réseau de fournisseurs d'essais d'aptitude accrédités organisant des programmes d'essais d'aptitude avec une valeur de référence assignée. L'ILAC promeut l'accréditation de ces fournisseurs d'essais d'aptitude fondée sur la norme ISO 17043:2010.

Conclusions

La coopération entre le CCQM et les organisations intergouvernementales, organismes internationaux et associations, témoigne de l'importance de la métrologie en chimie et du besoin urgent de disposer de résultats de mesure traçables, comparables, exacts et fiables. Des progrès significatifs ont été réalisés et le travail avance afin d'assurer la traçabilité des molécules organiques de grande taille. En dépit des nombreuses études et découvertes scientifiques sur l'ADN, l'ARN, les protéines, les organismes cellulaires et microbiens, il demeure toujours nécessaire d'effectuer des mesures et il est à espérer qu'au cours des quatre prochaines années des progrès seront réalisés en métrologie en chimie.

Le CCQM a démontré depuis sa création en 1993 par le CIPM que le fait d'obtenir des mesures exactes en métrologie en chimie est possible. Le CCQM remercie les laboratoires nationaux de métrologie, les laboratoires désignés, ainsi que les organisations intergouvernementales, organismes internationaux et autres associations, pour leur soutien et leurs efforts.

Le président de la CGPM remercie M. Kaarls pour la présentation de son rapport.

23.9 Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations

M. Valdés, président du Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV), présente son rapport sur les activités du CCAUV depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007).

Le CCAUV, qui a été établi en 1998 par le CIPM lors de sa 87^e session, s'est réuni deux fois depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007). Le CCAUV est composé de dix-sept membres et de treize observateurs ; ses activités sont coordonnées par son président, le directeur du BIPM et le secrétaire exécutif du CCAUV.

Lors de la dernière session du CCAUV qui s'est tenue au siège du BIPM en octobre 2010, Mme Allisy-Roberts a annoncé que Mme S. Picard, BIPM, lui succèderait en tant que secrétaire exécutive du CCAUV. Un certificat spécial a été remis par l'ensemble des participants du CCAUV à Mme Allisy-Roberts en reconnaissance de son travail pour le CCAUV. Mme Picard a pris les fonctions de secrétaire exécutive du CCAUV le 1^{er} janvier 2011.

État d'avancement des comparaisons clés

Depuis sa création, le CCAUV a mis en œuvre un programme actif de comparaisons clés. L'état d'avancement détaillé des comparaisons clés du CIPM, menées dans le cadre des activités du CCAUV, est consultable dans la KCDB et peut se résumer de la manière suivante :

Acoustique

Les résultats de quatre comparaisons clés du CIPM de pression acoustique dans l'air ont été publiés et une autre comparaison clé est en cours.

- CCAUV.A-K1, 1999-2001, Niveau d'efficacité en pression de microphones étalons de laboratoire LS1P, Fréquence : 63 Hz à 8 kHz.
- CCAUV.A-K2, 2004-2005, Niveau d'efficacité en pression de microphones étalons de laboratoire LS1P aux basses fréquences, Fréquence : 2 Hz à 250 Hz.

- CCAUV.A-K3, comparaison effectuée en 2003, résultats publiés en 2006, comparaison bilatérale supplémentaire réalisée en 2007, Niveau d'efficacité en pression de microphones étalons de laboratoire LS2P, Fréquence : 31,5 Hz à 31,5 kHz.
- CCAUV.A-K4, 2007-2008, Niveau d'efficacité en champ libre de microphones étalons de laboratoire LS2aP, Fréquence : 1 kHz à 40 kHz.
- CCAUV.A-K5, 2011-2012 (comparaison en cours), Niveau d'efficacité en pression de microphones étalons de laboratoire LS1P, Fréquence : 2 Hz à 10 kHz.

Acoustique dans l'eau

Les résultats d'une comparaison clé du CIPM de pression acoustique dans l'eau, comprenant sept participants, ont été publiés en 2004 :

- CCAUV.W-K1, 2003-2004, Étalonnage d'hydrophones pour l'acoustique dans l'eau, Fréquence : 1 kHz à 500 kHz.

Ultrasons

Les résultats de deux comparaisons clés du CIPM de mesures de puissance ultrasonore ont été publiés et deux autres comparaisons clés sont en cours :

- CCAUV.U-K1, 1999-2002, Puissance ultrasonore, Fréquence : 1,9 MHz, 6,3 MHz et 10,5 MHz, Puissance : 10 mW, 100 mW, 1 W, 10 W et 15 W.
- CCAUV.U-K2, 1999-2005, Pression ultrasonore, Étalonnage d'hydrophones de 1 mm de diamètre, Fréquence : 1 MHz à 15 MHz.
- CCAUV.U-K3, 2008 (comparaison en cours), Puissance ultrasonore, Fréquence : 2 MHz à 15 MHz. Puissance : 10 mW à 15 W.

Les problèmes techniques de la comparaison clé CCAUV.U-K3 ont été résolus. La PTB, le laboratoire pilote, a rapidement réparé une connexion endommagée du transducteur de référence puis celui-ci a été renvoyé au premier participant afin qu'il procède à de nouvelles mesures. Un second problème d'infiltration d'eau a été découvert et le transducteur a de nouveau été retourné à la PTB. Suite à une seconde réparation plus importante, la PTB a réalisé d'autres mesures : les résultats ne montrent qu'une faible augmentation de la réponse du transducteur, avec un écart légèrement plus important pour les fréquences supérieures à 15 kHz par rapport aux mesures effectuées avant la réparation. Le projet suit désormais un calendrier qui a été révisé. Les variations de la réponse du transducteur sont plus faibles que l'incertitude de mesure qui est elle-même réduite d'un ordre de grandeur par rapport aux incertitudes-types requises pour les applications médicales.

- CCAUV.U-K4, 2011-2013 (comparaison en cours), Pression ultrasonore. Étalonnage d'hydrophones de référence de laboratoire, Fréquence : 1 MHz à 20 MHz.

Vibrations

Dans le domaine des vibrations, les résultats d'une comparaison clé du CIPM de mesures de la sensibilité en charge ont été publiés en 2002. Cette comparaison a été étendue à trois nouveaux participants, la liaison des résultats publiés en 2010 étant assurée par la PTB qui a participé aux deux exercices.

- CCAUV.V-K1, 2000-2002 et CCAUV.V-K1.1, 2006-2010, Mesures de la sensibilité en charge à 22 fréquences nominales de 40 Hz à 5 kHz, à l'aide d'un accéléromètre à fixation mécanique double et d'un accéléromètre à fixation mécanique unique.
- CCAUV.V-K2, 2009 (comparaison en cours), Mesures de l'amplitude et de la phase de la sensibilité en charge conformément à la norme ISO 16063-11. Accéléromètres à fixation mécanique double et unique. Fréquence : 10 Hz à 10 kHz.

Nouvelles comparaisons clés

- CCAUV.A-K5. Un projet de protocole a été soumis pour une nouvelle comparaison clé concernant le niveau d'efficacité en pression de microphones de type LS1P à des fréquences de 2 Hz à 10 Hz, qui comprend l'étalonnage de la phase et de l'amplitude. Le NPL, le laboratoire pilote, a préparé un questionnaire afin d'identifier les aptitudes des participants potentiels : ce questionnaire a été approuvé par le CCAUV lors de sa session de 2010. L'étalonnage de phase posant problème au NIST, il a été décidé qu'une comparaison bilatérale serait organisée avec le NIST, une fois les mesures de cette comparaison clé achevées.
- CCAUV.W-K2. Un projet de protocole pour une comparaison clé concernant l'étalonnage de pression d'hydrophones à l'aide de la méthode de réciprocity est en cours de préparation par le NPL ; il est prévu que six laboratoires nationaux de métrologie participent à cette comparaison clé, qui couvrira un domaine de fréquences de 20 Hz à 1 kHz.
- CCAUV.U-K4. Le NPL sera le laboratoire pilote d'une comparaison clé concernant l'étalonnage primaire d'hydrophones à des fréquences de 1 MHz à 20 MHz qui commencera au printemps 2011.

Proposition d'une comparaison à venir

Lors de la réunion du CCAUV en 2010, le NIM a proposé de lancer une nouvelle comparaison clé régionale sur les mesures de vibrations à basse fréquence. Cette proposition de comparaison clé est liée à l'important tremblement de terre survenu dans le sud-est de la Chine en 2008. Depuis ce tremblement de terre, la région touchée a été remise en état : de nouvelles réglementations entrées en vigueur depuis lors requièrent que la zone touchée soit équipée de capteurs avancés, notamment de capteurs des vibrations à basse fréquence, afin de surveiller le risque de tremblements de terre. L'APMP s'est donc engagée à proposer une comparaison clé concernant les mesures de vibrations à basse fréquence et à la piloter. La limite de basse fréquence de 0,5 Hz attribuée à la comparaison clé paraît réaliste par rapport à l'aptitude générale du NIM mais ce dernier souhaite atteindre le seuil encore plus bas de 0,1 Hz.

Comparaisons clés des organisations régionales de métrologie

Les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie liées aux comparaisons clés du CIPM dans le domaine de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations sont les suivantes.

APMP :

APMP.AUV.A-K1, 2004 - 2007 ; APMP.AUV.A-K1.1, 2008 - 2009 ; APMP.AUV.A-K3, 2006 - 2007 ; APMP.AUV.A-K3.1, 2008 - 2011 ; APMP.AUV.V-K1, 1996 - 2004 ; APMP.AUV.V-K1.1, 2010 ; APMP.AUV.V-K1.2, 2009 - 2010.

COOMET :

COOMET.AUV.A-K1, 2002 - 2009 ; COOMET.AUV.A-K1.1, 2004 - 2009 ;

COOMET.AUV.A-K2, 2009 - 2011 ; COOMET.AUV.A-K3, 2005 - 2007 ;
COOMET.AUV.V-K1, 2007 (comparaison en cours).

EURAMET :

EUROMET.AUV.A-K1, 1997 - 2006 ; EUROMET.AUV.A-K3, 2003 - 2007 ;
EURAMET.AUV.V-K1.2, 2008 (comparaison en cours) ; EUROMET.AUV.V-K1, 2003 - 2006 ; EUROMET.AUV.V-K1.1, 2006 - 2010 ; EUROMET.AUV.V-K1.PREV 1991 - 1995.

SIM :

SIM.AUV.A-K1, 1997 - 2007 ; SIM.AUV.A-K1.PREV, 1997 - 2001 ; SIM.AUV.V-K1, 1997 - 2009 ; SIM.AUV.V-K1.1, 2005 (rapport en cours).

Plusieurs comparaisons supplémentaires sont en cours.

On compte deux familles de sept comparaisons clés liées entre elles, l'une dans le domaine de l'acoustique (Niveau d'efficacité en pression des microphones LS1P à 1 kHz) et l'autre dans celui des vibrations (Étalonnage des accéléromètres à fixation mécanique double à 160 Hz), menées à bien sous l'égide du CCAUV. Le CCAUV est le premier Comité consultatif à atteindre cet objectif. La liaison des résultats de six comparaisons clés effectuées par les organisations régionales de métrologie aux résultats de la comparaison clé du CIPM correspondante témoigne de l'efficacité du CIPM MRA après dix années d'existence.

Groupes de travail du CCAUV

Groupe de travail sur la stratégie

Le président du Groupe de travail du CCAUV sur la stratégie est M. Zeqiri (NPL). Le Groupe de travail du CCAUV sur la stratégie a convenu de ses termes de référence qui sont les suivants :

- avoir une vue d'ensemble des nouvelles exigences métrologiques dans le domaine de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations et comprendre comment ces nouvelles exigences sont liées aux besoins sociétaux et industriels des parties concernées ;
- fournir des données sur la métrologie de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations à intégrer aux documents du CIPM sur les besoins à venir dans le domaine de la métrologie ;
- conseiller le CCAUV sur la structure de fonctionnement optimale, notamment en ce qui concerne la collecte, l'analyse et la diffusion d'informations ;
- partager des informations sur les priorités nationales (telles que des feuilles de route) concernant les domaines métrologiques émergents, en aidant les laboratoires nationaux de métrologie à élaborer des programmes métrologiques améliorés ;
- identifier les possibles domaines de coopération afin d'augmenter plus rapidement l'impact des actions menées ;
- surveiller les activités des autres Comités consultatifs (telles celles sur la révision à venir du SI) qui pourraient avoir un impact sur le CCAUV et agir en conséquence ;
- identifier les évolutions nécessaires, dans le domaine de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations, concernant les mesures des propriétés pour la métrologie des matériaux ;
- étudier les technologies clés qui pourraient apporter des solutions aux défis mis en évidence.

Le CCAUV a été le premier Comité consultatif à mettre en œuvre une planification stratégique en élaborant un document qui souligne les besoins métrologiques à venir. Le Groupe de travail sur la stratégie a utilisé un questionnaire afin d'identifier les sujets actuels faisant l'objet de recherches et les nouveaux domaines à étudier.

Groupe de travail sur la coordination des organisations régionales de métrologie

Le Groupe de travail du CCAUV sur la coordination des organisations régionales de métrologie est présidé par M. Veldman (NMISA). Ce Groupe de travail est chargé de discuter de la situation des examens de CMCs. Du fait de la demande accrue d'assesseurs techniques pour effectuer des examens par les pairs des Systèmes Qualité, il a été suggéré de créer une base de données répertoriant les domaines de compétence. Il a par ailleurs été discuté d'un format commun pour les examens de CMCs. Un formulaire existant de l'EURAMET a été adopté, après quelques changements mineurs.

La validité des incertitudes déclarées par des laboratoires secondaires et présentant des valeurs comparables ou plus faibles que celles de certains laboratoires nationaux de métrologie sera examinée. Il ne semble pas viable pour des laboratoires secondaires d'obtenir de meilleurs résultats que les laboratoires nationaux de métrologie sans investir dans des recherches que ces laboratoires nationaux ont déjà probablement effectuées ; une déclaration de l'ILAC pourrait être nécessaire pour mettre en garde les organismes nationaux d'accréditation à ce sujet.

Groupe de travail sur les comparaisons clés

Le président du Groupe de travail du CCAUV sur les comparaisons clés est M. Bruns (PTB). La composition du Groupe de travail a été révisée et des demandes ont été envoyées à l'INMETRO, au NPL et au NMIJ/AIST afin qu'ils nomment des délégués supplémentaires pour ce Groupe de travail, ce qui porte le nombre total de délégués à sept. Le Groupe de travail examine les rapports de comparaison clé et les documents connexes avant qu'ils ne soient soumis au CCAUV pour approbation, ce qui permet une analyse beaucoup plus robuste des résultats.

Métrologie dans le domaine de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations pour les essais de matériaux

Un numéro spécial de *Metrologia* sur la métrologie des matériaux, rédigé par MM. Bennett et Valdés, a été publié en 2010 : il comprend des articles sur le domaine de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations.

Progrès et innovations dans le domaine de la métrologie de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations

Des rapports sur la mise en œuvre d'étalons nationaux, les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages, et les domaines de recherche sont disponibles sur la section du site internet du BIPM consacrée au CCAUV. Un certain nombre d'innovations ayant un impact direct sur la société ont été présentées au CCAUV par les délégués de laboratoires nationaux de métrologie membres du CCAUV :

NIM – Équipement d'étalonnage pour la surveillance des tremblements de terre

Les transducteurs de vibrations à basse fréquence sont très utilisés pour surveiller les tremblements de terre, prospecter les gisements de pétrole, étudier les bâtiments et les vibrations environnementales, etc. Le Global Seismographic Network (Réseau mondial sismographique) est composé de centaines de stations d'observation dans le monde entier et de centaines de

milliers de sismomètres utilisés pour surveiller les vibrations à basse fréquence de la Terre. Tous les sismomètres fonctionnent à de basses fréquences situées en dessous de 0,5 Hz ou 0,1 Hz, voire 0,008 Hz, et permettent d'enregistrer les tremblements de terre qui surviennent quotidiennement dans le monde entier.

Un équipement d'étalonnage spécifique conçu pour les vibrations à basse fréquence a été mis au point pour répondre aux demandes des organismes de surveillance sismique. L'équipement mis au point par le NIM, Chine, permet d'étalonner des sismomètres à 0,008 Hz, ce qui permet d'obtenir des informations de grande exactitude sur l'activité sismique. La comparaison régionale de l'APMP sur les mesures de vibrations à basse fréquence est pilotée par le NIM et le NMISA. C'est la première tentative dans la région d'assurer la traçabilité et l'équivalence internationale des étalons de mesure des vibrations dans le domaine des fréquences plus basses que 0,1 Hz.

CENAM – Appareils à ultrasons pour la kinésithérapie

Si un appareil à ultrasons n'est pas comparé de façon régulière à un étalon de référence, l'efficacité du diagnostic ou du traitement médical effectué à l'aide de cet appareil risque d'être compromis. Les données de la Food and Drug Administration (FDA, États-Unis d'Amérique) concernant les rappels de produits indiquent que des milliers d'appareils à ultrasons vendus dans différents pays pourraient ne pas être en conformité, d'un point de vue opérationnel, avec leurs spécifications. Une étude réalisée par le CENAM au Mexique montre l'importance d'effectuer, en plus de l'entretien régulier, des programmes d'étalonnage périodiques pour les appareils à ultrasons utilisés en kinésithérapie. Une balance de pression de radiation portable, équipée d'une cible réfléchissante convexe-conique et fonctionnant à des puissances de 10 mW à 30 W, a été utilisée comme étalon de référence. La puissance de sortie de chaque appareil à ultrasons pour la kinésithérapie a été mesurée à quatre valeurs nominales. Le CENAM a effectué deux études sur site, à partir d'un échantillon de 198 appareils à ultrasons provenant de 114 centres médicaux mexicains. Les utilisateurs de ces appareils étaient principalement des services de gynécologie-obstétrique et de kinésithérapie. Les études sur site montrent que près de 20 % des appareils d'échographie contrôlés pourraient conduire à de faux diagnostics négatifs dans le cas de cibles anéchoïques relativement petites et profondes, et que près de 25 % des appareils de kinésithérapie mesurés montrent des écarts relatifs plus importants que ceux indiqués dans la norme CEI 61689 (un écart de 20 % est généralement admis). D'autres laboratoires nationaux de métrologie ont également indiqué avoir fait des progrès importants dans la mesure de puissances ultrasoniques. Les États Membres et les Associés sont invités à vérifier leur infrastructure nationale dans ce domaine.

PTB – Écrans anti-bruit afin de protéger l'ouïe des musiciens d'orchestre

Lors des répétitions ou d'un concert d'un orchestre symphonique, les musiciens peuvent être exposés quotidiennement, pendant huit heures, à des niveaux de bruit excédant 95 dB(A). Ces valeurs sont bien plus élevées que la limite de 87 dB(A) fixée dans la directive de l'Union européenne relative au bruit dans l'environnement de travail, qui est appliquée depuis 2008 au secteur de la musique et des loisirs. Si le bruit généré ne peut être réduit, des méthodes de protection passives doivent être mises en place. La PTB a mis au point et étudié des écrans anti-bruit qui peuvent être installés entre les rangs des musiciens, en particulier devant les cuivres. Ces écrans réduisent le volume sonore, en particulier au niveau de la tête des musiciens placés devant les instruments produisant le son le plus fort, sans changer le son de la musique émise. La partie supérieure de l'écran est transparente afin que les musiciens puissent rester en contact visuel avec le chef d'orchestre. Des mesures de niveau sonore effectuées à dix endroits différents de la scène ont été réalisées avec et sans écrans anti-bruit. Devant les cuivres, une réduction du

bruit de 8 dB(A) à 12 dB(A) a été obtenue, la réduction a été de 3 dB(A) à la place du chef d'orchestre. Ces écrans constituent donc un équipement de protection important pour l'ouïe des musiciens.

Ces exemples, ainsi que les catastrophes naturelles survenues en Chine en 2008 et plus récemment au Japon, montrent que les liens entre la métrologie fondamentale et les besoins de la société deviennent de plus en plus importants.

Le président de la CGPM remercie M. Valdés pour la présentation de son rapport.

23.10 Comité consultatif des unités

M. Mills, président du Comité consultatif des unités (CCU), présente son rapport sur les activités effectuées par le CCU au cours des quatre dernières années.

Le CCU s'est réuni deux fois depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007) : du 26 au 28 mai 2009 (19^e session du CCU), et du 14 au 16 septembre 2010 (20^e session du CCU). Les propositions visant à réviser de façon majeure le Système international d'unités, le SI, ont été au centre des discussions lors de ces deux réunions. Environ quarante personnes ont assisté à chacune de ces réunions, dont une quinzaine d'invités, représentants des Comités consultatifs ou spécialistes de la question des unités provenant de diverses organisations. Les rapports de ces réunions sont disponibles sur le site internet du BIPM et comprennent la liste détaillée des participants.

La discussion sur les éventuels changements à apporter au SI afin de redéfinir le kilogramme, l'ampère, le kelvin et la mole en fixant la valeur numérique de la constante de Planck h , de la charge élémentaire e , de la constante de Boltzmann k et de la constante d'Avogadro N_A , respectivement, s'est appuyée sur les propositions présentées à la CGPM lors de sa 23^e réunion (2007). En proposant de nouvelles définitions, la volonté du CCU est d'utiliser les constantes les plus fondamentales de la nature comme constantes de référence sur lesquelles fonder le SI.

19^e session du CCU (26 – 28 mai 2009)

Le rapport complet de cette réunion est disponible sur le site internet du BIPM (<http://www.bipm.org/utis/common/pdf/CCU19.pdf>) : ne figurent ci-après que les propositions de révision du SI.

À l'issue d'une discussion approfondie sur les éventuelles nouvelles définitions du kilogramme et de l'ampère, le CCU a choisi la constante de Planck h plutôt que la masse d'un atome spécifique tel que le carbone 12 ou le silicium 28 pour définir le kilogramme, et la charge élémentaire e plutôt que la constante magnétique μ_0 pour définir l'ampère. Les constantes h et e font partie des constantes les plus fondamentales de la nature et, de plus, le fait de fixer leur valeur numérique présente un avantage pour les mesures électriques. Le fait de choisir la constante de Boltzmann k , plutôt que le point triple de l'eau T_{TPW} , pour définir le kelvin a fait l'unanimité en raison du caractère plus fondamental de k par rapport à T_{TPW} et de la plus grande diversité d'expériences qui existent afin de réaliser la nouvelle définition sur une large plage de températures. Le choix de fixer la constante d'Avogadro N_A , plutôt que la masse molaire du carbone 12, $M(^{12}\text{C})$, pour définir la mole a fait l'objet de longs débats. L'utilisation de N_A a été privilégiée car la nouvelle définition de la mole ainsi proposée serait plus simple ; par ailleurs, cela permettrait de faire nettement la distinction entre les grandeurs « quantité de matière » et « masse », et par conséquent de distinguer la définition de la mole de celle du kilogramme. Bien que les autres propositions aient été soigneusement examinées, h , e , k et N_A demeurent les

« constantes de référence » privilégiées par le CCU pour redéfinir le kilogramme, l'ampère, le kelvin et la mole.

Les termes à adopter pour formuler les nouvelles définitions ont ensuite fait l'objet d'une discussion de fond. Il a été décidé d'adopter une nouvelle approche qui consiste à définir en premier lieu le SI dans son ensemble au moyen d'une unique phrase qui précise les valeurs numériques des sept constantes de référence utilisées pour déterminer l'amplitude des unités, sans introduire de distinction entre les unités de base et celles dérivées. Il a été convenu que cette première phrase devrait être suivie d'une définition rédigée pour chacune des sept unités de base traditionnelles du SI, à la fois pour assurer une meilleure intelligibilité du SI et pour garantir la continuité historique du SI. Il a été proposé que la définition de chaque unité de base soit rédigée en précisant la valeur numérique d'une constante fondamentale, ce que l'on appelle une définition « à constante explicite », puis d'ajouter des explications aidant à la compréhension de la physique sous-jacente, sous la forme, par exemple, de définitions dites « à unité explicite ». Le CCU considère cette façon de définir le SI plus simple et plus fondamentale.

De nombreux points de vue ont été échangés sur le choix spécifique des termes à utiliser dans les nouvelles définitions. Le président du CCU a donc suggéré de réviser le chapitre 2 de la Brochure sur le SI et le CCU a mis en place un groupe de travail restreint dont l'objectif était de rédiger un Projet de Chapitre 2 tel qu'il serait publié suite à la révision du SI. Le comité de rédaction ainsi créé comprenait M. Mills (président), M. Stenger (PTB), M. Himbert (LNE), M. Davis (BIPM) et M. Quinn (directeur honoraire du BIPM). Il s'est réuni à l'université de Reading, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, pendant deux jours en août 2009.

20^e session du CCU (14 – 16 septembre 2010)

La 20^e session du CCU, qui a été très suivie, a de nouveau été dominée par des discussions sur les propositions de révision du SI. Le rapport complet de cette réunion est disponible sur le site internet du BIPM (<http://www.bipm.org/utils/common/pdf/CCU20.pdf>).

Les rapports présentés par de nombreux organismes, ainsi que ceux portant sur des discussions approfondies qui ont eu lieu dans différents comités, ont de façon générale été favorables au projet de redéfinir les unités du SI. En ce qui concerne en particulier la mole, M. Mills a indiqué qu'il avait assisté à l'Assemblée générale de l'International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) à Glasgow, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, en septembre 2009, et que l'Interdivisional Committee on Terminology, Nomenclature and Symbols (ICTNS) de l'IUPAC avait fortement appuyé la proposition de redéfinir la mole en se fondant sur la valeur numérique fixée de la constante d'Avogadro, ce qui a par la suite été approuvé par le conseil de l'IUPAC.

La réunion du CCU a ensuite porté sur la formulation précise des propositions concernant ce qui est désormais connu sous le nom de « nouvel SI ». Ces propositions sont détaillées dans le Projet de chapitre 2 de la Brochure sur le SI révisée, qui sera publiée suite à leur adoption. Le CCU a reconnu que ces propositions ne peuvent pas être adoptées tant que de nouveaux résultats, obtenus à partir des expériences visant à déterminer les valeurs des constantes fondamentales qui seront utilisées dans les définitions, n'auront pas été publiés. Toutefois, il a été considéré que ces propositions devaient être présentées à la CGPM en 2011 afin d'être en mesure d'adopter le nouvel SI aussitôt que les exigences vis-à-vis des résultats d'expériences seront satisfaites.

Le CCU a ensuite voté à l'unanimité l'adoption de la Recommandation U 1 (2010) du CCU intitulée « Propositions faites au CIPM concernant un projet de résolution sur la révision du

Système international d'unités (SI) à soumettre à la CGPM lors de sa 24^e réunion ». Le président du CCU présentera cette recommandation au CIPM lors de sa réunion d'octobre 2010.

Autres activités du CCU depuis la 23^e réunion de la CGPM (2007)

Le président du CCU rend compte chaque année des activités du CCU lors de la réunion d'octobre du CIPM. Les propositions de changements au SI formulées par le CCU lors de sa 19^e session ont été présentées au CIPM en octobre 2009 et ont fait l'objet d'une discussion qui s'est poursuivie par correspondance pendant plusieurs mois après la réunion. C'est ainsi que de nombreuses modifications ont été apportées aux propositions et que le Projet de chapitre 2 de la Brochure sur le SI a été rédigé. En octobre 2010, le CCU a soumis au CIPM la **Recommandation U 1 (2010) du CCU** présentée comme une proposition. Après en avoir discuté plus avant et y avoir apporté des changements, le CIPM a accepté de façon presque unanime que la Recommandation U 1 du CCU serve de base à la rédaction d'un Projet de résolution qui serait soumis à la CGPM. Telle est l'origine du **Projet de résolution A** que le CIPM souhaite soumettre à la CGPM lors de sa réunion d'octobre 2011. Le Projet de résolution A ainsi que le Projet de chapitre 2 sont en accès libre sur le site internet du BIPM, dans une page consacrée aux propositions concernant le nouvel SI (http://www.bipm.org/fr/si/new_si/).

Étant donné que les propositions formulées par le CCU impliquent de nombreux changements au SI dont les lecteurs souhaiteront prendre connaissance, une liste de questions fréquemment posées sur le nouvel SI tel qu'il est proposé, ainsi que les réponses correspondantes, a été établie. Cette liste a été préparée en collaboration avec de nombreux collègues (parmi lesquels certains membres du CCU); elle est disponible sur le site internet du BIPM (http://www.bipm.org/fr/si/new_si/faqs.html).

Le Projet de résolution A, le Projet de chapitre 2 de la Brochure sur le SI ainsi que la liste de questions décrivent le nouvel SI tel qu'il est proposé mais la révision du SI ne sera pas mise en œuvre avant un délai de deux à quatre ans, ce qui correspond au temps jugé nécessaire pour obtenir des résultats expérimentaux améliorés ou nouveaux pour les valeurs des constantes fondamentales à partir desquelles les unités seront définies. Lorsque ces propositions seront adoptées, les valeurs des constantes fondamentales sur lesquelles se fonderont les définitions seront celles résultant de l'ajustement le plus récent fourni par la CODATA au moment de l'adoption. Le CCU est convaincu que d'ici la révision du SI, il est fondamental de faire connaître les changements proposés au SI et d'en discuter le plus largement possible.

Il est en outre à noter que la Royal Society, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, a organisé une session de discussion de deux jours, les 24 et 25 janvier 2011, sur le thème « The New SI: units defined in terms of fundamental constants ». D'éminents métrologistes du monde entier ont présenté des communications qui ont suscité d'intenses débats, la plupart des participants se montrant favorables aux propositions formulées par le CCU concernant le nouvel SI. La présentation d'ouverture de cette session de discussion, rédigée par MM. Mills, Mohr, Quinn, Taylor et Williams, a permis d'examiner les propositions qui seront soumises à la CGPM lors de sa 24^e réunion. Cette présentation, acceptée pour publication dans *Philosophical Transactions of the Royal Society*, sera publiée en 2011 dans une édition spéciale de cette revue qui contiendra également les autres communications présentées lors de cette session de discussion.

M. Mills conclut son rapport en remerciant Mme Claudine Thomas, secrétaire exécutive du CCU, pour l'aide et les conseils avisés qu'elle lui apporte dans ses activités de Président du CCU.

M. Quinn (directeur honoraire du BIPM) rend hommage à M. Mills et aux nombreuses années de travail qu'il a consacrées pour élaborer le Projet de résolution A.

Le président de la CGPM remercie M. Mills pour sa présentation.

24 Rapport final du Groupe de travail sur la dotation du BIPM

Au début de la cinquième session, le vendredi 21 octobre, M. Inglis, en tant que président du Groupe de travail sur la dotation du BIPM, présente un rapport succinct sur la seconde réunion du Groupe qui s'est tenue le jeudi 20 octobre.

Le Groupe de travail est parvenu à certaines conclusions, bien qu'il subsiste des divergences de points de vue. Il ressort de façon générale des discussions que la diminution du Fonds d'investissement demeure un sujet de préoccupation pour le Groupe de travail sur la dotation du BIPM et que ce dernier s'inquiète également de la situation de la Caisse de retraite du BIPM ; il a été considéré qu'il serait nécessaire de réexaminer cette question. M. Inglis met toutefois en garde contre une interprétation erronée de la situation de la Caisse de retraite.

Il a été fait part au sein du Groupe de travail sur la dotation du BIPM de certaines inquiétudes quant à la gouvernance du BIPM. La création d'un Groupe de travail *ad hoc*, tel que cela est prévu dans le Projet de résolution N, a reçu un fort soutien. Il a été souligné qu'une certaine dynamique devait être maintenue pour former le Groupe de travail *ad hoc* qui examinera la gouvernance du BIPM.

Il a été recommandé que la dotation soit adoptée pour une période de trois ans seulement (2013-2015), plutôt que pour la période traditionnelle de quatre ans.

Le projet de l'accélérateur linéaire a reçu le soutien de certains membres du Groupe de travail sur la dotation du BIPM. Le BIPM devrait être encouragé à chercher d'autres sources de financement pour l'accélérateur linéaire et les États Membres intéressés par ce projet devraient être encouragés à verser des contributions volontaires.

Le Groupe de travail sur la dotation du BIPM recommande de réviser la dotation pour les années 2013 à 2015 en y incluant une augmentation de 1 % par an pour compensation au titre de l'inflation pour chacune des trois années.

Le secrétaire de la réunion de la CGPM donne lecture du texte révisé du Projet de résolution C « Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2013 à 2015 » qui a été rédigé sur ces bases. M. Inglis indique que le Projet de résolution C révisé a requis beaucoup d'efforts : il salue l'implication et le travail du Groupe de travail sur la dotation du BIPM et remercie chacun des membres qui y ont participé. Le Projet de résolution C ne fait l'objet d'aucun commentaire supplémentaire. Il est rappelé que le vote sur le Projet de résolution C ne requiert aucun vote contre.

Le Projet de résolution C est adopté, sans discussion, en tant que Résolution 3 « Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2013 à 2015 » avec cinq abstentions (Autriche, Espagne, Italie, République tchèque et Slovaquie).

25 Vote des résolutions

Le vote sur les Projets de résolution A, B, D, E, F, G, I, J et N intervient par appel nominal. Quarante-deux États Parties à la Convention du Mètre sont représentés¹³ lors de la réunion de la CGPM, la majorité requise est donc de vingt-deux.

Projet de résolution A

Le secrétaire de la réunion de la CGPM, donne lecture du Projet de résolution A « Sur l'éventuelle révision à venir du Système international d'unités, le SI ».

M. Thor (Suède) indique que le deuxième point de la section « prend en considération » contient une erreur :

- la constante magnétique (la perméabilité du vide) μ_0 sera exactement $4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de la constante de structure fine α , puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale,

Il explique que le terme « exactement » devrait être supprimé. M. Besley (Australie) ajoute que le terme « exactement » devrait être retiré des quatre points de la section « prend en considération ».

Cette modification est acceptée. Le projet de résolution A ne fait l'objet d'aucun autre changement ou commentaire ; il est adopté à l'unanimité en tant que Résolution 1.

Projet de résolution B

Le secrétaire de la réunion de la CGPM donne lecture du Projet de résolution B « Sur l'importance d'une collaboration internationale afin de rendre les mesures nécessaires à l'observation du changement climatique traçables au Système international d'unités (SI) ».

M. Bock (Suisse) demande à M. Kühne si le BIPM disposera de suffisamment de fonds pour effectuer le travail décrit dans le Projet de résolution B, compte tenu du niveau de la dotation adoptée dans la Résolution 3. M. Kühne répond par l'affirmative.

M. Kaarls indique qu'un changement mineur est à effectuer dans le Projet de résolution B. Le second point de la section « accueille favorablement » mentionne le programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016 : la période indiquée sera remplacée par 2013 – 2015 étant donné que la dotation, dans la Résolution 3, a été adoptée pour les années 2013 à 2015.

Le projet de résolution B ne fait l'objet d'aucun autre changement ou commentaire ; il est adopté à l'unanimité en tant que Résolution 2.

Projet de résolution D

Le secrétaire de la réunion de la CGPM donne lecture du projet de résolution D « Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale ».

Mme Santo (Uruguay) demande des explications concernant la période de cinq ans entre l'accession au statut d'Associé à la CGPM et l'application de l'augmentation de la souscription des États Associés encouragés à accéder à la Convention du Mètre. Elle demande si la période

¹³ La délégation de la Bulgarie n'étant pas présente au moment du vote des résolutions, le nombre d'États Membres représentés pour le vote est de 42.

de cinq ans sera appliquée aux États qui sont déjà Associés à la CGPM depuis cinq années ou si ces cinq ans ne seront pris en compte qu'à partir de 2013. M. Kühne répond que la période de cinq ans sera appliquée à compter de la date d'accession. Il ajoute que pour les États qui sont Associés à la CGPM depuis plus de cinq ans, ces nouvelles dispositions ne seront prises en compte pour le calcul de leur souscription qu'à partir de 2013.

Mme Saundry (États-Unis d'Amérique) souhaite des clarifications et demande, à titre d'exemple, si la période de cinq ans commence à compter de 2007 ou 2010 pour un État qui a accédé au statut d'Associé en 2007 et dont la première CMC a été enregistrée dans la KCDB en 2010. M. Kühne répond que, dans l'exemple donné, la période de cinq ans serait appliquée à partir de la date d'accession, c'est-à-dire 2007. Il ajoute que l'augmentation de la souscription des États qui sont actuellement Associés sera appliquée à partir de 2013 afin de donner suffisamment de temps à ces États pour prendre les mesures budgétaires qui s'imposent.

Le projet de résolution D est adopté en tant que Résolution 4 avec deux abstentions (Afrique du Sud et Uruguay).

Projet de résolution E

Le secrétaire de la réunion de la CGPM donne lecture du projet de résolution E « Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale ».

M. Besley (Australie) demande si le terme « entité territoriale » est défini dans la Convention du Mètre car CARICOM pourrait être considérée comme une entité territoriale. MM. Kaarls et Kühne indique que, selon l'avis juridique recueilli lors de la rédaction du CIPM MRA en 1999, une entité territoriale est une entité qui n'est pas un État. CARICOM est une organisation intergouvernementale et non une entité territoriale.

Le projet de résolution E est adopté en tant que Résolution 5 avec quatre abstentions (Belgique, Espagne, France et Serbie).

Projets de résolution F

Le secrétaire de la réunion de la CGPM donne lecture du Projet de résolution F « Sur les contributions arriérées des États Parties à la Convention du Mètre ». La version révisée du Projet de résolution F remplace les Projets de résolution F1 à F4. Il sera accordé aux États débiteurs un délai de 12 mois pour conclure de façon définitive un accord de rééchelonnement. La délégation française propose que le Projet de résolution F soit adopté sans vote contre.

Mme Heurley (France) déclare que la France accueille favorablement le fait que la version révisée du Projet de résolution F ne mentionne pas de façon nominative les États concernés, ce qui permettra de simplifier le processus diplomatique lors de la notification à ces États de leur exclusion s'ils ne signent pas d'accord de rééchelonnement dans le délai imparti. La France souhaite que l'adoption de cette résolution se fasse sans vote contre. M. Kaarls ajoute que l'un des objectifs du Projet de résolution F est de clarifier le processus et d'éviter que les États Membres débiteurs ne continuent à cumuler des dettes.

Une brève discussion permet de clarifier certains points éditoriaux mineurs concernant la formulation en anglais du Projet de résolution F. Mme Chambon (France) indique que la version française est très claire et que c'est cette version de la Résolution qui fait foi.

Le Projet de résolution F est adopté sans abstention et sans vote contre en tant que Résolution 6.

Projet de résolution G

Le secrétaire de la réunion de la CGPM donne lecture du Projet de résolution G « Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées ».

Le projet de résolution G ne fait l'objet d'aucun autre changement ou commentaire ; il est adopté à l'unanimité en tant que Résolution 7.

Projet de résolution H

Le Projet de résolution H a été retiré par le CIPM (voir section 20).

Projet de résolution I

Le secrétaire de la réunion de la CGPM donne lecture du Projet de résolution I « Sur la révision de la mise en pratique de la définition du mètre et sur la mise au point de nouveaux étalons optiques de fréquence ».

Le projet de résolution I ne fait l'objet d'aucun changement ; il est adopté à l'unanimité en tant que Résolution 8.

Projet de résolution J

Le secrétaire de la réunion de la CGPM donne lecture du Projet de résolution J « Sur l'adoption d'un système de référence terrestre commun ».

Le projet de résolution J ne fait l'objet d'aucun changement ; il est adopté à l'unanimité en tant que Résolution 9.

Projet de résolution N

Le secrétaire de la réunion de la CGPM donne lecture du Projet de résolution N « Sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM ».

Quelques changements éditoriaux mineurs sont apportés au Projet de résolution N. M. Wayner (Canada) indique que la stratégie et la gouvernance sont deux sujets distincts et qu'ils devraient probablement être traités par deux sous-groupes du Groupe de travail *ad hoc*. La proposition canadienne est soutenue par M. Bock (Suisse).

La délégation de la République de Corée indique que le Projet de résolution N mentionne que les mesures à prendre au vu des conclusions du Groupe de travail *ad hoc* seront formulées en 2013-2014. Il demande si cela convient étant donné que la dotation a été adoptée pour les années 2013 à 2015. M. Kaarls répond que les conclusions seront examinées lors des réunions des représentants des États Parties à la Convention du Mètre et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, ainsi que préalablement à la prochaine réunion de la CGPM.

Le projet de résolution N ne fait l'objet d'aucun autre changement ; il est adopté à l'unanimité en tant que Résolution 10.

26 Renouvellement par moitié du CIPM

Conformément à l'article 8 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre, l'élection ou la réélection de la moitié du CIPM a lieu lors de chaque réunion de la CGPM. La liste des membres soumis au renouvellement comprend les quatre membres élus de façon provisoire par le CIPM depuis la dernière réunion de la CGPM, à savoir K.H. Chung (2008), Y. Duan (2009), W.E. May (2008) et H.O. Nava-Jaimes (2008). Ces quatre membres figurent en premier sur la liste des membres soumis à élection. Le secrétaire de la réunion de la CGPM, M. Kaarls, informe les délégués qu'en l'absence de siège vacant au sein du CIPM, cinq membres du CIPM ont été désignés par tirage au sort lors de la dernière session du CIPM (qui s'est tenue au siège du BIPM la semaine précédant la réunion de la CGPM). Les membres du CIPM dont le nom a été tiré au sort sont les suivants : L. Érard, R. Kaarls, A. Sacconi, W. Schwitz, et H. Uğur. Le pourvoi du siège de ces neuf membres est soumis au vote de la CGPM.

Les bulletins de vote sont ensuite distribués aux délégations et deux scrutateurs se portent volontaires pour compter les votes : il s'agit de M. Bock (Suisse) et de M. Mills (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord). Il est rappelé aux délégations que chaque État dispose d'une voix.

M. Gallagher (États-Unis d'Amérique) demande des clarifications sur la procédure de vote et sur ce qu'il faut mentionner sur les bulletins de vote. M. Kaarls précise qu'il faut inscrire « oui », « non » ou « abstention » à côté de chaque nom. Il ajoute que le vote est à la majorité absolue et qu'il n'est pas possible que deux membres du CIPM soient de la même nationalité. Les votes seront comptabilisés par les scrutateurs.

M. Gunn (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) déclare que la délégation britannique souhaite faire consigner au procès-verbal que les droits de la CGPM de nommer un CIPM qui soit véritablement responsable envers les États Membres ont une fois encore été ignorés et méprisés. Une élection où le nombre de candidats est équivalent à celui des vacances et où les noms des candidats ne sont connus que quelques jours avant le vote ne constitue pas une véritable élection. Le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord espère que le Groupe de travail *ad hoc* sur la gouvernance et la stratégie proposera un bien meilleur système pour sélectionner ceux qui, selon la Convention du Mètre, sont responsables de la supervision de la gestion de l'organisation. Le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord espère également que c'est la dernière fois que cette méthode de sélection sera appliquée ; il revient au Groupe de travail *ad hoc* de déterminer quelle est la solution en la matière mais il est certain qu'au 21^e siècle, une méthode différente est requise. La position du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord ne se fonde pas simplement sur la théorie et les principes ; la délégation britannique pense que l'insuffisante reddition de comptes conduit le CIPM à avoir comme premier instinct de s'en remettre à ce qui a toujours été fait jusqu'alors, plutôt que de regarder vers l'avant pour considérer ce qui pourrait être fait à l'avenir. Il est à espérer que le CIPM a engagé un processus pour changer cela. La délégation britannique ne vise aucun membre du CIPM en particulier lorsqu'elle formule ces commentaires mais a été encouragée à faire cette déclaration étant donné la méthode appliquée concernant les nouveaux membres du CIPM se présentant à l'élection cette année. Toutefois, la délégation britannique pense qu'il est nécessaire d'envoyer un message fort au CIPM et au nouveau Groupe de travail *ad hoc* afin qu'ils sachent que les attentes vis-à-vis de changements profonds sont très élevées : la délégation britannique pense que cette élection est le meilleur moyen pour elle pour faire passer ce message. Ainsi, le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord a l'intention de voter

uniquement pour le pourvoi des sièges des quatre membres provisoirement élus depuis la dernière réunion de la CGPM, à savoir K.H. Chung, Y. Duan, W.E. May et H.O. Nava-Jaimes, et s'abstiendra en ce qui concerne les cinq autres sièges. Le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord invite les autres délégations qui souhaitent transmettre le même message à faire de même. M. Gunn souhaite souligner que ces commentaires ne concernent pas la contribution individuelle des cinq autres candidats, certains d'entre eux étant des conseillers de confiance au sein du programme britannique. La délégation britannique considère toutefois que c'est la seule façon officielle d'exprimer un désir de changement.

M. Bock (Suisse) ajoute que la Suisse soutient la position du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord.

M. Bennett (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) fait une déclaration en tant que membre du CIPM. Il observe que les changements concernant la gouvernance du BIPM qui ont été envisagés et discutés sont les bienvenus. Il indique avoir servi le CIPM pendant dix ans et remarque que la Convention du Mètre peut certes manquer de précisions concernant la gouvernance du BIPM mais qu'elle convient très bien concernant l'organisation du travail de laboratoire. Il exprime sa déception par rapport au fait que la délégation britannique ne soit pas disposée à voter pour les membres du CIPM proposés. Il observe que le CIPM est sous l'autorité de la CGPM et qu'il serait inapproprié pour la CGPM d'envoyer un message par le biais du processus de vote afin de requérir que le CIPM engage un processus de changement ; il ajoute qu'il serait préférable que la CGPM exprime sa confiance envers le CIPM.

Après le décompte des votes, les quatre membres du CIPM élus provisoirement depuis la dernière réunion de la CGPM, K.H. Chung, Y. Duan, W.E. May et H.O. Nava-Jaimes, sont élus de manière définitive. Par ailleurs, les cinq membres du CIPM tirés au sort, L. Érard, R. Kaarls, A. Sacconi, W. Schwitz, et H. Uğur, sont réélus.

Candidat	Nombre de votes
K.H. Chung	35
Y. Duan	37
L. Érard	30
R. Kaarls	28
W.E. May	36
H.O. Nava-Jaimes	35
A. Sacconi	28
W. Schwitz	28
H. Uğur	25

27 Questions diverses

M. Inglis indique souhaiter que le Groupe de travail *ad hoc* chargé de conduire un examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stabilité financière à long terme, de la direction stratégique et de la gouvernance du BIPM, tel que défini dans la Résolution 10, commence à travailler dès que possible. Il observe que le Groupe de travail devrait être restreint à environ quinze membres et que les participants doivent avoir conscience de l'implication en termes de temps et d'efforts que la participation à ce Groupe requerra. Il ajoute qu'il lui sera nécessaire de disposer des coordonnées des personnes désignées par leur État pour faire partie du Groupe de travail *ad hoc* et de tout autre État Partie à la Convention du Mètre intéressé à participer au Groupe de travail.

M. Inglis précise que la dotation du BIPM a été adoptée pour une période de trois ans (2013-2015) et non pour la période traditionnelle de quatre ans. Ainsi, la prochaine réunion de la CGPM aura lieu dans trois ans, en 2014. Ce point ne fait l'objet d'aucune objection.

M. Inglis précise également que la Convocation de la CGPM doit être envoyée neuf mois avant la tenue de la réunion de la CGPM. Il remarque qu'en raison du délai réduit d'ici la prochaine réunion de la CGPM et de la nécessité d'élaborer un nouveau programme de travail en moins de trois ans, cela imposera une lourde charge de travail aux membres du personnel du BIPM. Il demande donc à la CGPM de décider de réduire le délai nécessaire concernant l'envoi de la Convocation préalablement à la réunion de la CGPM de neuf mois à quatre mois.

M. Thor (Suède) suggère que la Convocation soit envoyée six mois à l'avance afin que les États Membres puissent soumettre des propositions et que le CIPM puisse les étudier et les transmettre suffisamment à l'avance à l'ensemble des États Membres.

M. Steele (Canada) suggère d'envoyer des projets de document neuf mois avant le début de la prochaine réunion de la CGPM, puis de transmettre les versions finales une fois qu'elles sont terminées. Cela permettrait au BIPM d'être transparent sur le travail en cours. M. Inglis n'est pas d'accord avec cette proposition. M. Steele indique que les versions électroniques des documents seraient suffisantes, tout en convenant qu'il est nécessaire que les versions papier soient envoyées aux ambassades des États Membres. M. Kühne ajoute que le fait de tenir la prochaine réunion de la CGPM en 2014 a des implications pratiques. Les réunions des représentants des États Parties à la Convention du Mètre et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie sont prévues en 2014 et il sera nécessaire de laisser un délai suffisant entre ces réunions et celle de la CGPM pour envoyer les documents requis aux délégués. Il est donc essentiel que la réunion de la CGPM se tienne à la fin de 2014 et que les réunions des représentants des États Parties à la Convention du Mètre et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie aient lieu en début d'année pour avoir la possibilité d'intégrer aux documents d'éventuelles propositions.

Suite à une remarque de la Suède sur les implications de la réduction de délai proposée, M. Inglis suggère que la Convocation soit envoyée six mois avant le début de la réunion de la CGPM en 2014, que les délégués soumettent leurs éventuelles propositions quatre mois avant le début de la réunion de la CGPM, et que celles-ci soient transmises aux États Parties à la Convention du Mètre deux mois avant. Cette proposition ne fait l'objet d'aucune objection et ces délais sont approuvés par la CGPM.

Concernant la Résolution 6 « Sur les contributions arriérées des États Parties à la Convention du Mètre » et la Résolution 7 « Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées » dont il a été discuté, M. Kühne observe qu'il a été suggéré que si des États Parties à la Convention du Mètre règlent leurs arriérés, les fonds correspondants seraient utilisés pour reconstituer le Fonds d'investissement plutôt que pour rembourser les autres États. M. Gallagher (États-Unis d'Amérique) indique vouloir réfléchir plus avant à cette proposition mais pense que les États-Unis d'Amérique n'y seront pas favorables. Aucun autre commentaire n'est formulé.

28 Clôture de la 24^e réunion de la CGPM

Le président de la réunion de la CGPM clôt la 24^e réunion de la CGPM en remerciant le secrétaire de la réunion de la CGPM, M. Kaarls, le président du CIPM, M. Inglis, et le directeur du BIPM, M. Kühne. Il remercie également tous les membres du personnel du BIPM pour leur contribution à la 24^e réunion de la CGPM, ainsi que tous les délégués pour leur présence et leur active participation.

M. Inglis remercie M. Bordé d'avoir présidé la 24^e réunion de la CGPM.

**Résolutions adoptées par la
Conférence générale des poids et mesures
lors de sa 24^e réunion (2011)**

- **Sur l'éventuelle révision à venir du Système international d'unités, le SI**

Résolution 1

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- qu'il existe un consensus international sur l'importance, la valeur et les bénéfices potentiels de la redéfinition d'un certain nombre d'unités du Système international d'unités (SI),
- que les laboratoires nationaux de métrologie et le Bureau international des poids et mesures (BIPM) ont, à juste titre, déployé des efforts considérables au cours de ces dernières décennies afin de faire progresser le Système international d'unités (SI), en repoussant les limites de la métrologie, de façon à ce que les unités de base du SI puissent être définies en s'appuyant sur les constantes de la nature – les constantes physiques fondamentales ou les propriétés des atomes,
- qu'un exemple marquant du succès de ces efforts est la définition actuelle de l'unité de longueur du SI, le mètre (17^e réunion de la CGPM, 1983, Résolution 1), qui relie l'unité à une valeur exacte de la vitesse de la lumière dans le vide c , à savoir 299 792 458 mètres par seconde,
- que parmi les sept unités de base du SI, seul le kilogramme est encore défini à partir d'un objet matériel (artefact), à savoir le prototype international du kilogramme (1^{re} réunion de la CGPM, 1889 ; 3^e réunion de la CGPM, 1901), et que les définitions de l'ampère, de la mole et de la candela dépendent du kilogramme,
- que, bien que le prototype international ait rendu des services à la science et la technologie depuis qu'il a été sanctionné par la CGPM lors de sa 1^{re} réunion en 1889, son utilisation présente des limites importantes, l'une des plus significatives étant que sa masse n'est pas explicitement reliée à une constante de la nature et que, par conséquent, sa stabilité à long terme ne peut être garantie,
- que la CGPM, lors de sa 21^e réunion en 1999, a adopté la Résolution 7, laquelle recommande que « les laboratoires nationaux poursuivent leurs efforts pour affiner les expériences qui relient l'unité de masse à des constantes fondamentales ou atomiques et qui pourraient, dans l'avenir, servir de base à une nouvelle définition du kilogramme »,
- que de nombreux progrès ont été effectués ces dernières années pour relier la masse du prototype international à la constante de Planck h , par des méthodes telles que les expériences de la balance du watt ou les mesures de la masse d'un atome de silicium,
- que les incertitudes associées à l'ensemble des unités électriques du SI réalisées, directement ou indirectement, au moyen de l'effet Josephson et de l'effet Hall quantique et à partir des valeurs dans le SI des constantes de Josephson et de von Klitzing, K_J et R_K , pourraient être réduites de manière significative si le kilogramme était redéfini de façon à ce qu'il soit relié à une valeur numérique exacte de h , et si l'ampère était redéfini de façon à ce qu'il soit relié à une valeur numérique exacte de la charge élémentaire e ,
- que la définition actuelle du kelvin se fonde sur une propriété intrinsèque de l'eau qui, bien qu'étant une constante de la nature, dépend dans la pratique de la pureté et de la composition isotopique de l'eau utilisée,

- qu'il est possible de redéfinir le kelvin de façon à le relier à une valeur numérique exacte de la constante de Boltzmann k ,
- qu'il est également possible de redéfinir la mole de façon à la relier à une valeur numérique exacte de la constante d'Avogadro N_A , de sorte qu'elle ne dépende plus de la définition du kilogramme, même lorsque le kilogramme sera défini de façon à le relier à une valeur numérique exacte de h , ce qui mettrait en évidence la distinction entre les grandeurs quantité de matière et masse,
- que les incertitudes liées aux valeurs d'autres constantes fondamentales et facteurs de conversion d'énergie importants seraient éliminées ou réduites de façon considérable si h , e , k et N_A avaient des valeurs numériques exactes lorsqu'elles sont exprimées en unités du SI,
- que la CGPM, lors de sa 23^e réunion en 2007, a adopté la Résolution 12 qui expose le travail à accomplir par les laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM et le Comité international des poids et mesures (CIPM), ainsi que ses Comités consultatifs, afin que les nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole fondées sur des constantes fondamentales puissent être adoptées,
- que, bien que des progrès notables aient été réalisés, tous les objectifs fixés par la Résolution 12 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion n'ont pas été atteints, ce qui ne permet pas au CIPM de soumettre une proposition finalisée,
- qu'il est néanmoins désormais possible de présenter une version claire et détaillée de ce qui sera sans doute proposé,

prend acte de l'intention du Comité international des poids et mesures de proposer une révision du SI qui se présenterait de la manière suivante :

- le Système international d'unités, le SI, sera le système d'unités selon lequel :
 - la fréquence de la transition hyperfine dans l'état fondamental de l'atome de césium 133 $\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$ est égale à exactement 9 192 631 770 hertz,
 - la vitesse de la lumière dans le vide c est égale à exactement 299 792 458 mètres par seconde,
 - la constante de Planck h est égale à exactement $6,626\ 06\text{X} \times 10^{-34}$ joule seconde,
 - la charge élémentaire e est égale à exactement $1,602\ 17\text{X} \times 10^{-19}$ coulomb,
 - la constante de Boltzmann k est égale à exactement $1,380\ 6\text{X} \times 10^{-23}$ joule par kelvin,
 - la constante d'Avogadro N_A est égale à exactement $6,022\ 14\text{X} \times 10^{23}$ par mole,
 - l'efficacité lumineuse K_{cd} d'un rayonnement monochromatique de fréquence 540×10^{12} Hz est égale à exactement 683 lumens par watt,

où

(i) les unités hertz, joule, coulomb, lumen et watt, qui ont respectivement pour symbole Hz, J, C, lm, et W, sont reliées aux unités seconde, mètre, kilogramme, ampère, kelvin, mole et candela, qui ont respectivement pour symbole s, m, kg, A, K, mol, et cd, selon les relations $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$, $\text{J} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$, $\text{C} = \text{s A}$, $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr}$, et $\text{W} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$,

(ii) le symbole X dans le présent projet de résolution correspond à un ou plusieurs chiffres qui devront être ajoutés aux valeurs numériques de h , e , k , et N_A selon les valeurs résultant de l'ajustement le plus récent fourni par la CODATA,

ce qui signifie que le SI continuera à être établi sur les sept unités de base actuelles et que notamment

- le kilogramme restera l'unité de masse mais son amplitude sera déterminée en fixant la valeur numérique de la constante de Planck à exactement $6,626\ 06X \times 10^{-34}$ lorsqu'elle sera exprimée en $\text{m}^2 \text{kg s}^{-1}$, unité du SI égale au joule seconde, J s,
- l'ampère restera l'unité de courant électrique mais son amplitude sera déterminée en fixant la valeur numérique de la charge élémentaire à exactement $1,602\ 17X \times 10^{-19}$ lorsqu'elle sera exprimée en s A, unité du SI égale au coulomb, C,
- le kelvin restera l'unité de température thermodynamique mais son amplitude sera déterminée en fixant la valeur numérique de la constante de Boltzmann à exactement $1,380\ 6X \times 10^{-23}$ lorsqu'elle sera exprimée en $\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$, unité du SI égale au joule par kelvin, J K⁻¹,
- la mole restera l'unité de quantité de matière d'une entité élémentaire spécifique, c'est-à-dire un atome, une molécule, un ion, un électron, ou toute autre particule ou groupe particulier de telles particules, mais son amplitude sera déterminée en fixant la valeur numérique de la constante d'Avogadro à exactement $6,022\ 14X \times 10^{23}$ lorsqu'elle sera exprimée en unité du SI mol⁻¹.

La Conférence générale des poids et mesures,

note également

- que les nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole seront rédigées en utilisant une formulation dite « à constante explicite », c'est-à-dire une définition dans laquelle l'unité est définie indirectement en donnant explicitement une valeur exacte à une constante fondamentale reconnue,
- que la définition actuelle du mètre est reliée à une valeur exacte de la vitesse de la lumière dans le vide, qui est également une constante fondamentale reconnue,
- que la définition actuelle de la seconde est reliée à une valeur exacte caractérisant une propriété bien définie de l'atome de césium, qui constitue également une constante de la nature,
- que la définition existante de la candela n'est pas liée à une constante fondamentale mais qu'elle peut être considérée comme étant reliée à une valeur exacte d'une constante de la nature,
- que l'intelligibilité du Système international d'unités serait renforcée si toutes ses unités de base étaient définies en utilisant la même formulation,

c'est pourquoi le Comité international des poids et mesures proposera également

de reformuler les définitions actuelles de la seconde, du mètre et de la candela selon une forme complètement équivalente qui pourrait être la suivante :

- la seconde, symbole s, est l'unité de temps ; son amplitude est déterminée en fixant la valeur numérique de la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 au repos, à une température de 0 K, à exactement 9 192 631 770 lorsqu'elle est exprimée en s⁻¹, unité du SI égale au hertz, Hz,

- le mètre, symbole m, est l'unité de longueur ; son amplitude est déterminée en fixant la valeur numérique de la vitesse de la lumière dans le vide à exactement 299 792 458 lorsqu'elle est exprimée en unité du SI m s^{-1} ,
- la candela, symbole cd, est l'unité d'intensité lumineuse dans une direction donnée ; son amplitude est déterminée en fixant la valeur numérique de l'efficacité lumineuse d'un rayonnement monochromatique d'une fréquence de 540×10^{12} Hz à exactement 683 lorsqu'elle est exprimée en $\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^3 \text{cd sr}$ ou en cd sr W^{-1} , unité du SI égale au lumen par watt, lm W^{-1} .

Il sera ainsi manifeste que les définitions des sept unités de base du SI découlent naturellement des sept constantes précédemment indiquées.

En conséquence, à la date choisie pour mettre en œuvre la révision du SI

- la définition du kilogramme en vigueur depuis 1889, établie à partir de la masse du prototype international du kilogramme (1^{re} réunion de la CGPM, 1889 ; 3^e réunion de la CGPM, 1901), sera abrogée,
- la définition de l'ampère en vigueur depuis 1948 (9^e réunion de la CGPM, 1948), établie à partir de la définition proposée par le Comité international des poids et mesures (CIPM, 1946, Résolution 2), sera abrogée,
- les valeurs conventionnelles de la constante de Josephson $K_{\text{J-90}}$ et de la constante de von Klitzing $R_{\text{K-90}}$ adoptées par le Comité international des poids et mesures (CIPM, 1988, Recommandations 1 et 2) à la demande de la CGPM (18^e réunion de la CGPM, 1987, Résolution 6) pour l'établissement des représentations du volt et de l'ohm à l'aide des effets Josephson et Hall quantique, respectivement, seront abrogées,
- la définition du kelvin en vigueur depuis 1967/68 (13^e réunion de la CGPM, 1967/68), établie à partir d'une définition antérieure moins explicite (10^e réunion de la CGPM, 1954, Résolution 3), sera abrogée,
- la définition de la mole en vigueur depuis 1971 (14^e réunion de la CGPM, 1971, Résolution 3), selon laquelle la masse molaire du carbone 12 a la valeur exacte de $0,012 \text{ kg mol}^{-1}$, sera abrogée,
- les définitions existantes du mètre, de la seconde et de la candela, en vigueur depuis leur adoption par la CGPM lors de ses 17^e (1983, Résolution 1), 13^e (1967/68, Résolution 1) et 16^e (1979, Résolution 3) réunions respectivement, seront abrogées.

La Conférence générale des poids et mesures,

prend en considération qu'à la même date

- la masse du prototype international du kilogramme $m(\mathcal{K})$ sera égale à 1 kg, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de h juste avant la redéfinition, puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale,
- la constante magnétique (la perméabilité du vide) μ_0 sera égale à $4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de la constante de structure fine α , puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale,

- la température thermodynamique du point triple de l'eau T_{TPW} sera égale à 273,16 K, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de k juste avant la redéfinition, puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale,
- la masse molaire du carbone 12 $M(^{12}\text{C})$ sera égale à 0,012 kg mol⁻¹, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de $N_A h$ juste avant la redéfinition, puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale.

La Conférence générale des poids et mesures,

encourage

- les chercheurs des laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM et les institutions universitaires à poursuivre leurs efforts et à transmettre à la communauté scientifique en général et à la CODATA en particulier les résultats de leurs travaux sur la détermination des constantes de h , e , k , et N_A , et
- le BIPM à poursuivre son travail afin d'assurer la traçabilité au prototype international du kilogramme des prototypes de masse qu'il maintient, ainsi qu'à mettre au point un ensemble d'étalons de référence qui permettra de faciliter la dissémination de l'unité de masse une fois le kilogramme redéfini,

et invite

- la CODATA à continuer à fournir des valeurs pour les constantes fondamentales de la physique ajustées à partir de toutes les données pertinentes disponibles, ainsi qu'à transmettre les résultats au CIPM par l'intermédiaire du Comité consultatif des unités, puisque ce sont les valeurs et incertitudes de la CODATA qui seront utilisées pour la révision du SI,
- le CIPM à lui proposer de réviser le SI dès que les recommandations de la Résolution 12 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion seront satisfaites, en particulier la préparation des mises en pratique des nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole,
- le CIPM à poursuivre son travail afin d'obtenir une meilleure formulation des définitions des unités de base du SI fondées sur des constantes fondamentales, l'objectif étant de parvenir, autant que possible, à une description plus facilement compréhensible pour l'ensemble des utilisateurs tout en gardant rigueur et clarté scientifiques,
- le CIPM, les Comités consultatifs, le BIPM, l'OIML et les laboratoires nationaux de métrologie à intensifier leurs efforts afin de mettre en place des campagnes de sensibilisation pour informer les communautés d'utilisateurs et le grand public du projet de redéfinition de certaines unités du SI, et à encourager l'examen des implications juridiques, techniques et pratiques de ces redéfinitions, afin de solliciter les commentaires et les contributions de la vaste communauté des scientifiques et des utilisateurs.

- **Sur l'importance d'une collaboration internationale afin de rendre les mesures nécessaires à l'observation du changement climatique traçables au Système international d'unités (SI)**

Résolution 2

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant

- la Résolution 4 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion (1999) sur la nécessité d'utiliser les unités du SI dans les recherches sur les ressources terrestres, l'environnement, la sécurité humaine et les études connexes,
- la Résolution 11 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) sur l'importance des mesures traçables au SI pour l'observation du changement climatique,

considérant

- l'augmentation du nombre d'initiatives nationales et internationales pour faire face aux défis et aux implications du changement climatique dans le monde,
- les délibérations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat des Nations Unies, ainsi que les conclusions de la conférence de Copenhague sur le changement climatique de 2009,
- la collaboration entre le Bureau international des poids et mesures (BIPM) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM),
- la signature de l'*Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie* (CIPM MRA) par l'OMM,
- les conclusions de l'atelier commun au BIPM et à l'OMM intitulé « Measurement challenges for global observation systems for climate change monitoring: Traceability, stability and reducing uncertainty » qui s'est tenu du 30 mars au 1^{er} avril 2010,
- les discussions menées au sein du Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie (CCQM), du Comité consultatif de thermométrie (CCT), du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), et les recommandations que ces comités ont présentées au Comité international des poids et mesures (CIPM), ainsi que les actions conjuguées des laboratoires nationaux de métrologie membres de ces Comités et des structures concernées de l'OMM, et
- l'intérêt accru de la part des gouvernements pour la mise en place d'un système mondial de captage et de commerce du carbone, ainsi que pour les initiatives de réduction des émissions de carbone,

accueil favorablement

- les initiatives de l'OMM visant à travailler de façon plus étroite avec le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie,
- la volonté du BIPM, dans son projet de programme de travail pour les années 2013 à 2015, de traiter des questions métrologiques liées au changement climatique et au réchauffement de la planète, et
- les initiatives prises par un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie afin de s'impliquer dans la recherche ainsi que d'autres activités visant à soutenir les politiques sur l'économie du carbone,

recommande

- que les organismes concernés prennent les dispositions nécessaires afin de s'assurer que toutes les mesures relatives aux observations susceptibles d'être utilisées pour des études sur le climat soient entièrement traçables aux unités du SI,
- que tout système de commerce et de captage du carbone ayant fait l'objet d'un accord entre gouvernements engage ces derniers à effectuer des mesures traçables au SI,
- que les organismes concernés soutiennent la mise en œuvre de techniques permettant d'élaborer une série d'étalons radiométriques et d'instruments traçables au SI afin que la traçabilité des mesures effectuées au sol ou dans l'espace puisse être établie,
- que les laboratoires nationaux de métrologie continuent à mettre au point des techniques et des systèmes de mesure afin que la modélisation et le contrôle des procédés de production de biocarburants et du piégeage du carbone soient traçables au SI et réalisés de façon équivalente dans le monde entier,
- que les gouvernements, ainsi que les organisations intergouvernementales et organismes internationaux concernés, s'engagent à adopter un système d'unités et d'étalons de mesure qui soit reconnu et accepté au niveau international, et
- que le BIPM prenne les mesures nécessaires afin de contribuer à la coordination de cette activité, avec le soutien total des États Parties à la Convention du Mètre.

- **Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2013 à 2015**

Résolution 3

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant l'Article I de la Convention du Mètre selon lequel les États Parties à la Convention du Mètre s'engagent à entretenir, à frais communs, un *Bureau international des poids et mesures*, scientifique et permanent,

reconnaissant que cela implique un soutien financier durable et à long terme afin de permettre au BIPM d'accomplir de façon continue sa mission, d'effectuer ses activités fondamentales et d'assurer les responsabilités qui lui sont confiées dans le programme de travail proposé pour les années 2013 à 2015,

considérant

- l'importance croissante du travail du Bureau international des poids et mesures (BIPM), dans tous les États Parties à la Convention du Mètre, pour le commerce international, l'innovation dans le secteur industriel, le changement climatique, la santé humaine et la médecine, ainsi que pour l'alimentation et la médecine légale,
- le fait que le BIPM est reconnu comme organisation intergouvernementale experte sur le plan technique, qui répond aux besoins des États Parties à la Convention du Mètre,
- la façon dont le BIPM continue à adopter les meilleures pratiques de gestion et à améliorer l'efficacité de son personnel,
- la nécessité de reconstituer le fonds d'investissement du BIPM,
- le fait qu'en partageant le coût des équipements proposés et en finançant le BIPM, les États Parties à la Convention du Mètre réalisent des économies substantielles et améliorent l'efficacité et l'efficience de leur structure métrologique nationale et de leurs activités métrologiques internationales,

remercie les laboratoires nationaux de métrologie qui ont apporté au BIPM des contributions volontaires de toutes sortes,

prie instamment

- les laboratoires nationaux de métrologie d'augmenter le nombre de personnes mises à la disposition du BIPM afin de travailler à des projets du programme de travail du BIPM présentant un intérêt commun,
- les États Parties, ainsi que les organisations internationales, les organismes privés et les fondations d'apporter également un soutien financier volontaire supplémentaire de toutes sortes afin de soutenir des activités spécifiques liées à la mission du BIPM,

décide que la dotation annuelle du BIPM, telle que définie à l'article 6, 1921, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, sera augmentée de façon à ce qu'elle soit portée, pour les États Parties à la Convention du Mètre au moment de la 24^e réunion de la CGPM, à :

11 577 000 euros en 2013

11 693 000 euros en 2014

11 810 000 euros en 2015.

- **Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale**

Résolution 4

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant

- la Résolution 3 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion en 1999,
- la Résolution 5 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion en 2007,

considérant

- la participation croissante des États Associés à la CGPM aux activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre,
- les avantages scientifiques et économiques dont bénéficient les États Associés, notamment en participant à l'*Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie* (CIPM MRA) et grâce aux services du Bureau international des poids et mesures (BIPM) que le Comité international des poids et mesures (CIPM) a mis à leur disposition,
- le coût réel croissant pour les États Parties à la Convention du Mètre de ces avantages tirés par les États Associés,
- le fait que le statut d'État Associé peut constituer une première étape avant d'adhérer à la Convention du Mètre,

notant

- les décisions prises par le CIPM à ses 98^e et 99^e sessions d'adopter les critères suivants lui permettant d'examiner s'il est approprié qu'un État Associé accède à la Convention du Mètre :
 - signature de l'Arrangement du CIPM par le laboratoire national de métrologie de l'État Associé,
 - publication de résultats de comparaison dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB),
 - enregistrement d'au moins une aptitude en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) dans la KCDB,

décide que

- pendant une période initiale de cinq ans suivant l'accession au statut d'Associé à la CGPM, les États Associés acquitteront une souscription annuelle déterminée à partir de leur contribution à l'Organisation des Nations Unies, comme pour les États Parties à la Convention du Mètre, avec un minimum égal à 0,1 % de la dotation annuelle du BIPM,
- cette décision sera applicable aux États actuellement associés pour le calcul de leur souscription à compter de l'exercice 2013,
- après la période initiale de cinq ans susmentionnée, si le CIPM considère, sur le fondement des critères qu'il a adoptés, qu'il est approprié qu'un État Associé devienne État Partie à la Convention du Mètre, le montant de la souscription dudit Associé sera augmenté tous les ans progressivement et de manière irréversible afin d'atteindre, après cinq ans, un montant

équivalent à 90 % de la contribution annuelle dont cet État devrait s'acquitter s'il était État Partie à la Convention du Mètre,

- cette augmentation progressive et irréversible sera applicable au 1^{er} janvier de la deuxième année suivant la décision du CIPM d'encourager l'Associé à adhérer à la Convention du Mètre,
- l'examen de la situation des États Associés par le CIPM en 2011 sera utilisé aux fins d'application de la présente Résolution, et la première augmentation des souscriptions prendra effet en 2013,
- une telle augmentation ne sera pas appliquée aux États Associés dont la souscription annuelle est déjà égale à la contribution dont ils devraient s'acquitter s'ils étaient États Parties à la Convention du Mètre,
- tant qu'un État Associé ne remplit pas les critères susmentionnés pour être encouragé à adhérer à la Convention du Mètre, il continuera à bénéficier des avantages du statut d'Associé, tel que prévu par la Résolution 3 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion (1999), et des services du BIPM que le CIPM a mis à sa disposition, et sa souscription demeurera déterminée comme durant la période initiale de cinq ans,

invite

tous les États Associés, qu'ils remplissent ou non les critères adoptés par le CIPM afin d'encourager les États Associés à devenir États Parties à la Convention du Mètre, à adhérer à la Convention du Mètre en ce qu'une telle adhésion ne peut qu'être bénéfique au renforcement du système de mesure mondial.

- **Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale**

Résolution 5

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- la Résolution 3 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion (1999), créant le statut d'Associé à la CGPM ouvert aux « États et entités économiques » afin de promouvoir leur participation au système de mesure mondial,
- la Résolution 6 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007), considérant le souhait que soient établis des critères permettant l'examen des demandes d'entités économiques à devenir Associées,

décide que

- le statut d'entité économique Associée n'est pas acquis automatiquement mais accordé par la CGPM, à l'unanimité, au cas par cas,
- la décision de la CGPM d'accorder le statut d'entité économique Associée sera fondée sur les critères suivants :
 - une entité économique Associée doit être une entité territoriale,
 - l'entité territoriale doit posséder son propre laboratoire de métrologie sur son territoire,
 - la participation de l'entité territoriale aux activités du Bureau international des poids et mesures (BIPM) doit être considérée comme bénéfique au renforcement du système de mesure mondial,
- la souscription annuelle de ces entités économiques Associées sera déterminée par la CGPM,
- les organisations intergouvernementales ne sont pas considérées comme « entités territoriales »,
- CARICOM, l'organisation intergouvernementale régionale actuellement Associée à la Conférence générale, a acquis le statut d'entité économique Associée à la CGPM préalablement à l'adoption des critères susmentionnés et peut continuer à bénéficier de ce statut bien que ne remplissant pas lesdits critères,

invite

- les États membres de CARICOM à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir États Associés à la CGPM,
- le Comité international des poids et mesures (CIPM) à réfléchir à d'autres moyens appropriés d'impliquer des organisations intergouvernementales, en particulier celles de régions ne disposant pas d'une infrastructure métrologique bien développée, au travail du BIPM et à présenter lors de la prochaine réunion de la CGPM des propositions sur la façon la plus adéquate d'y parvenir.

- **Sur les contributions arriérées des États Parties à la Convention du Mètre**

Résolution 6

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- l'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre selon lequel :

« 6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement. »

- la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) définissant le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion,
- les contributions arriérées depuis plus de 6 ans des États Parties à la Convention du Mètre et les avances faites par les autres États Parties en application de l'article 6 alinéa 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre,

réaffirmant

- l'absolue nécessité que les contributions des États Parties à la Convention du Mètre soient acquittées en temps et en heure et régulièrement pour permettre au BIPM de remplir sa mission et d'éviter des difficultés financières pesant sur son fonctionnement quotidien,

décide

- d'accorder aux États Parties ayant des contributions arriérées depuis plus de 6 ans un délai de 12 mois à compter de la date d'adoption de la présente Résolution pour conclure avec le Comité international des poids et mesures (CIPM) un accord de rééchelonnement,
- que si un accord de rééchelonnement n'était pas conclu dans ce délai de 12 mois, ces États seront automatiquement exclus et le CIPM informera par écrit le Ministère français des Affaires étrangères et européennes aux fins de notification, à ces États et à l'ensemble des États Parties à la Convention du Mètre, de l'exclusion au nom de la CGPM, et
- que le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions applicables dès l'année civile suivant l'exclusion.

- **Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées**

Résolution 7

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant

- l'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, selon lequel :

« 6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement. »

- la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) qui prévoit que, lorsqu'un État Partie à la Convention du Mètre ne s'est pas acquitté de six années de contributions, le Comité international des poids et mesures (CIPM) peut conclure un accord de rééchelonnement avec l'État débiteur pour le paiement de ses contributions arriérées,

considérant

- que la conclusion par le CIPM d'accords de rééchelonnement avec les États débiteurs a des conséquences institutionnelles, financières et budgétaires pour le BIPM et les autres États Parties à la Convention du Mètre,
- qu'il est nécessaire de définir les droits et obligations des États Parties à la Convention du Mètre ne s'étant pas acquittés de six années de contributions et ayant conclu un accord de rééchelonnement avec le CIPM,

décide que

- lorsqu'un État Partie à la Convention du Mètre ne s'est pas acquitté de six années de contributions mais que le CIPM a conclu un accord de rééchelonnement avec cet État débiteur, les contributions arriérées seront réglées conformément à l'accord de rééchelonnement en sus de sa contribution annuelle,
- une fois l'accord de rééchelonnement conclu avec le CIPM et la première échéance réglée conformément audit accord, l'État débiteur pourra à nouveau bénéficier des avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre,
- la contribution annuelle de l'État débiteur ne sera plus répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre à compter de l'année suivant l'entrée en vigueur de l'accord de rééchelonnement,
- si un État débiteur ne respecte pas les termes de l'accord de rééchelonnement, les avantages et prérogatives qui lui ont été conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre seront suspendus et sa contribution sera répartie entre les autres États Parties à la Convention du

Mètre conformément aux dispositions de l'article 6 alinéa 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre,

- si l'État ne respecte pas les termes de l'accord de rééchelonnement pendant plus de 12 mois, il sera automatiquement exclu.

- **Sur la révision de la mise en pratique de la définition du mètre et sur la mise au point de nouveaux étalons optiques de fréquence**

Résolution 8

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- que les performances des étalons optiques de fréquence s'améliorent rapidement et de manière très significative,
- que les laboratoires nationaux de métrologie mettent actuellement en œuvre des techniques de comparaison à courte distance d'étalons optiques de fréquence,
- que des techniques de comparaison à distance d'étalons optiques de fréquence doivent être mises au point au niveau international,

accueille favorablement

- les activités du Groupe de travail commun au Comité consultatif des longueurs (CCL) et au Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) visant à examiner les fréquences des représentations optiques de la seconde,
- les éléments ajoutés par le CIPM en 2009 à la liste commune des « valeurs recommandées de fréquences étalons destinées à la mise en pratique de la définition du mètre et aux représentations secondaires de la seconde »,
- l'établissement d'un groupe de travail du CCTF sur la coordination de la mise au point de techniques avancées de comparaison de temps et de fréquences,

recommande que

- les laboratoires nationaux de métrologie engagent les ressources nécessaires à la mise au point d'étalons optiques de fréquence et à leur comparaison,
- le BIPM aide à la coordination d'un projet international auquel participeraient les laboratoires nationaux de métrologie, portant sur l'étude des techniques qui pourraient être utilisées pour comparer les étalons optiques de fréquence.

• **Sur l'adoption d'un système de référence terrestre commun**

Résolution 9

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- le nombre certain de systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) qui existent déjà et la probabilité que d'autres systèmes soient mis au point à l'avenir,
- la prolifération de différents systèmes de référence temporels et géodésiques, utilisés par ces systèmes globaux de navigation, qui rend plus ambiguë l'interprétation des solutions de positionnement et de temps pour les utilisateurs, et plus compliquée l'interopérabilité des systèmes,
- l'existence du Système international de référence terrestre (ITRS),
- le fait que l'adoption d'un système de référence commun serait un avantage pour les utilisateurs en termes d'unification des solutions de positionnement et de temps, et d'interopérabilité des systèmes globaux,

recommande que l'ITRS, tel que défini par l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI), et réalisé de manière pratique par le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence (IERS), soit adopté, pour toutes les applications métrologiques, comme le système de référence international unique pour les repères terrestres.

- **Sur le rôle, la mission, les objectifs, la stratégie à long terme et la gouvernance du BIPM**

Résolution 10

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- que la Convention du Mètre, qui a établi le Bureau international des poids et mesures (BIPM), a été signée en 1875 et modifiée pour la dernière fois en 1921,
- que le Règlement annexé à la Convention du Mètre a été amendé depuis lors à différentes reprises,
- que le rôle et la mission du BIPM ont été reconfirmés dans la Résolution 2 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion,
- que la gouvernance du BIPM a été examinée pour la dernière fois par un Groupe de travail *ad hoc* mis en place lors de la 16^e réunion de la CGPM, que les conclusions de ce Groupe de travail *ad hoc* ont été à l'époque qu'il n'était ni nécessaire ni souhaitable de modifier la Convention du Mètre, et que ces conclusions ont été approuvées par la CGPM à sa 17^e réunion (1983),
- que les attentes en matière de gestion financière et de reddition de comptes n'ont cessé de croître, tant au niveau des administrations nationales que des organisations internationales,

notant

- que les contacts entre le BIPM et les gouvernements des États Parties à la Convention du Mètre ont été renforcés depuis la 23^e réunion de la CGPM par le biais de rapports abrégés du directeur du BIPM et par l'organisation d'une réunion spéciale des représentants des États Parties à la Convention du Mètre préalablement à la 24^e réunion de la CGPM,
- que le BIPM a mis en place un système de comptabilité d'engagement afin d'accroître l'efficacité, la reddition de comptes et la transparence de la gestion financière du BIPM,
- que parmi les observations faites par les représentants des États Parties à la Convention du Mètre lors d'une réunion en mai 2011 figurent notamment les suivantes :
 - tous les États soutiennent et apprécient fortement la Convention du Mètre et le travail du BIPM, soulignant les avancées effectuées, notamment en ce qui concerne l'évolution du CIPM MRA,
 - les États soutiennent à l'unanimité une nouvelle direction stratégique plus forte du BIPM avec des priorités claires, développée conjointement par les États Parties à la Convention du Mètre, les laboratoires nationaux de métrologie et le Comité international des poids et mesures (CIPM),
 - il existe différents avis concernant les niveaux respectifs des activités de coordination/coopération et des activités de laboratoire,
 - un aspect clé de la nouvelle stratégie sera de considérer quels doivent être les rôles du BIPM, des organisations régionales de métrologie et des laboratoires nationaux de métrologie,

invite

- le CIPM à établir un Groupe de travail *ad hoc* présidé par le président du CIPM, incluant dans sa composition une représentation du CIPM, des États Parties à la Convention du Mètre (à contributions maximales, intermédiaires et minimales) et des laboratoires nationaux de métrologie, reflétant de manière adéquate l'ensemble des régions, ainsi que le directeur du BIPM, chargé de conduire un examen du rôle, de la mission, des objectifs, de la stabilité financière à long terme, de la direction stratégique et de la gouvernance du BIPM,
- le Groupe de travail *ad hoc* à présenter les conclusions qu'il aura tirées de cet examen au CIPM, aux États Parties à la Convention du Mètre et aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en octobre 2012,
- le CIPM à proposer les mesures à prendre au vu des conclusions du Groupe de travail *ad hoc* et à mettre en œuvre celles qui relèvent de son autorité, sous réserve du soutien des représentants des États Parties à la Convention du Mètre et des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, au cours de 2013-2014,
- le CIPM à présenter à la CGPM, à sa 25^e réunion, les recommandations qu'il aura formulées à la suite de l'examen par le Groupe de travail *ad hoc*, les actions qu'il aura menées en conséquence, ainsi que des propositions d'actions supplémentaires requérant l'approbation de la CGPM.

Annexe A

Convocation de la Conférence générale des poids et mesures (24^e réunion)

La Conférence générale des poids et mesures est convoquée pour sa 24^e réunion

le lundi 17 octobre 2011 à 10 h 00

au Centre de conférences ministériel du ministère des Affaires étrangères et européennes,
27 rue de la Convention, Paris 15^e.

Constitution de la Conférence générale des poids et mesures pour sa 24^e réunion

Convention du Mètre (1875) : article 3

« Le Bureau international* fonctionnera sous la direction et la surveillance exclusives d'un *Comité international des poids et mesures*** , placé lui-même sous l'autorité d'une *Conférence générale des poids et mesures**** , formée de délégués de tous les Gouvernements contractants. »

Règlement annexé à la Convention du Mètre (1875) : article 7

« La Conférence générale, mentionnée à l'article 3 de la Convention, se réunira à Paris, sur la convocation du Comité international, au moins une fois tous les six ans.

Elle a pour mission de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour la propagation et le perfectionnement du Système métrique, ainsi que de sanctionner les nouvelles déterminations métrologiques fondamentales qui auraient été faites dans l'intervalle de ses réunions. Elle reçoit le Rapport du Comité international sur les travaux accomplis et procède, au scrutin secret, au renouvellement par moitié du Comité international.

Les votes, au sein de la Conférence générale, ont lieu par États ; chaque État a droit à une voix.

Les membres du Comité international siègent de droit dans les réunions de la Conférence ; ils peuvent être en même temps délégués de leurs Gouvernements. »

* Mentionné souvent dans ce document comme BIPM ou Bureau international des poids et mesures.

** Mentionné souvent dans ce document comme CIPM ou Comité international.

*** Mentionnée souvent dans ce document comme CGPM ou Conférence générale.

Lieu et dates des séances de la 24^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures

Toutes les séances se tiendront au

**Centre de conférences ministériel
du ministère des Affaires étrangères et européennes
27 rue de la Convention
Paris 15^e**

dans une salle gracieusement mise à disposition par le ministère des Affaires étrangères et européennes de la République française avec interprétation simultanée en français et en anglais.

Première séance,	lundi	17 octobre 2011 à 10 h 00
Deuxième séance,	lundi	17 octobre 2011 à 15 h 00
Troisième séance,	mardi	18 octobre 2011 à 09 h 30
Quatrième séance,	jeudi	20 octobre 2011 à 09 h 30
Cinquième séance,	vendredi	21 octobre 2011 à 09 h 30
Sixième séance,	vendredi	21 octobre 2011 à 15 h 00

Les Délégués auprès de la Conférence générale seront invités à visiter les laboratoires du BIPM le mercredi 19 octobre à partir de 14 h 00, puis à participer à une réception au Pavillon de Breteuil.

Le Groupe de travail de la Conférence générale sur la dotation du BIPM se réunira le mardi 18 octobre à 15 h 00 et, si nécessaire, le jeudi 20 octobre à 15 h 00, au Centre de conférences ministériel du ministère des Affaires étrangères et européennes, 27 rue de la Convention, Paris 15^e.

En principe, la plupart des points principaux de l'ordre du jour jusqu'au point 10 compris seront traités au cours de la première séance, et la deuxième séance sera consacrée aux points 11, 12 et 13. La troisième séance concernera les points 14, 15, 16, 17 et 18, et se terminera par l'examen d'un certain nombre de rapports de Comités consultatifs (point 19). La quatrième séance permettra de poursuivre l'examen des rapports de Comités consultatifs (point 19) et de considérer le rapport préliminaire du Groupe de travail sur la dotation, afin que ce groupe puisse continuer l'examen de la dotation et présenter son rapport à la cinquième séance. Les cinquième et sixième séances seront consacrées au vote des Résolutions et aux points restant à l'ordre du jour.

Ordre du jour provisoire de la 24^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures

- 1 Ouverture de la réunion.
- 2 Discours de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères et européennes de la République française.
- 3 Réponse de M. le Président du Comité international des poids et mesures.
- 4 Discours de M. le Président de l'Académie des sciences de Paris, Président de la Conférence générale.
- 5 Présentation des titres accréditant les Délégués.
- 6 Désignation du Secrétaire de la Conférence générale.
- 7 Établissement de la liste des Délégués ayant pouvoir de voter.
- 8 Approbation de l'ordre du jour.
- 9 Rapport de M. le Président du CIPM sur les travaux accomplis depuis la 23^e réunion de la Conférence générale.
- 10 Rapport sur les relations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux :
 - 10.1 Rapports d'organismes et organisations, parmi lesquels l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), la Fédération internationale de chimie clinique et médecine de laboratoire (IFCC), l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA) et la Commission internationale de l'éclairage (CIE) ;
 - 10.2 Initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes nationaux d'accréditation.
- 11 Rapport du CIPM sur l'éventuelle redéfinition d'un certain nombre d'unités de base du SI et sur les initiatives visant à améliorer l'exactitude et la traçabilité des mesures liées au changement climatique.
 - 11.1 Changements à venir concernant le Système international d'unités, le SI ;
 - 11.2 Métrologie, changement climatique et économie du carbone.
- 12 Programme de travail du BIPM et implications financières :
 - 12.1 Programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016 ;
 - 12.2 Dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures.
- 13 Désignation des membres du Groupe de travail sur la dotation du BIPM.
- 14 Rapport sur la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM.
- 15 Rapport sur les questions relatives aux Associés à la Conférence générale :
 - 15.1 Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale ;
 - 15.2 Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale.
- 16 Sur l'exclusion des États Parties à la Convention du Mètre ayant des contributions arriérées depuis plus de six années :

- 16.1 Sur l'exclusion de la République du Cameroun ;
- 16.2 Sur l'exclusion de la République dominicaine ;
- 16.3 Sur l'exclusion de la République islamique d'Iran ;
- 16.4 Sur l'exclusion de la République populaire démocratique de Corée.
- 17 Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées.
- 18 Sur une Convention sur les privilèges et immunités du BIPM.
- 19 Rapports des présidents des Comités consultatifs :
 - 19.1 Comité consultatif des longueurs ;
 - 19.2 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées ;
 - 19.3 Comité consultatif du temps et des fréquences ;
 - 19.4 Comité consultatif d'électricité et magnétisme ;
 - 19.5 Comité consultatif de thermométrie ;
 - 19.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie ;
 - 19.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants ;
 - 19.8 Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie ;
 - 19.9 Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations ;
 - 19.10 Comité consultatif des unités.
- 20 Propositions des Délégués.
- 21 Renouvellement par moitié du CIPM.
- 22 Votes des Résolutions.
- 23 Questions diverses.
- 24 Clôture de la réunion.

Commentaires sur les principaux points de l'ordre du jour

Projets de résolutions

Note à propos des projets de résolutions : l'ordre d'examen assigné dans la convocation aux projets de résolutions ne préjuge pas de l'ordre définitif dans lequel ils seront examinés ou mis au vote. Dans tous les cas, le vote des Résolutions a lieu le dernier jour de la réunion de la Conférence générale, après clôture de toutes les discussions.

1 Ouverture de la réunion

La 24^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures se tient quatre ans après la précédente. Cette périodicité est maintenant bien établie et correspond à un intervalle de temps suffisamment court pour permettre aux États Membres de faire le point sur les activités menées sous l'égide de la Convention du Mètre, et suffisamment long pour que les coûts administratifs et annexes ne soient pas excessifs.

5 Présentation des titres accréditant les Délégués

Pour la bonne organisation de la réunion de la Conférence générale, il est essentiel que la composition de chaque délégation soit communiquée au directeur du BIPM au plus tard deux semaines avant l'ouverture de la réunion de la Conférence générale.

À leur arrivée, les Délégués accrédités à voter lors de la 24^e réunion de la Conférence générale seront priés de présenter les titres remis par les autorités compétentes de leur gouvernement.

9 Rapport de M. le Président du CIPM

L'article 19 du Règlement annexé à la Convention du Mètre dispose que « Le Président du Comité rendra compte, à la Conférence générale, des travaux accomplis depuis l'époque de sa dernière réunion ».

Le rapport du Président sera distribué aux Délégués préalablement à la réunion, puis il sera présenté et actualisé par le Président pendant la réunion. Parmi les points importants, le Président évoquera :

- les réalisations et le travail du BIPM depuis la précédente réunion de la CGPM ;
- les priorités établies par le CIPM concernant les activités du programme de travail du BIPM pour les années 2009 à 2012, suite à la dotation votée lors de la 23^e réunion de la CGPM ;

- le suivi des Résolutions adoptées par la CGPM à sa 23^e réunion, en ce qui concerne en particulier la Résolution 1 sur les relations entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation reconnus au niveau national ; la Résolution 2 sur l'évolution des besoins métrologiques dans les domaines des échanges commerciaux, de l'industrie et de la société ; la Résolution 4 sur le rôle du CIPM MRA ; les Résolutions 5 et 6 sur le statut des États et économies associés, la Résolution 7 sur le programme de portée limitée du BIPM et son impact pour encourager des États à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir Associés à la CGPM ; et la Résolution 8 au sujet des États Membres n'ayant pas effectué le versement de leur contribution depuis plus de six ans ;
- les collaborations avec les organisations intergouvernementales et organismes internationaux ;
- l'état actuel des discussions sur l'éventuelle redéfinition d'un certain nombre d'unités de base du Système international d'unités (SI), comme indiqué dans le projet de résolution A ;
- le nombre d'États ayant adhéré à la Convention du Mètre et d'Associés à la Conférence générale au 1^{er} novembre 2010, respectivement 54 et 31 ;
- l'importance de la métrologie aux niveaux national et international afin de pouvoir relever certains des grands défis auxquels le monde est confronté.

Les activités des Comités consultatifs du CIPM seront présentées au point 19 de l'ordre du jour.

11 Rapport du CIPM sur l'éventuelle redéfinition d'un certain nombre d'unités de base du SI et sur les initiatives visant à améliorer l'exactitude et la traçabilité des mesures liées au changement climatique

11.1 Changements à venir concernant le Système international d'unités, le SI

Depuis un certain nombre d'années, la question de la redéfinition d'un certain nombre d'unités du SI préoccupe la communauté de la métrologie et fait l'objet de discussions. La principale unité concernée est le kilogramme qui est la seule unité encore fondée sur un objet matériel, un artefact. Le fait de redéfinir l'unité de masse à partir d'une valeur numérique fixée d'une constante de la nature, nommément la constante de Planck, devrait permettre une représentation fondamentalement plus stable du kilogramme. Lorsque les résultats des différentes expériences présenteront un accord suffisant pour pouvoir envisager une telle redéfinition de l'unité de masse, il sera demandé à la Conférence générale des poids et mesures de prendre les décisions requises quant à la redéfinition du kilogramme ainsi que d'un certain nombre d'autres unités de base du SI, parmi lesquelles le kelvin. En effet, les progrès récents de plusieurs expériences permettraient de redéfinir le kelvin à partir de la constante de Boltzmann.

La révision du SI qui résulterait de la redéfinition des unités de masse (kilogramme), température (kelvin), courant électrique (ampère) et quantité de matière (mole) apportera un certain nombre d'avantages scientifiques, tels que la possibilité de disséminer des mesures de résistance et de tension directement traçables au SI.

Toutefois, malgré les progrès impressionnants réalisés par les laboratoires nationaux de métrologie au cours de l'année passée, le degré de convergence entre les résultats des

expériences de la balance du watt et ceux du projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro (IAC) est encore insuffisant pour permettre de déterminer en toute confiance une valeur numérique pour la constante de Planck qui serait utilisée comme fondement de la redéfinition du kilogramme. Ces deux méthodes devraient néanmoins fournir de nouveaux résultats dans les années à venir. Le CIPM continuera à suivre la situation de près et fera, le moment venu et après avoir consulté les Comités consultatifs concernés, des propositions à la CGPM au sujet de ces redéfinitions.

Lors de toute redéfinition d'une unité, les métrologistes prennent garde à ce que la transition s'effectue le plus aisément possible et que les conséquences pour les utilisateurs soient les plus faibles possibles. Toutefois, cela n'est pas sans risque : l'adoption trop précoce d'une valeur numérique pour la constante de Planck, qui ne serait fondée que sur les données disponibles à ce moment-là, pourrait avoir d'importantes répercussions sur la métrologie légale et pratique de haut niveau. Le fait d'attendre de nouveaux résultats des expériences indépendantes actuellement en cours permettra d'asseoir la confiance dans le choix de la valeur numérique adoptée pour la constante de Planck et permettra de garantir que l'incertitude obtenue à partir de ces résultats est appropriée, de sorte que l'incertitude qui sera associée à la masse du prototype international du kilogramme juste après la redéfinition, ainsi qu'aux réalisations primaires nationales indépendantes de l'unité de masse, ne posera pas de problèmes pour la métrologie des masses. Dans ces conditions, le CIPM considère qu'il est prématuré de redéfinir en 2011 les unités du SI concernées. En outre, le CIPM a particulièrement hâte d'évaluer les nouveaux résultats qui seront obtenus, de façon à pouvoir parvenir à un accord adéquat pour la réunion de 2015 de la CGPM.

Toute modification apportée au SI doit être justifiée et doit être communiquée efficacement à un grand nombre de parties prenantes, parmi lesquelles figure évidemment la communauté de la métrologie. Toutefois, il est également nécessaire d'engager un dialogue avec les sociétés savantes, les groupes d'utilisateurs dans des domaines spécialisés de la mesure, les agences d'accréditation, la communauté de la métrologie légale, le corps professoral, ainsi que le grand public. Selon l'expérience acquise par le passé lorsque des changements ont été apportés aux définitions d'unité, il apparaît nécessaire que le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie déploient des efforts soutenus afin que les utilisateurs soient bien préparés et rassurés lorsque le temps de la redéfinition des unités sera venu.

Il est également essentiel que deux problèmes majeurs soient résolus.

Le premier concerne le travail actuellement en cours visant à établir des méthodes qui peuvent être utilisées au niveau international pour la réalisation pratique des définitions. La façon dont la communauté de la métrologie a traité le problème de la réalisation de la définition de l'unité de longueur lorsque le mètre a été défini à partir d'une valeur numérique fixée de la vitesse de la lumière en 1983 constitue un exemple de ces « mises en pratique ». Les Comités consultatifs du CIPM travaillent à cette question complexe pour les quatre unités de base qui seront redéfinies, car il est nécessaire de parvenir à un accord avant que les redéfinitions entrent effectivement en vigueur.

Le second problème concerne la question de savoir comment l'unité de masse sera disséminée au niveau international une fois le kilogramme redéfini. La plupart des métrologistes prévoient qu'un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie continueront à maintenir leur balance du watt, et probablement des réalisations fondées sur des sphères en silicium, mais cela dépendra de la mise en pratique dont il aura été convenu. Cependant, les balances du watt, dont on s'attend à ce qu'elles soient l'une des techniques les plus exactes pour réaliser la définition de l'unité de masse, doivent être comparées de façon régulière afin d'étayer et de garantir la

robustesse du système international de dissémination de la masse. Les propositions de la communauté scientifique internationale sont les suivantes :

- le BIPM doit s'engager sur le long terme à faire fonctionner une balance du watt au plus haut niveau ;
- le BIPM devrait contribuer à déterminer la meilleure réalisation de la nouvelle définition à partir de l'ensemble des résultats disponibles, et donc optimiser la compatibilité des réalisations locales dans les divers laboratoires nationaux de métrologie, ainsi qu'au BIPM ;
- il sera demandé au BIPM de conduire des comparaisons clés de la réalisation de la définition de l'unité de masse à partir des balances du watt fonctionnant au plus haut niveau d'exactitude. Pour cela, le BIPM organisera la circulation d'un certain nombre d'artefacts qui présenteront une grande stabilité et des caractéristiques parfaitement déterminées, en particulier reconnus pour leur stabilité à court terme (plusieurs années). Ces comparaisons permettront de valider les réalisations nationales fondées sur des balances du watt et renforceront la confiance vis-à-vis du Système international d'unités ;
- le BIPM doit maintenir la stabilité à long terme et à court terme de la dissémination internationale de l'unité de masse en conservant un ensemble d'étalons de masse qui présentera une masse moyenne pondérée plus stable que la masse de l'actuel prototype international du kilogramme ;
- le BIPM continuera à effectuer des étalonnages des étalons nationaux de masse à l'aide des étalons de masse traditionnels qui sont parfaitement adaptés aux besoins nationaux et pour lesquels la technologie de pesée est bien établie ; et
- il est nécessaire que d'autres laboratoires nationaux de métrologie, dans la mesure où ils en ont la capacité, s'engagent à améliorer et à faire fonctionner des balances du watt dans un proche avenir.

Les conséquences pratiques d'un ajournement des redéfinitions sont faibles, voire inexistantes, pour les utilisateurs, c'est pourquoi le CIPM pense qu'il est nécessaire d'attendre et de rester confiant dans les succès à venir. Le CIPM est toutefois d'avis qu'il est maintenant temps d'annoncer au public le plus large ce qui va probablement être proposé concernant la révision du SI : c'est l'objet du projet de résolution A ci-dessous.

- **Sur l'éventuelle révision à venir du Système international d'unités, le SI**

Projet de résolution A

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- qu'il existe un consensus international sur l'importance, la valeur et les bénéfices potentiels de la redéfinition d'un certain nombre d'unités du Système international d'unités (SI),

- que les laboratoires nationaux de métrologie et le Bureau international des poids et mesures (BIPM) ont, à juste titre, déployé des efforts considérables au cours de ces dernières décennies afin de faire progresser le Système international d'unités (SI), en repoussant les limites de la métrologie, de façon à ce que les unités de base du SI puissent être définies en s'appuyant sur les constantes de la nature – les constantes physiques fondamentales ou les propriétés des atomes,
- qu'un exemple marquant du succès de ces efforts est la définition actuelle de l'unité de longueur du SI, le mètre (17^e réunion de la CGPM, 1983, Résolution 1), qui relie l'unité à une valeur exacte de la vitesse de la lumière dans le vide c , à savoir 299 792 458 mètres par seconde,
- que parmi les sept unités de base du SI, seul le kilogramme est encore défini à partir d'un objet matériel (artefact), à savoir le prototype international du kilogramme (1^{re} réunion de la CGPM, 1889 ; 3^e réunion de la CGPM, 1901), et que les définitions de l'ampère, de la mole et de la candela dépendent du kilogramme,
- que, bien que le prototype international ait rendu des services à la science et la technologie depuis qu'il a été sanctionné par la CGPM lors de sa 1^{re} réunion en 1889, son utilisation présente des limites importantes, l'une des plus significatives étant que sa masse n'est pas explicitement reliée à une constante de la nature et que, par conséquent, sa stabilité à long terme ne peut être garantie,
- que la CGPM, lors de sa 21^e réunion en 1999, a adopté la Résolution 7, laquelle recommande que « les laboratoires nationaux poursuivent leurs efforts pour affiner les expériences qui relient l'unité de masse à des constantes fondamentales ou atomiques et qui pourraient, dans l'avenir, servir de base à une nouvelle définition du kilogramme »,
- que de nombreux progrès ont été effectués ces dernières années pour relier la masse du prototype international à la constante de Planck h , par des méthodes telles que les expériences de la balance du watt ou les mesures de la masse d'un atome de silicium,
- que les incertitudes associées à l'ensemble des unités électriques du SI réalisées, directement ou indirectement, au moyen de l'effet Josephson et de l'effet Hall quantique et à partir des valeurs dans le SI des constantes de Josephson et de von Klitzing, K_J et R_K , pourraient être réduites de manière significative si le kilogramme était redéfini de façon à ce qu'il soit relié à une valeur numérique exacte de h , et si l'ampère était redéfini de façon à ce qu'il soit relié à une valeur numérique exacte de la charge élémentaire e ,
- que la définition actuelle du kelvin se fonde sur une propriété intrinsèque de l'eau qui, bien qu'étant une constante de la nature, dépend dans la pratique de la pureté et de la composition isotopique de l'eau utilisée,
- qu'il est possible de redéfinir le kelvin de façon à le relier à une valeur numérique exacte de la constante de Boltzmann k ,
- qu'il est également possible de redéfinir la mole de façon à la relier à une valeur numérique exacte de la constante d'Avogadro N_A , de sorte qu'elle ne dépende plus de la définition du kilogramme, même lorsque le kilogramme sera défini de façon à le relier à une valeur numérique exacte de h , ce qui mettrait en évidence la distinction entre les grandeurs quantité de matière et masse,

- que les incertitudes liées aux valeurs d'autres constantes fondamentales et facteurs de conversion d'énergie importants seraient éliminées ou réduites de façon considérable si h , e , k et N_A avaient des valeurs numériques exactes lorsqu'elles sont exprimées en unités du SI,
- que la CGPM, lors de sa 23^e réunion en 2007, a adopté la Résolution 12 qui expose le travail à accomplir par les laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM et le Comité international des poids et mesures (CIPM), ainsi que ses Comités consultatifs, afin que les nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole fondées sur des constantes fondamentales puissent être adoptées,
- que, bien que des progrès notables aient été réalisés, tous les objectifs fixés par la Résolution 12 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion n'ont pas été atteints, ce qui ne permet pas au CIPM de soumettre une proposition finalisée,
- qu'il est néanmoins désormais possible de présenter une version claire et détaillée de ce qui sera sans doute proposé,

prend acte de l'intention du Comité international des poids et mesures de proposer une révision du SI qui se présenterait de la manière suivante :

- le Système international d'unités, le SI, sera le système d'unités selon lequel :
 - la fréquence de la transition hyperfine dans l'état fondamental de l'atome de césium $133\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$ est égale à exactement 9 192 631 770 hertz,
 - la vitesse de la lumière dans le vide c est égale à exactement 299 792 458 mètres par seconde,
 - la constante de Planck h est égale à exactement $6,626\ 06\text{X} \times 10^{-34}$ joule par seconde,
 - la charge élémentaire e est égale à exactement $1,602\ 17\text{X} \times 10^{-19}$ coulomb,
 - la constante de Boltzmann k est égale à exactement $1,380\ 6\text{X} \times 10^{-23}$ joule par kelvin,
 - la constante d'Avogadro N_A est égale à exactement $6,022\ 14\text{X} \times 10^{23}$ par mole,
 - l'efficacité lumineuse K_{cd} d'un rayonnement monochromatique de fréquence 540×10^{12} Hz est égale à exactement 683 lumens par watt,

où

(i) les unités hertz, joule, coulomb, lumen et watt, qui ont respectivement pour symbole Hz, J, C, lm, et W, sont reliées aux unités seconde, mètre, kilogramme, ampère, kelvin, mole et candela, qui ont respectivement pour symbole s, m, kg, A, K, mol, et cd, selon les relations $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$, $\text{J} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$, $\text{C} = \text{s A}$, $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr}$, et $\text{W} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$,

(ii) le symbole X dans le présent projet de résolution correspond à un ou plusieurs chiffres qui devront être ajoutés aux valeurs numériques de h , e , k , et N_A selon les valeurs résultant de l'ajustement le plus récent fourni par la CODATA,

ce qui signifie que le SI continuera à être établi sur les sept unités de base actuelles et que notamment

- le kilogramme restera l'unité de masse mais son amplitude sera déterminée en fixant la valeur numérique de la constante de Planck à exactement $6,626\ 06\text{X} \times 10^{-34}$ lorsqu'elle sera exprimée en $\text{m}^2 \text{kg s}^{-1}$, unité du SI égale au joule par seconde, J s,

- l'ampère restera l'unité de courant électrique mais son amplitude sera déterminée en fixant la valeur numérique de la charge élémentaire à exactement $1,602\,17 \times 10^{-19}$ lorsqu'elle sera exprimée en s A, unité du SI égale au coulomb, C,
- le kelvin restera l'unité de température thermodynamique mais son amplitude sera déterminée en fixant la valeur numérique de la constante de Boltzmann à exactement $1,380\,6 \times 10^{-23}$ lorsqu'elle sera exprimée en $\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$, unité du SI égale au joule par kelvin, J K^{-1} ,
- la mole restera l'unité de quantité de matière d'une entité élémentaire spécifique, c'est-à-dire un atome, une molécule, un ion, un électron, ou toute autre particule ou groupe particulier de telles particules, mais son amplitude sera déterminée en fixant la valeur numérique de la constante d'Avogadro à exactement $6,022\,14 \times 10^{23}$ lorsqu'elle sera exprimée en unité du SI mol^{-1} .

La Conférence générale des poids et mesures,

note également

- que les nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole seront rédigées en utilisant une formulation dite « à constante explicite », c'est-à-dire une définition dans laquelle l'unité est définie indirectement en donnant explicitement une valeur exacte à une constante fondamentale reconnue,
- que la définition actuelle du mètre est reliée à une valeur exacte de la vitesse de la lumière dans le vide, qui est également une constante fondamentale reconnue,
- que la définition actuelle de la seconde est reliée à une valeur exacte caractérisant une propriété bien définie de l'atome de césium, qui constitue également une constante de la nature,
- que la définition existante de la candela n'est pas liée à une constante fondamentale mais qu'elle peut être considérée comme étant reliée à une valeur exacte d'une constante de la nature,
- que l'intelligibilité du Système international d'unités serait renforcée si toutes ses unités de base étaient définies en utilisant la même formulation,

c'est pourquoi le Comité international des poids et mesures proposera également

de reformuler les définitions actuelles de la seconde, du mètre et de la candela selon une forme complètement équivalente qui pourrait être la suivante :

- la seconde, symbole s, est l'unité de temps ; son amplitude est déterminée en fixant la valeur numérique de la fréquence de la transition hyperfine de l'état fondamental de l'atome de césium 133 au repos, à une température de 0 K, à exactement 9 192 631 770 lorsqu'elle est exprimée en s^{-1} , unité du SI égale au hertz, Hz,
- le mètre, symbole m, est l'unité de longueur ; son amplitude est déterminée en fixant la valeur numérique de la vitesse de la lumière dans le vide à exactement 299 792 458 lorsqu'elle est exprimée en unité du SI m s^{-1} ,
- la candela, symbole cd, est l'unité d'intensité lumineuse dans une direction donnée ; son amplitude est déterminée en fixant la valeur numérique de l'efficacité lumineuse d'un rayonnement monochromatique d'une fréquence de 540×10^{12} Hz à exactement 683

lorsqu'elle est exprimée en $\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^3 \text{cd sr}$ ou en cd sr W^{-1} , unité du SI égale au lumen par watt, lm W^{-1} .

Il sera ainsi manifeste que les définitions des sept unités de base du SI découlent naturellement des sept constantes précédemment indiquées.

En conséquence, à la date choisie pour mettre en œuvre la révision du SI

- la définition du kilogramme en vigueur depuis 1889, établie à partir de la masse du prototype international du kilogramme (1^{re} réunion de la CGPM, 1889 ; 3^e réunion de la CGPM, 1901), sera abrogée,
- la définition de l'ampère en vigueur depuis 1948 (9^e réunion de la CGPM, 1948), établie à partir de la définition proposée par le Comité international des poids et mesures (CIPM, 1946, Résolution 2), sera abrogée,
- les valeurs conventionnelles de la constante de Josephson K_{J-90} et de la constante de von Klitzing R_{K-90} adoptées par le Comité international des poids et mesures (CIPM, 1988, Recommandations 1 et 2) à la demande de la CGPM (18^e réunion de la CGPM, 1987, Résolution 6) pour l'établissement des représentations du volt et de l'ohm à l'aide des effets Josephson et Hall quantique, respectivement, seront abrogées,
- la définition du kelvin en vigueur depuis 1967/68 (13^e réunion de la CGPM, 1967/68), établie à partir d'une définition antérieure moins explicite (10^e réunion de la CGPM, 1954, Résolution 3), sera abrogée,
- la définition de la mole en vigueur depuis 1971 (14^e réunion de la CGPM, 1971, Résolution 3), selon laquelle la masse molaire du carbone 12 a la valeur exacte de $0,012 \text{ kg mol}^{-1}$, sera abrogée,
- les définitions existantes du mètre, de la seconde et de la candela, en vigueur depuis leur adoption par la CGPM lors de ses 17^e (1983, Résolution 1), 13^e (1967/68, Résolution 1) et 16^e (1979, Résolution 3) réunions respectivement, seront abrogées.

La Conférence générale des poids et mesures,

prend en considération qu'à la même date

- la masse du prototype international du kilogramme $m(\mathcal{K})$ sera exactement 1 kg, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de h juste avant la redéfinition, puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale,
- la constante magnétique (la perméabilité du vide) μ_0 sera exactement $4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de la constante de structure fine α , puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale,
- la température thermodynamique du point triple de l'eau T_{TPW} sera exactement 273,16 K, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de k juste avant la redéfinition, puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale,
- la masse molaire du carbone 12 $M(^{12}\text{C})$ sera exactement $0,012 \text{ kg mol}^{-1}$, avec cependant une incertitude relative égale à celle de la valeur recommandée de N_A juste avant la redéfinition, puis sa valeur sera déterminée de façon expérimentale.

La Conférence générale des poids et mesures,

encourage

- les chercheurs des laboratoires nationaux de métrologie, le BIPM et les institutions universitaires à poursuivre leurs efforts et à transmettre à la communauté scientifique en général et à la CODATA en particulier les résultats de leurs travaux sur la détermination des constantes de h , e , k , et N_A , et
- le BIPM à poursuivre son travail afin d'assurer la traçabilité au prototype international du kilogramme des prototypes de masse qu'il maintient, ainsi qu'à mettre au point un ensemble d'étalons de référence qui permettra de faciliter la dissémination de l'unité de masse une fois le kilogramme redéfini,

et invite

- la CODATA à continuer à fournir des valeurs pour les constantes fondamentales de la physique ajustées à partir de toutes les données pertinentes disponibles, ainsi qu'à transmettre les résultats au CIPM par l'intermédiaire du Comité consultatif des unités, puisque ce sont les valeurs et incertitudes de la CODATA qui seront utilisées pour la révision du SI,
- le CIPM à lui proposer de réviser le SI dès que les recommandations de la Résolution 12 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion seront satisfaites, en particulier la préparation des mises en pratique des nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole,
- le CIPM, les Comités consultatifs, le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie à intensifier leurs efforts afin de mettre en place des campagnes de sensibilisation pour informer les communautés d'utilisateurs et le grand public du projet de redéfinition de certaines unités du SI, et à encourager l'examen des implications juridiques, techniques et pratiques de ces redéfinitions, afin de solliciter les commentaires et les contributions de la vaste communauté des scientifiques et des utilisateurs.

11.2 Métrologie, changement climatique et économie du carbone

Le changement climatique est devenu, sans conteste, l'une des priorités des gouvernements nationaux et de la communauté internationale, et est considéré comme l'un des plus grands défis à relever. Le BIPM et les Comités consultatifs du CIPM – en particulier le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), le Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM) et le Comité consultatif de thermométrie (CCT) – travaillent en permanence, depuis un certain temps, à ce qu'un nombre croissant de mesures liées au changement climatique soient traçables au SI. En renforçant leur collaboration, le BIPM et l'Organisation météorologique mondiale (OMM) ont pu mener à bien un certain nombre d'initiatives, telles que la signature par l'OMM de l'*Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie* (CIPM MRA), et l'implication d'un certain nombre de laboratoires, tels ceux du programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM, aux comparaisons du CCQM. Le fait de mesurer de manière exacte les variations faibles des paramètres permettant la surveillance des mécanismes climatiques a apporté des avantages tout à fait significatifs que l'OMM a reconnus. Les experts

du programme de veille de l'atmosphère globale ont également identifié un certain nombre de domaines où il est nécessaire d'améliorer les mesures, et se sont donc tournés vers le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie. Cette démarche est bien accueillie mais il ne faut pas en rester là.

Le BIPM a adapté son programme de travail pour les années 2009 à 2012 en fonction de l'évolution des priorités établies en matière de comparaisons, notamment par le CCQM, et l'oriente davantage vers la métrologie des gaz afin de tenir compte des défis mondiaux à relever.

Un important atelier international intitulé « Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability, and Uncertainty », organisé avec succès par le BIPM et l'OMM, s'est tenu au siège de l'OMM à Genève, du 30 mars au 1^{er} avril 2010. Les principales conclusions de cet atelier ont été les suivantes :

- les résultats des mesures effectuées dans le cadre de la surveillance du climat et du bilan énergétique de la Terre par détection à distance par satellite, ainsi que par des méthodes de mesure et données d'observation au niveau du sol, doivent si possible être traçables au SI afin d'obtenir des données homogènes et de qualité sur le long terme ;
- la communauté de la météorologie continue à définir ses besoins en matière de mesures et doit les transmettre de façon officielle aux laboratoires nationaux de métrologie ;
- l'OMM, le BIPM, les laboratoires nationaux de métrologie et la communauté universitaire doivent travailler ensemble afin de pouvoir satisfaire les demandes expresses pour des étalons de mesure dont l'exactitude et les incertitudes répondent aux besoins des scientifiques et modélistes spécialistes du climat et, le cas échéant, des organismes législatifs et réglementaires ; et
- les étalonnages des instruments utilisés par la communauté de la météorologie doivent être effectués à toutes les étapes des missions spatiales ou des projets sur terre, et les laboratoires nationaux de métrologie doivent être impliqués dans la préparation de ces étalonnages et dans leur réalisation.

L'OMM et le BIPM ont établi une stratégie commune afin d'identifier les besoins en matière de mesures exactes et s'assurer que les recommandations formulées lors de l'atelier précédemment mentionné sont bien suivies, mises en œuvre et contrôlées.

Le CIPM a étudié les conclusions de l'atelier, ainsi que le rapport envoyé à un certain nombre d'organisations intergouvernementales, organismes internationaux et agences. La CGPM est donc invitée à adopter la Résolution suivante.

- **Sur l'importance d'une collaboration internationale afin de rendre les mesures nécessaires à l'observation du changement climatique traçables au Système international d'unités (SI)**

Projet de résolution B

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant

- la Résolution 4 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion (1999) sur la nécessité d'utiliser les unités du SI dans les recherches sur les ressources terrestres, l'environnement, la sécurité humaine et les études connexes,
- la Résolution 11 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) sur l'importance des mesures traçables au SI pour l'observation du changement climatique,

considérant

- l'augmentation du nombre d'initiatives nationales et internationales pour faire face aux défis et aux implications du changement climatique dans le monde,
- les délibérations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat des Nations Unies, ainsi que les conclusions de la conférence de Copenhague sur le changement climatique de 2009,
- la collaboration entre le Bureau international des poids et mesures (BIPM) et l'Organisation météorologique mondiale (OMM),
- la signature de l'*Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie* (CIPM MRA) par l'OMM,
- les conclusions de l'atelier commun au BIPM et à l'OMM intitulé « Measurement challenges for global observation systems for climate change monitoring: Traceability, stability and reducing uncertainty » qui s'est tenu du 30 mars au 1^{er} avril 2010,
- les discussions menées au sein du Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie (CCQM), du Comité consultatif de thermométrie (CCT), du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), et les recommandations que ces comités ont présentées au Comité international des poids et mesures (CIPM), ainsi que les actions conjuguées des laboratoires nationaux de métrologie membres de ces Comités et des structures concernées de l'OMM, et
- l'intérêt accru de la part des gouvernements pour la mise en place d'un système mondial de captage et de commerce du carbone, ainsi que pour les initiatives de réduction des émissions de carbone,

accueille favorablement

- les initiatives de l'OMM visant à travailler de façon plus étroite avec le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie,
- la volonté du BIPM, dans son projet de programme de travail pour les années 2013 à 2016, de traiter des questions métrologiques liées au changement climatique et au réchauffement de la planète, et

- les initiatives prises par un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie afin de s'impliquer dans la recherche ainsi que d'autres activités visant à soutenir les politiques sur l'économie du carbone,

recommande

- que les organismes concernés prennent les dispositions nécessaires afin de s'assurer que toutes les mesures relatives aux observations susceptibles d'être utilisées pour des études sur le climat soient entièrement traçables aux unités du SI,
- que tout système de commerce et de captage du carbone ayant fait l'objet d'un accord entre gouvernements engage ces derniers à effectuer des mesures traçables au SI,
- que les organismes concernés soutiennent la mise en œuvre de techniques permettant d'élaborer une série d'étalons radiométriques et d'instruments traçables au SI afin que la traçabilité des mesures effectuées au sol ou dans l'espace puisse être établie,
- que les laboratoires nationaux de métrologie continuent à mettre au point des techniques et des systèmes de mesure afin que la modélisation et le contrôle des procédés de production de biocarburants et du piégeage du carbone soient traçables au SI et réalisés de façon équivalente dans le monde entier,
- que les gouvernements, ainsi que les organisations intergouvernementales et organismes internationaux concernés, s'engagent à adopter un système d'unités et d'étalons de mesure qui soit reconnu et accepté au niveau international, et
- que le BIPM prenne les mesures nécessaires afin de contribuer à la coordination de cette activité, avec le soutien total des États Parties à la Convention du Mètre.

12 Programme de travail du BIPM et implications financières

12.1 Programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016

Un programme détaillé sur les travaux du BIPM pour les années 2013 à 2016, correspondant à la dotation demandée dans le projet de résolution C ci-dessous, sera présenté par le CIPM dans le document intitulé « Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les quatre années 2013 à 2016 ».

Les points essentiels pris en considération pour établir les priorités du BIPM et définir le contenu de son programme de travail pour les années 2013 à 2016 sont les suivants :

Soutenir la métrologie dans le domaine du commerce et des échanges internationaux, notamment :

- en conservant et en disséminant l'étalon primaire de masse, le prototype international du kilogramme ;
- en établissant et en disséminant le Temps atomique international (TAI) et, en collaboration avec le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence, le Temps universel coordonné (UTC) ;

- en effectuant, pour les laboratoires nationaux de métrologie, des comparaisons sur site au plus haut niveau métrologique d'étalons électriques macroscopiques à effet quantique, ainsi que des étalonnages d'étalons de mesure spécifiques à certains domaines choisis ;
- en menant à bien des comparaisons internationales dans le domaine de la dosimétrie et des mesures d'activité de radionucléides ;
- en menant à bien des comparaisons internationales et en fournissant des résultats, afin d'étayer les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) des laboratoires nationaux de métrologie dans le domaine de la chimie organique ;
- en coordonnant et en soutenant la mise en œuvre du CIPM MRA afin de faciliter la reconnaissance internationale des services de mesure fournis par tous les participants, tels que décrits dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) ; celle-ci est de plus en plus considérée comme un élément clé pour promouvoir le commerce international et réduire les obstacles techniques au commerce ; et
- en favorisant la mise au point de matériaux de référence, méthodes et services de rang hiérarchique supérieur au sein des laboratoires nationaux de métrologie, ainsi que leur utilisation par l'industrie du diagnostic *in vitro*, par la conservation et la mise à jour de la base de données des systèmes de mesure de référence en médecine de laboratoire (base de données du JCTLM) et par la gestion des procédures d'examen des propositions.

Soutenir la métrologie dans le domaine de l'environnement et de l'observation du changement climatique, notamment :

- en disposant d'un équipement de référence international pour la comparaison des étalons de gaz à effet de serre, assurant ainsi la stabilité et la fiabilité des mesures afin de pouvoir les surveiller à long terme, les utiliser dans les modèles de changement climatique et les modèles radiatifs, ainsi que vérifier et évaluer les effets des stratégies de réduction des émissions ; et
- en disposant d'un équipement de référence international pour la comparaison en continu des étalons de gaz influençant la qualité de l'air, tels que le monoxyde d'azote, le dioxyde d'azote, le formaldéhyde, et tout particulièrement l'ozone troposphérique, et en collaborant ainsi aux réseaux nationaux de contrôle de la qualité de l'air et aux stratégies de contrôle de la pollution.

Soutenir la métrologie dans le domaine de la santé et de la sécurité humaines, notamment :

- en disposant d'équipements de référence internationaux uniques pour la dosimétrie des rayonnements et les mesures de l'activité des radionucléides, activités essentielles au diagnostic et au traitement du cancer, ainsi qu'à la radioprotection et au contrôle de l'activité des radionucléides dans l'air, le sol et les aliments ;
- en disposant d'équipements de référence internationaux afin d'établir la comparabilité des résultats de mesures de produits chimiques dans les domaines de la médecine clinique, de l'environnement, de l'alimentation, de la médecine légale et de la pharmacie ; et
- en mettant au point des équipements de référence internationaux afin d'assigner des valeurs physico-chimiques aux étalons de mesure de molécules de grande taille, telles que l'insuline, l'objectif étant d'améliorer la fabrication des produits thérapeutiques, de réduire les coûts de

production, d'améliorer l'exactitude des systèmes de mesure de référence pour les dispositifs de diagnostic et d'éviter les coûts inutiles liés à la répétition des mesures.

Coordonner la métrologie au niveau mondial :

- en conservant et en mettant à jour les informations et les données liées à la mise en œuvre du CIPM MRA, à savoir la liste des participants, la liste des comparaisons internationales et leurs rapports et résultats, ainsi que la liste des CMCs reconnues au niveau international contenues dans la KCDB ;
- en apportant une aide scientifique et logistique au travail des Comités consultatifs du CIPM qui regroupent les experts de haut niveau des principaux laboratoires nationaux de métrologie ;
- en passant des accords avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux afin de soutenir la mission du BIPM et de créer des comités communs lorsque cela est nécessaire ; et
- en assurant le secrétariat scientifique et administratif de la CGPM et du CIPM, ainsi que celui des réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie.

Les principaux points du programme de travail sont les suivants :

La **métrologie des masses** et la balance du watt sont des aspects essentiels du travail du BIPM et ont, bien sûr, un rôle unique à jouer dans le système international de traçabilité. Ce rôle ne diminuera pas et il devrait même s'accroître dans l'éventualité d'une nouvelle définition du kilogramme.

Le programme des masses sera centré sur :

- la réalisation et la dissémination des étalons de masse au plus haut niveau métrologique afin de préparer la redéfinition du kilogramme ;
- la conservation et la dissémination d'étalons de masse aux États Membres en s'appuyant sur des équipements de mesures de masse dans l'air et dans le vide sur tout un domaine de valeurs ;
- les techniques destinées à améliorer les mesures de la métrologie des masses.

Le projet de la balance du watt est fondamental pour que le BIPM puisse disposer d'une réalisation indépendante, au plus haut niveau métrologique, de la définition du kilogramme. Ce projet permettra en outre d'assurer la transition de la dissémination de l'unité de masse à partir de l'actuel prototype international du kilogramme à celle fondée sur les réalisations de la nouvelle définition. Le BIPM utilisera sa balance du watt et ses étalons de masse pour piloter des comparaisons entre différentes balances du watt et d'autres réalisations primaires des laboratoires nationaux de métrologie, et s'assurer de l'équivalence des réalisations nationales de la définition du kilogramme. Par ailleurs, les États Membres, agissant ensemble, partagent les coûts et assurent l'existence des compétences et de l'équipement nécessaires dont pourront bénéficier tous les États Membres, qu'ils possèdent ou non leur propre balance du watt, ou toute autre réalisation de haut niveau.

La **métrologie du temps** repose sur un certain nombre d'aptitudes liées entre elles. Il est nécessaire que les échelles nationales de temps fournies par les laboratoires horaires existants et

nouveaux, et élaborées à partir de nouvelles horloges de meilleure qualité, puissent contribuer au calcul et à la dissémination du Temps atomique international (TAI). Le Temps universel coordonné (UTC) est calculé à partir de ces données, et les différences observées entre les réalisations nationales et la moyenne mondiale sont transmises à l'ensemble des laboratoires participants. La dissémination du temps s'apprête à entrer dans une nouvelle ère qui repose sur le succès de la mise en œuvre de nouvelles techniques de comparaisons d'horloges afin d'exploiter les performances d'une nouvelle génération d'étalons optiques de fréquence supérieures à celles des horloges atomiques micro-onde actuelles. Le BIPM utilisera ces nouvelles techniques et tirera parti de ces progrès afin de disséminer le temps international, avec des incertitudes réduites et une efficacité accrue, à un plus grand nombre d'utilisateurs du TAI et de l'UTC partout dans le monde.

Le programme sera donc centré sur :

- l'élaboration des échelles de temps internationales, le TAI et l'UTC, fondées sur les résultats des horloges conservées dans des laboratoires de temps du monde entier ;
- les techniques nécessaires pour comparer les horloges et transmettre les données horaires dans le monde entier avec le plus haut niveau d'exactitude possible ;
- la coopération et les relations avec d'autres organismes internationaux concernés par la métrologie du temps et des fréquences.

La **métrologie en électricité** reste au cœur du travail de nombreux laboratoires nationaux de métrologie qui ne cessent de mettre à niveau leurs équipements afin d'offrir des services améliorés à leurs clients au niveau national. Les laboratoires nationaux de métrologie ont indiqué, par le biais de questionnaires, qu'il leur était nécessaire que le BIPM poursuive la série de comparaisons d'étalons voyageurs à effet Josephson et à effet Hall quantique afin d'asseoir la confiance internationale dans les réalisations locales des unités électriques. Le condensateur calculable, dont la mise au point a été achevée pendant le programme de travail pour les années 2009 à 2012, constituera l'unique étalon de référence international.

Le programme de métrologie en électricité sera donc construit autour des activités prioritaires suivantes :

- la conservation et l'utilisation des réalisations du volt, de l'ohm et du farad au BIPM pour les étalonnages des étalons d'États Membres et pour certaines comparaisons du Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), menées en utilisant des étalons voyageurs pour les mesures sur site ;
- la mise à niveau des équipements actuels afin de pouvoir répondre aux besoins des laboratoires nationaux de métrologie en matière d'étalons et équipements de référence de tension et de puissance en courant alternatif ;
- la participation au projet de la balance du watt du BIPM ; et
- la préparation d'une éventuelle redéfinition de l'ampère.

La **métrologie des rayonnements ionisants** est une tâche essentielle du BIPM depuis la décision prise par la CGPM lors de sa 11^e réunion en 1960. Ainsi, le BIPM maintient des équipements de référence uniques pour la dosimétrie et la radioactivité utilisés pour des applications dans les domaines de la santé, de l'environnement et de la sécurité. En réalisant des

comparaisons et des étalonnages en dosimétrie, le BIPM valide et améliore les réalisations nationales des grandeurs concernées. L'expérience a montré que ces étalonnages aident à réduire les incertitudes associées aux étalonnages offerts par les laboratoires nationaux de métrologie, avec pour conséquence immédiate que des mesures plus exactes peuvent être disséminées, au niveau national, aux hôpitaux et aux autres organismes qui utilisent la dosimétrie sur des patients. La réduction des incertitudes améliore les traitements et sauve des vies. Le monde médical est néanmoins en pleine transition : les thérapies sont de moins en moins fondées sur des sources traditionnelles de cobalt 60 mais sur le rayonnement d'accélérateurs linéaires. Le BIPM devra pouvoir répondre à ce défi en mettant des équipements de référence fondés sur la technologie de l'accélérateur linéaire à la disposition d'un nombre croissant de laboratoires nationaux de métrologie qui mettent eux-mêmes en place ce nouveau type d'équipements, et en fournissant des étalonnages en dosimétrie réalisés à partir d'un accélérateur afin de pouvoir répondre aux besoins des États Membres disposant d'équipements nationaux traditionnels. Le projet d'installer sur le site du BIPM un équipement de référence international fondé sur un accélérateur linéaire est fortement soutenu par d'autres organisations internationales d'importance dans ce domaine, telles que l'AIEA, l'ICRU, l'IOMP et l'OMS (voir le *Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les quatre années 2013 à 2016* pour plus de détails).

Dans le domaine des mesures de radioactivité, un nombre croissant d'utilisateurs bénéficient des équipements uniques du BIPM, qui servent aussi à mesurer de plus en plus de radionucléides différents, en particulier ceux à courte durée de vie couramment utilisés dans le domaine de la santé pour le diagnostic et la thérapie. Le programme du BIPM étaye également la confiance dans la sécurité et la protection des opérateurs des industries de la médecine et du nucléaire. Il contribue aussi à améliorer les aptitudes de mesure et de contrôle des rayonnements ionisants dans le monde entier, ce qui permet de renforcer la confiance au niveau national dans les systèmes de contrôle nucléaire et de sécurité.

Le programme sera donc centré sur :

- le maintien des équipements de référence existants pour le cobalt 60 et le césium 137, afin de réaliser des comparaisons de plus haute exactitude ;
- le maintien des équipements de référence pour les rayons x aux énergies basses et moyennes et les nouveaux dispositifs de référence pour les comparaisons clés en mammographie ;
- la transition technologique dans le traitement du cancer du cobalt 60 à l'accélérateur linéaire, par la mise en place d'un équipement de référence à frais partagés au siège du BIPM qui sera utilisé par les laboratoires nationaux de métrologie ; et
- l'extension du Système international de référence (SIR) pour la mesure d'activité de radionucléides, élargissant ainsi l'éventail des comparaisons clés en continu du BIPM.

La **métrologie en chimie** a fourni de nombreuses occasions, tant au niveau national qu'international, de mettre en œuvre les notions de traçabilité et de calcul des incertitudes dans un grand nombre de nouveaux domaines d'application en chimie. Le travail effectué à ce jour a déjà eu des répercussions scientifiques significatives et les résultats obtenus ont contribué à accroître la sensibilisation et la participation d'un nombre croissant d'organismes internationaux.

Le programme proposé inclura :

- un travail de recherche défini avec soin afin de garantir que le BIPM peut fournir des étalons et matériaux de référence adéquats pour soutenir le programme du Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM) ;
- le renforcement des progrès réalisés à ce jour, en se concentrant à l'avenir sur les équipements de référence et les comparaisons visant à soutenir les priorités identifiées par les laboratoires nationaux de métrologie au sein du CCQM, et par l'Organisation météorologique mondiale ;
- une activité de laboratoire en métrologie des gaz dirigée principalement vers la métrologie appliquée à la surveillance de la qualité de l'air et au changement climatique ;
- un programme de laboratoire en chimie organique, mettant l'accent sur les références primaires afin de soutenir l'effort du CCQM dans les domaines de l'alimentation, de la santé, de la médecine légale, ainsi que d'un certain nombre d'applications plus larges, l'objectif étant de faire face au défi des nouvelles technologies ; et
- les relations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux avec lesquels le BIPM peut collaborer pour accroître l'impact du SI dans de nouveaux domaines.

Il est nécessaire de maintenir les ressources dans tous les domaines d'activités scientifiques et connexes du BIPM pour assurer la **promotion du travail effectué par le BIPM**, ainsi que la **promotion du SI et du CIPM MRA**. Le programme de travail continue à mettre l'accent, de façon mesurée, sur un travail de prospection et de liaison avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux ayant des missions complémentaires.

Le programme proposé portera notamment sur :

- la nécessité de continuer à soutenir la mise en œuvre et l'extension de l'utilisation du CIPM MRA, ainsi que la gestion de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés ;
- les relations et la coopération avec les organisations intergouvernementales et organismes internationaux appropriés afin que le BIPM progresse dans l'accomplissement de sa mission ;
- la promotion de la métrologie aux niveaux national et international, notamment grâce à la Journée mondiale de la métrologie ; et
- la promotion de la valeur du travail du BIPM auprès des États Membres existants et les efforts pour attirer de nouveaux Membres.

12.2 Dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures

La dotation annuelle votée par la CGPM permet au BIPM de remplir sa mission, à savoir assurer l'uniformité mondiale des mesures nécessaire au commerce et aux échanges internationaux, à l'observation du changement climatique et à l'environnement, à la santé et à la sécurité humaines, à la médecine, à l'alimentation, et à la recherche et au développement scientifiques. Le BIPM accomplit sa mission en menant un travail scientifique dans ses laboratoires à Sèvres, ainsi qu'en

collaborant avec les laboratoires nationaux de métrologie des États Parties à la Convention du Mètre et en coordonnant des activités.

Le programme de travail pour les années 2013 à 2016, tel que décrit au paragraphe 12.1, est le fruit d'une évolution constante et d'un processus d'établissement des priorités des activités. Alors qu'au 20^e siècle la métrologie était gouvernée par les besoins scientifiques et industriels, le monde est confronté en ce début de 21^e siècle à de nouveaux défis qui vont bien au delà de ces besoins métrologiques traditionnels et concernent des domaines tels que la santé, le changement climatique et l'environnement, le diagnostic et la thérapeutique cliniques. Ces nouveaux domaines imposent de nouvelles exigences en matière de métrologie et sont souvent considérés comme les « grands défis » auxquels la métrologie doit faire face.

Afin de tenir compte de cette évolution des besoins métrologiques dans de nombreux nouveaux domaines, et en raison des ressources financières limitées qui sont allouées au BIPM par les États Parties à la Convention du Mètre, auxquelles s'ajoutent les coûts liés à de nouvelles et onéreuses technologies apparues pour certains domaines, le BIPM a apporté un certain nombre de modifications à l'éventail de ses activités. Cela n'a été possible que par une hiérarchisation stricte des priorités et, donc, par la cessation de certaines activités. Par exemple, deux des six sections scientifiques existant au début de cette décennie (la section de photométrie, radiométrie et thermométrie, et la section des longueurs) ont été fermées. Les ressources ainsi dégagées ont été utilisées pour contribuer à la mise au point d'une expérience de balance du watt permettant de contrôler la masse du prototype international du kilogramme, ainsi que pour créer des activités de métrologie en chimie. La décision prise par le CIPM lors de sa session annuelle de 2009 de cesser les activités internationales du BIPM dans le domaine de la gravimétrie absolue met en évidence le fait que cette hiérarchisation des priorités est un processus continu.

Le CIPM souhaite porter à l'attention des États Parties à la Convention du Mètre l'impact qu'a déjà eu le travail du BIPM dans ces nouveaux domaines, ce qui est particulièrement évident concernant l'extension du travail de laboratoire en chimie. Le travail de laboratoire permet aux membres du personnel d'accroître leurs compétences scientifiques, ce qui confère au BIPM l'expertise et la crédibilité nécessaires pour collaborer avec les laboratoires nationaux de métrologie et les organisations intergouvernementales et organismes internationaux. On observe que, du fait du travail de promotion effectué par le BIPM concernant le SI ainsi que ses bonnes pratiques de mesure, de telles organisations s'adressent au BIPM pour qu'il les aide à accroître l'impact de leurs propres missions et activités. L'atelier sur l'observation du changement climatique organisé par le BIPM et l'OMM et la signature du CIPM MRA par l'OMM en sont des illustrations parfaites.

Il faut continuer à déployer de tels efforts afin de renforcer l'efficacité du système métrologique mondial, et les ressources nécessaires à de tels partenariats et collaborations doivent être disponibles. Dans de nombreux cas, ces activités concernent des domaines qui ont un fort impact politique et social, tels que le changement climatique, les soins de santé, la sécurité alimentaire, la qualité et la médecine légale : il est donc impossible de ne pas s'attaquer résolument à ces questions et de ne pas poursuivre ces objectifs communs aussi efficacement que possible.

Le CIPM souhaite également que les Parties à la Convention du Mètre prennent en considération les efforts fructueux du BIPM qui ont permis d'attirer trois nouveaux États Parties à la Convention du Mètre depuis la 23^e réunion de la CGPM. Le CIPM incite les États Parties à la Convention du Mètre à reconnaître que l'adhésion de ces États à la Convention du Mètre fournit certes des revenus supplémentaires, mais implique aussi de nouvelles demandes affectant les ressources du BIPM.

Lorsque le CIPM a préparé sa proposition sur la dotation du BIPM pour les années 2013 à 2016, il avait parfaitement conscience de la nécessité d'étendre le programme de travail du BIPM de façon cohérente avec les demandes des États Parties à la Convention du Mètre et avec la situation économique d'un certain nombre d'entre eux. Le CIPM rappelle aux États Parties à la Convention du Mètre qu'en partageant le coût des équipements et en finançant le BIPM, ils réalisent des économies substantielles et améliorent l'efficacité et l'efficience de leur structure métrologique nationale et de leurs activités métrologiques internationales. En effet, si les activités proposées ne sont pas réalisées par le BIPM, elles devront l'être au niveau national ou de façon bilatérale, ce qui générerait des coûts considérablement plus élevés pour les États Parties à la Convention du Mètre.

Le point de départ de la dotation pour les années 2013 à 2016 est la dotation approuvée par la CGPM à sa 23^e réunion pour la dernière année de la précédente période de quatre ans, à laquelle viennent s'ajouter les contributions des États qui ont accédé à la Convention du Mètre depuis la 23^e réunion de la CGPM. En octobre 2010, cela correspond à la dotation de l'année 2012, d'un montant de 11 185 000 euros, à laquelle viennent s'ajouter les contributions de la Croatie, du Kazakhstan et du Kenya qui s'élèveront au total à 164 421 euros en 2012. Le point de départ du calcul de la dotation pour les années 2013 à 2016 est donc de 11 349 421 euros.

Le CIPM propose d'augmenter cette dotation d'un montant de 886 000 euros en sus d'une augmentation au titre de l'inflation de 2 % au 1^{er} janvier 2013, puis d'appliquer une augmentation annuelle de 2 % au 1^{er} janvier de chacune des trois années suivantes au titre de l'inflation.

La dotation demandée pour chacune des années 2013 à 2016 dans le projet de résolution C ci-dessous permettra au BIPM de mettre en œuvre un programme de travail qui réponde aux besoins justifiés, prioritaires et impératifs des États Parties à la Convention du Mètre, et d'améliorer l'impact du SI et du CIPM MRA dans le monde.

Le CIPM recommande à l'unanimité que la CGPM approuve et finance la totalité du programme de travail.

- **Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2013 à 2016**

Projet de résolution C

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- l'importance croissante du travail du Bureau international des poids et mesures (BIPM), dans tous les États Parties à la Convention du Mètre, pour le commerce international, l'innovation dans le secteur industriel, le changement climatique, la santé et la médecine, ainsi que pour l'alimentation et la médecine légale,
- le fait que le BIPM est reconnu comme organisation intergouvernementale experte sur le plan technique, qui répond aux besoins des États Parties à la Convention du Mètre,

- les responsabilités élargies conférées au BIPM et contenues dans son programme de travail pour les années 2009 à 2012, qui le sont encore plus dans le projet de programme de travail pour les années 2013 à 2016,
- la façon dont le BIPM continue à adopter les meilleures pratiques de gestion et à améliorer l'efficacité de son personnel,
- le fait qu'en partageant le coût des équipements proposés et en finançant le BIPM, les États Parties à la Convention du Mètre réalisent des économies substantielles et améliorent l'efficacité et l'efficience de leur structure métrologique nationale et de leurs activités métrologiques internationales,

remercie les laboratoires nationaux de métrologie qui ont apporté au BIPM des contributions volontaires de toute sorte,

prie instamment les laboratoires nationaux de métrologie d'augmenter le nombre de personnes mises à la disposition du BIPM afin de travailler à des projets du programme de travail du BIPM présentant un intérêt commun,

décide que la dotation annuelle du BIPM, telle que définie à l'article 6, 1921, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, sera augmentée de façon à ce qu'elle soit portée, pour les États Parties à la Convention du Mètre au moment de la 24^e réunion de la CGPM, à :

12 462 000 euros en 2013

12 711 000 euros en 2014

12 965 000 euros en 2015

13 224 000 euros en 2016.

15. Rapport sur les questions relatives aux Associés à la Conférence générale

15.1 Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale

Dans la Résolution 3 adoptée à sa 21^e réunion (1999), la Conférence générale des poids et mesures a créé la catégorie d'*Associé à la CGPM* afin de fournir aux États qui ne sont pas Parties à la Convention du Mètre, et qui pourraient initialement avoir des difficultés à dégager des sommes suffisantes pour assumer le coût de leur adhésion à ladite Convention, les moyens de participer à l'*Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie* (CIPM MRA). Dix ans plus tard, à la date du 1^{er} novembre 2010, 31 États sont Associés à la CGPM¹. Un grand nombre de ces États ont un rôle bien plus important dans les activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre que ce qui avait été envisagé en 1999, et tirent davantage parti des services que le Comité international des poids et mesures a mis à leur disposition. En particulier, ils tirent de considérables avantages scientifiques et économiques de leur participation au CIPM MRA, ce qui a pour conséquence une augmentation des coûts

¹ Il est à noter que seuls des États peuvent adhérer à la Convention du Mètre. Cette section ne s'applique donc pas aux entités économiques Associées (voir section 15.2).

assumés par le Bureau international des poids et mesures. Toutefois, depuis 1999 et à la date du 1^{er} novembre 2010, seuls trois États Associés ont décidé d'accéder à la Convention du Mètre.

À sa 23^e réunion (2007), la CGPM a examiné la situation des États Associés. Tout en reconnaissant la valeur et le caractère souhaitable de leur participation aux activités du BIPM dans le cadre du CIPM MRA, la CGPM a également considéré le déséquilibre croissant entre les avantages tirés par les Associés et le niveau de leur souscription financière. En conséquence, la CGPM a invité le CIPM à établir des critères lui permettant d'examiner s'il est approprié qu'un État Associé devienne État Partie à la Convention du Mètre. Par conséquent, le CIPM a décidé, à ses 98^e et 99^e sessions, que cet examen se ferait selon les critères suivants :

- signature du CIPM MRA par le laboratoire national de métrologie de l'État Associé ;
- publication de résultats de comparaison dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) ;
- enregistrement d'au moins une aptitude en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) dans la KCDB.

En établissant ces critères, le CIPM a également pris note des avantages de plus en plus nombreux dont jouissent les Associés en participant au CIPM MRA, alors même que leur souscription financière demeure inchangée. En effet, les États actuellement Associés peuvent bénéficier d'un certain nombre d'avantages dont profitent les États Parties à la Convention du Mètre, tout en ne payant qu'une souscription bien moindre que celle dont ils auraient à s'acquitter s'ils étaient Parties à la Convention du Mètre. Le CIPM a considéré que cela pourrait les encourager à demeurer États Associés et les réfréner d'adhérer à la Convention du Mètre. Afin de remédier à cette situation, le CIPM recommande à la CGPM d'amender les conditions relatives au statut d'État Associé à la CGPM comme suit :

- accroître, à compter de 2013, le montant minimal de la souscription annuelle de 0,05 % de la dotation annuelle du BIPM à 0,1 % de ladite dotation ;
- augmenter progressivement et de manière irréversible, après une période initiale de cinq ans suivant l'accession au statut d'État Associé, le montant de la souscription des États Associés pour lesquels le CIPM, sur le fondement des critères susmentionnés, a pris la décision qu'ils devraient être encouragés à accéder à la Convention du Mètre. Une telle augmentation sera progressive afin que la souscription des ces États atteigne en cinq ans un montant équivalent à 90 % de la contribution annuelle qu'ils auraient à acquitter s'ils étaient Parties à la Convention du Mètre.

Ainsi, le CIPM propose à la CGPM la Résolution suivante.

- **Sur le statut d'État Associé à la Conférence générale**

Projet de résolution D

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant

- la Résolution 3 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion en 1999,
- la Résolution 5 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion en 2007,

considérant

- la participation croissante des États Associés à la CGPM aux activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre,
- les avantages scientifiques et économiques dont bénéficient les États Associés, notamment en participant à l'*Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie* (CIPM MRA) et grâce aux services du Bureau international des poids et mesures (BIPM) que le Comité international des poids et mesures (CIPM) a mis à leur disposition,
- le coût réel croissant pour les États Parties à la Convention du Mètre de ces avantages tirés par les États Associés,
- le fait que le statut d'État Associé peut constituer une première étape avant d'adhérer à la Convention du Mètre,

notant

- les décisions prises par le CIPM à ses 98^e et 99^e sessions d'adopter les critères suivants lui permettant d'examiner s'il est approprié qu'un État Associé accède à la Convention du Mètre :
 - signature de l'Arrangement du CIPM par le laboratoire national de métrologie de l'État Associé,
 - publication de résultats de comparaison dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB),
 - enregistrement d'au moins une aptitude en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) dans la KCDB,

décide que

- pendant une période initiale de cinq ans suivant l'accession au statut d'Associé à la CGPM, les États Associés acquitteront une souscription annuelle déterminée à partir de leur contribution à l'Organisation des Nations Unies, comme pour les États Parties à la Convention du Mètre, avec un minimum égal à 0,1 % de la dotation annuelle du BIPM,
- cette décision sera applicable aux États actuellement associés pour le calcul de leur souscription à compter de l'exercice 2013,
- après la période initiale de cinq ans susmentionnée, si le CIPM considère, sur le fondement des critères qu'il a adoptés, qu'il est approprié qu'un État Associé devienne État Partie à la Convention du Mètre, le montant de la souscription dudit Associé sera augmenté tous les ans progressivement et de manière irréversible afin d'atteindre, après cinq ans, un montant équivalent à 90 % de la contribution annuelle dont cet État devrait s'acquitter s'il était État Partie à la Convention du Mètre,
- cette augmentation progressive et irréversible sera applicable au 1^{er} janvier de la deuxième année suivant la décision du CIPM d'encourager l'Associé à adhérer à la Convention du Mètre,
- l'examen de la situation des États Associés par le CIPM en 2011 sera utilisé aux fins d'application de la présente Résolution, et la première augmentation des souscriptions prendra effet en 2013,

- une telle augmentation ne sera pas appliquée aux États Associés dont la souscription annuelle est déjà égale à la contribution dont ils devraient s'acquitter s'ils étaient États Parties à la Convention du Mètre,
- tant qu'un État Associé ne remplit pas les critères susmentionnés pour être encouragé à adhérer à la Convention du Mètre, il continuera à bénéficier des avantages du statut d'Associé, tel que prévu par la Résolution 3 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion (1999), et des services du BIPM que le CIPM a mis à sa disposition, et sa souscription demeurera déterminée comme durant la période initiale de cinq ans,

invite

tous les États Associés, qu'ils remplissent ou non les critères adoptés par le CIPM afin d'encourager les États Associés à devenir États Parties à la Convention du Mètre, à adhérer à la Convention du Mètre en ce qu'une telle adhésion ne peut qu'être bénéfique au renforcement du système de mesure mondial.

15.2 Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale

Dans la Résolution 3 adoptée à sa 21^e réunion (1999), la Conférence générale des poids et mesures (CGPM) a créé le statut d'Associé à la CGPM ouvert aux « États et entités économiques » afin de promouvoir leur participation au système de mesure mondial. La Résolution 3 n'a pas défini la notion d'« entités économiques ». Le Bureau international des poids et mesures (BIPM) a, par la suite, reçu des demandes de la part de deux entités territoriales, Hong Kong (Chine) et Taipei chinois, qui sont respectivement devenues Associées en avril 2000 et en avril 2002 et qui ont par la suite signé l'*Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie* (CIPM MRA). Le BIPM a en outre reçu une demande d'une organisation intergouvernementale régionale (CARICOM). En 2003, la CGPM a confirmé l'interprétation faite par le Comité international des poids et mesures (CIPM) du terme « entité économique » comme pouvant signifier une coopération économique régionale officielle et elle a accepté que CARICOM accède au statut d'entité économique Associée.

Dans la Résolution 6 adoptée à sa 23^e réunion (2007), la CGPM a exprimé le souhait que soient établis des critères permettant l'examen de demandes d'entités économiques à devenir Associées, dans la mesure où la situation actuelle permet à des États qui ne sont pas Parties à la Convention du Mètre de bénéficier indirectement des activités du BIPM à un coût quasi nul.

Quand la CGPM a décidé d'accorder le statut d'Associé à des « entités économiques », son intention était d'accorder ce statut à des entités territoriales possédant leur propre laboratoire de métrologie et dont la participation aux activités du BIPM est considérée par la CGPM comme bénéfique au renforcement du système de mesure mondial.

Les organisations intergouvernementales ne possèdent pas de territoire et ne peuvent être mandatées par leurs États Membres que pour prendre des engagements vis-à-vis du territoire de ces États. Par conséquent, leur participation aux activités du BIPM en tant qu'Associé ne pourrait que dupliquer, voire se substituer à une participation de Parties, ou de Parties potentielles, à la Convention du Mètre. Des discussions sont actuellement en cours sur la pertinence de l'accession par de telles organisations intergouvernementales au statut d'Associé.

En effet, il semble qu'un consensus existe sur le fait que le statut d'entité économique Associée ne devrait être ouvert qu'à des entités autres que des États si leur participation mène à une extension effective des territoires coordonnés de manière internationale en matière de métrologie par le BIPM, et quand une telle extension ne peut être obtenue par l'adhésion de nouvelles Parties à la Convention du Mètre.

Tel qu'il y était invité par la Résolution 6 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007), le CIPM, à sa 98^e session, a établi des critères permettant d'examiner des demandes d'association de la part d'entités économiques et propose que la Résolution 3 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion (1999) soit amendée afin d'établir clairement que seules des entités territoriales peuvent accéder au statut d'entité économique Associée et ce, seulement après que la CGPM a examiné si leur participation est bénéfique au renforcement du système de mesure mondial. En outre, le CIPM recommande que la CGPM décide de la situation de CARICOM, l'organisation intergouvernementale actuellement Associée.

La CGPM est donc invitée à adopter la Résolution suivante.

- **Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale**

Projet de résolution E

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- la Résolution 3 adoptée par la CGPM à sa 21^e réunion (1999), créant le statut d'Associé à la CGPM ouvert aux « États et entités économiques » afin de promouvoir leur participation au système de mesure mondial,
- la Résolution 6 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007), considérant le souhait que soient établis des critères permettant l'examen des demandes d'entités économiques à devenir Associées,

décide que

- le statut d'entité économique Associée n'est pas acquis automatiquement mais accordé par la CGPM, à l'unanimité, au cas par cas,
- la décision de la CGPM d'accorder le statut d'entité économique Associée sera fondée sur les critères suivants :
 - une entité économique Associée doit être une entité territoriale,
 - l'entité territoriale doit posséder son propre laboratoire de métrologie sur son territoire,
 - la participation de l'entité territoriale aux activités du Bureau international des poids et mesures (BIPM) doit être considérée comme bénéfique au renforcement du système de mesure mondial,
- la souscription annuelle de ces entités économiques Associées sera déterminée par la CGPM,

- les organisations intergouvernementales ne sont pas considérées comme « entités territoriales »,
- CARICOM, l'organisation intergouvernementale régionale actuellement Associée à la Conférence générale, a acquis le statut d'entité économique Associée à la CGPM préalablement à l'adoption des critères susmentionnés et peut continuer à bénéficier de ce statut bien que ne remplissant pas lesdits critères,

invite les États membres de CARICOM à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir États Associés à la CGPM.

16 Sur l'exclusion des États Parties à la Convention du Mètre ayant des contributions arriérées depuis plus de six années

16.1 Sur l'exclusion de la République du Cameroun

L'une des obligations principales d'un État Membre d'une organisation intergouvernementale est de respecter ses obligations financières. En effet, l'article 9 de la Convention du Mètre prévoit que les dépenses annuelles d'entretien du Bureau international des poids et mesures seront couvertes par des contributions des États Parties à la Convention du Mètre. L'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre prévoit un mécanisme de répartition de la contribution d'un État demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution. L'alinéa 7 dudit article prévoit également une suspension des avantages et prérogatives conférés audit État par l'adhésion à la Convention du Mètre. Cette disposition est appliquée à la République du Cameroun, qui a adhéré à la Convention du Mètre en 1970, depuis 1992.

Cette importante et unique procédure permet au BIPM de continuer à remplir sa mission si un État Partie à la Convention du Mètre n'acquiesce pas sa contribution durant plus de trois années.

L'alinéa 8 de l'article 6 du Règlement précise qu'après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'Article 20 du Règlement.

La Conférence générale des poids et mesures à sa 23^e réunion (2007), a adopté la Résolution 8 relative aux contributions arriérées établissant le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion. Le Comité international des poids et mesures a, par Note verbale du 26 février 2010, et conformément à ladite Résolution, adressé à la République du Cameroun une notification officielle l'invitant à exécuter ses obligations financières et lui rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion. Il a été fait rappel de cette notification par Note verbale du 10 juin 2010. Au vu de la persistance de la République du Cameroun à ne pas exécuter ses obligations financières, dont les arriérés s'élèvent à une somme totale de 626 474,02 euros en 2010 répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre, malgré un accord de rééchelonnement conclu en 1999 avec le CIPM mais dont elle n'a plus respecté les termes depuis 2001, le CIPM recommande à la CGPM de prendre une décision quant à l'exclusion de la République du Cameroun, conformément à l'article 6 alinéa 8 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, pour non respect de ses obligations financières depuis plus de six ans.

- **Sur l'exclusion de la République du Cameroun**

Projet de résolution F1

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant

- l'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, selon lequel :

« 6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement. »

- la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) définissant le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion,

considérant

- l'absolue nécessité que les contributions des États Parties à la Convention du Mètre soient acquittées régulièrement et en temps et en heure pour permettre au Bureau international des poids et mesures (BIPM) de remplir sa mission et d'éviter des difficultés financières pesant sur le fonctionnement quotidien du BIPM,
- les contributions arriérées de la République du Cameroun représentant, en 2010, 14 années de contributions constituant des avances faites à la République du Cameroun depuis 1997 par les autres États Parties à la Convention du Mètre en application de l'article 6 alinéa 6 de la Convention du Mètre,
- les invitations régulières faites depuis de très nombreuses années par le BIPM à la République du Cameroun à exécuter ses obligations financières,
- la notification officielle du 26 février 2010 faite par le Comité international des poids et mesures (CIPM) invitant la République du Cameroun à exécuter ses obligations financières et lui rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion,
- la persistance de la République du Cameroun à ne pas exécuter ses obligations financières, malgré un accord de rééchelonnement conclu en 1999 avec le CIPM,

décide que

- la République du Cameroun est exclue à compter du XX/XX/XXXX,

rappelle que

- en application de la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007), la République du Cameroun ne pourra de nouveau adhérer à la Convention du Mètre que si le reliquat de ses contributions arriérées a été acquitté,
- conformément à l'article 11 de la Convention du Mètre, la République du Cameroun, si elle souhaite de nouveau adhérer à la Convention du Mètre, devra acquitter une contribution d'entrée dont le montant est égal à sa première contribution annuelle lors de sa nouvelle adhésion.

16.2 Sur l'exclusion de la République dominicaine

L'une des obligations principales d'un État Membre d'une organisation intergouvernementale est de respecter ses obligations financières. En effet, l'article 9 de la Convention du Mètre prévoit que les dépenses annuelles d'entretien du Bureau international des poids et mesures seront couvertes par des contributions des États Parties à la Convention du Mètre. L'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre prévoit un mécanisme de répartition de la contribution d'un État demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution. L'alinéa 7 dudit article prévoit également une suspension des avantages et prérogatives conférés audit État par l'adhésion à la Convention du Mètre. Cette disposition est appliquée à la République dominicaine, qui a adhéré à la Convention du Mètre en 1954, depuis 1966.

Cette importante et unique procédure permet au BIPM de continuer à remplir sa mission si un État Partie à la Convention du Mètre n'acquiesce pas sa contribution durant plus de trois années.

L'alinéa 8 de l'article 6 du Règlement précise qu'après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'Article 20 du Règlement.

La Conférence générale des poids et mesures à sa 23^e réunion (2007), a adopté la Résolution 8 relative aux contributions arriérées établissant le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion. Le Comité international des poids et mesures a, par Note verbale du 26 février 2010, et conformément à ladite Résolution, adressé à la République dominicaine une notification officielle l'invitant à exécuter ses obligations financières et lui rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion. Au vu de la persistance de la République dominicaine à ne pas exécuter ses obligations financières, dont les arriérés s'élèvent à 1 096 990,47 euros en 2010, 1 087 762,09 euros desquels ont été répartis entre les autres États Parties à la Convention du Mètre, le CIPM recommande à la CGPM de prendre une décision quant à l'exclusion de la République dominicaine, conformément à l'article 6 alinéa 8 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, pour non respect de ses obligations financières depuis plus de six ans.

- **Sur l'exclusion de la République dominicaine**

Projet de résolution F2

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant

- l'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, selon lequel :

« 6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement. »

- la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) définissant le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion,

considérant

- l'absolue nécessité que les contributions des États Parties à la Convention du Mètre soient acquittées régulièrement et en temps et en heure pour permettre au Bureau international des poids et mesures (BIPM) de remplir sa mission et d'éviter des difficultés financières pesant sur le fonctionnement quotidien du BIPM,
- les contributions arriérées de la République dominicaine représentant, en 2010, 49 années de contributions, ainsi que les avances faites à la République dominicaine depuis 1966 par les autres États Parties à la Convention du Mètre en application de l'article 6 alinéa 6 de la Convention du Mètre,
- les invitations régulières faites depuis de très nombreuses années par le BIPM à la République dominicaine à exécuter ses obligations financières,
- la notification officielle du 26 février 2010 faite par le Comité international des poids et mesures (CIPM) invitant la République dominicaine à exécuter ses obligations financières et lui rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion,
- la persistance de la République dominicaine à ne pas exécuter ses obligations financières,

décide que

- la République dominicaine est exclue à compter du XX/XX/XXXX,

rappelle que

- en application de la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007), la République dominicaine ne pourra de nouveau adhérer à la Convention du Mètre que si le reliquat de ses contributions arriérées a été acquitté,
- conformément à l'article 11 de la Convention du Mètre, la République dominicaine, si elle souhaite de nouveau adhérer à la Convention du Mètre, devra acquitter une contribution d'entrée dont le montant est égal à sa première contribution annuelle lors de sa nouvelle adhésion.

16.3 Sur l'exclusion de la République islamique d'Iran

L'une des obligations principales d'un État Membre d'une organisation intergouvernementale est de respecter ses obligations financières. En effet, l'article 9 de la Convention du Mètre prévoit que les dépenses annuelles d'entretien du Bureau international des poids et mesures seront couvertes par des contributions des États Parties à la Convention du Mètre. L'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre prévoit un mécanisme de répartition de la contribution d'un État demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution. L'alinéa 7 dudit article prévoit également une suspension des avantages et prérogatives conférés audit État par l'adhésion à la Convention du Mètre. Cette disposition est appliquée à la République islamique d'Iran, qui a adhéré à la Convention du Mètre en 1975, depuis 1980.

Cette importante et unique procédure permet au BIPM de continuer à remplir sa mission si un État Partie à la Convention du Mètre n'acquiesce pas sa contribution durant plus de trois années.

L'alinéa 8 de l'article 6 du Règlement précise qu'après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'Article 20 du Règlement.

La Conférence générale des poids et mesures à sa 23^e réunion (2007), a adopté la Résolution 8 relative aux contributions arriérées établissant le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion. Le Comité international des poids et mesures a, par Note verbale du 26 février 2010, et conformément à ladite Résolution, adressé à la République islamique d'Iran une notification officielle l'invitant à exécuter ses obligations financières et lui rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion. Il a été fait rappel de cette notification par Notes verbales des 29 juin, 15 septembre et 13 octobre 2010. Au vu de la persistance de la République islamique d'Iran à ne pas exécuter ses obligations financières, dont les arriérés s'élèvent à 1 392 641,07 euros en 2010, 1 354 063,95 euros desquels ont été répartis entre les autres États Parties à la Convention du Mètre, le CIPM recommande à la CGPM de prendre une décision quant à l'exclusion de la République islamique d'Iran, conformément à l'article 6 alinéa 8 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, pour non respect de ses obligations financières depuis plus de six ans.

- **Sur l'exclusion de la République islamique d'Iran**

Projet de résolution F3

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant

- l'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, selon lequel :

« 6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement. »

- la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) définissant le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion,

considérant

- l'absolue nécessité que les contributions des États Parties à la Convention du Mètre soient acquittées régulièrement et en temps et en heure pour permettre au Bureau international des poids et mesures (BIPM) de remplir sa mission et d'éviter des difficultés financières pesant sur le fonctionnement quotidien du BIPM,
- les contributions arriérées de la République islamique d'Iran représentant, en 2010, 35 années de contributions, ainsi que les avances faites à la République islamique d'Iran depuis 1980 par les autres États Parties à la Convention du Mètre en application de l'article 6 alinéa 6 de la Convention du Mètre,
- les invitations régulières faites depuis de très nombreuses années par le BIPM à la République islamique d'Iran à exécuter ses obligations financières,
- la notification officielle du 26 février 2010 faite par le Comité international des poids et mesures (CIPM) invitant la République islamique d'Iran à exécuter ses obligations financières et lui rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion,
- la persistance de la République islamique d'Iran à ne pas exécuter ses obligations financières,

décide que

- la République islamique d'Iran est exclue à compter du XX/XX/XXXX,

rappelle que

- en application de la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007), la République islamique d’Iran ne pourra de nouveau adhérer à la Convention du Mètre que si le reliquat de ses contributions arriérées a été acquitté,
- conformément à l’article 11 de la Convention du Mètre, la République islamique d’Iran, si elle souhaite de nouveau adhérer à la Convention du Mètre, devra acquitter une contribution d’entrée dont le montant est égal à sa première contribution annuelle lors de sa nouvelle adhésion.

16.4 Sur l’exclusion de la République populaire démocratique de Corée

L’une des obligations principales d’un État Membre d’une organisation intergouvernementale est de respecter ses obligations financières. En effet, l’article 9 de la Convention du Mètre prévoit que les dépenses annuelles d’entretien du Bureau international des poids et mesures seront couvertes par des contributions des États Parties à la Convention du Mètre. L’article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre prévoit un mécanisme de répartition de la contribution d’un État demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution. L’alinéa 7 dudit article prévoit également une suspension des avantages et prérogatives conférés audit État par l’adhésion à la Convention du Mètre. Cette disposition est appliquée à la République populaire démocratique de Corée, qui a adhéré à la Convention du Mètre en 1982, depuis 1993.

Cette importante et unique procédure permet au BIPM de continuer à remplir sa mission si un État Partie à la Convention du Mètre n’acquiesce pas sa contribution durant plus de trois années.

L’alinéa 8 de l’article 6 du Règlement précise qu’après trois nouvelles années, l’État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l’Article 20 du Règlement.

La Conférence générale des poids et mesures, à sa 23^e réunion (2007), a adopté la Résolution 8 relative aux contributions arriérées établissant le mécanisme d’adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l’exclusion. Le Comité international des poids et mesures a, par Note verbale du 26 février 2010, et conformément à ladite Résolution, adressé à la République populaire démocratique de Corée une notification officielle l’invitant à exécuter ses obligations financières et lui rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l’exclusion. Il a été fait rappel de cette notification par Notes verbales des 29 juin et 15 septembre 2010. Au vu de la persistance de la République populaire démocratique de Corée à ne pas exécuter ses obligations financières, dont les arriérés s’élèvent à 866 584,15 euros en 2010, 768 123,12 euros desquels ont été répartis entre les autres États Parties à la Convention du Mètre, le CIPM recommande à la CGPM de prendre une décision quant à l’exclusion de la République populaire démocratique de Corée, conformément à l’article 6 alinéa 8 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, pour non respect de ses obligations financières depuis plus de six ans.

- **Sur l'exclusion de la République populaire démocratique de Corée**

Projet de résolution F4

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant

- l'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, selon lequel :

« 6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement. »

- la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) définissant le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion,

considérant

- l'absolue nécessité que les contributions des États Parties à la Convention du Mètre soient acquittées régulièrement et en temps et en heure pour permettre au Bureau international des poids et mesures (BIPM) de remplir sa mission et d'éviter des difficultés financières pesant sur le fonctionnement quotidien du BIPM,
- les contributions arriérées de la République populaire démocratique de Corée représentant, en 2010, 22 années de contributions, ainsi que les avances faites à la République populaire démocratique de Corée depuis 1993 par les autres États Parties à la Convention du Mètre en application de l'article 6 alinéa 6 de la Convention du Mètre,
- les invitations régulières faites depuis de très nombreuses années par le BIPM à la République populaire démocratique de Corée à exécuter ses obligations financières,
- la notification officielle du 26 février 2010 faite par le Comité international des poids et mesures (CIPM) invitant la République populaire démocratique de Corée à exécuter ses obligations financières et lui rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion,
- la persistance de la République populaire démocratique de Corée à ne pas exécuter ses obligations financières,

décide que

- la République populaire démocratique de Corée est exclue à compter du XX/XX/XXXX,

rappelle que

- en application de la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007), la République populaire démocratique de Corée ne pourra de nouveau adhérer à la Convention du Mètre que si le reliquat de ses contributions arriérées a été acquitté,
- conformément à l'article 11 de la Convention du Mètre, la République populaire démocratique de Corée, si elle souhaite de nouveau adhérer à la Convention du Mètre, devra acquitter une contribution d'entrée dont le montant est égal à sa première contribution annuelle lors de sa nouvelle adhésion.

17 Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées

La Conférence générale des poids et mesures, à sa 23^e réunion (2007), a adopté la Résolution 8 relatives aux contributions arriérées qui définit le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion. La CGPM a, en particulier, prévu la possibilité pour le Comité international des poids et mesures de conclure un accord de rééchelonnement avec un État débiteur pour le paiement de ses contributions arriérées.

La conclusion par le CIPM de tels accords de rééchelonnement a des conséquences institutionnelles, financières et budgétaires pour le Bureau international des poids et mesures et pour les États Parties à la Convention du Mètre qui doivent être définies.

Conformément à l'article 6 alinéa 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, si un État est demeuré trois années sans s'acquitter de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre : les sommes ainsi versées sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire. De plus, les avantages et prérogatives dudit État sont suspendus.

Un accord de rééchelonnement inclut le règlement par l'État débiteur de ses contributions arriérées selon des échéances convenues, ainsi que le paiement de sa contribution annuelle. Dès lors que le CIPM conclut un accord de rééchelonnement avec un État débiteur, il est proposé que les dispositions de l'article 6 alinéa 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre ne s'appliquent plus et que la contribution annuelle de cet État ne soit plus répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre à compter de l'année suivant la conclusion de l'accord de rééchelonnement.

Lorsqu'un État débiteur conclut un accord de rééchelonnement avec le CIPM, le CIPM propose que les avantages et prérogatives qui ont été conférés à cet État par son adhésion à la Convention du Mètre soient rétablis à part entière suite au règlement de la première échéance en vertu de l'accord de rééchelonnement, et maintenus sous réserve du respect des termes dudit accord par l'État concerné.

Enfin, si un État débiteur qui a conclu un accord de rééchelonnement avec le CIPM ne respecte pas les termes de cet accord, le CIPM propose que les avantages et prérogatives qui lui ont été conférés soient de nouveau suspendus, que sa contribution soit répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre, et qu'il en soit référé à la CGPM afin que celle-ci prenne une décision concernant l'exclusion de cet État.

La CGPM est ainsi invitée à adopter la Résolution suivante.

- **Sur les accords de rééchelonnement conclus entre le Comité international des poids et mesures et les États Parties à la Convention du Mètre débiteurs pour le paiement de leurs contributions arriérées**

Projet de résolution G

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

rappelant

- l'article 6, alinéas 6 à 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre, selon lequel :

« 6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement. »

- la Résolution 8 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion (2007) qui prévoit que, lorsqu'un État Partie à la Convention du Mètre ne s'est pas acquitté de six années de contributions, le Comité international des poids et mesures (CIPM) peut conclure un accord de rééchelonnement avec l'État débiteur pour le paiement de ses contributions arriérées,

considérant

- que la conclusion par le CIPM d'accords de rééchelonnement avec les États débiteurs a des conséquences institutionnelles, financières et budgétaires pour le BIPM et les autres États Parties à la Convention du Mètre,
- qu'il est nécessaire de définir les droits et obligations des États Parties à la Convention du Mètre ne s'étant pas acquittés de six années de contributions et ayant conclu un accord de rééchelonnement avec le CIPM,

décide que

- lorsqu'un État Partie à la Convention du Mètre ne s'est pas acquitté de six années de contributions mais que le CIPM a conclu un accord de rééchelonnement avec cet État débiteur, les contributions arriérées seront réglées conformément à l'accord de rééchelonnement en sus de sa contribution annuelle,
- une fois l'accord de rééchelonnement conclu avec le CIPM et la première échéance réglée conformément audit accord, l'État débiteur pourra à nouveau bénéficier des avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre,

- la contribution annuelle de l'État débiteur ne sera plus répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre à compter de l'année suivant l'entrée en vigueur de l'accord de rééchelonnement,
- si un État débiteur ne respecte pas les termes de l'accord de rééchelonnement, les avantages et prérogatives qui lui ont été conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre seront suspendus, sa contribution sera répartie entre les autres États Parties à la Convention du Mètre conformément aux dispositions de l'article 6 alinéa 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, et il en sera référé à la CGPM afin que celle-ci prenne une décision concernant l'exclusion de cet État.

18 Sur une Convention sur les privilèges et immunités du BIPM

L'accomplissement par le Bureau international des poids et mesures de sa mission scientifique universelle, au titre de la Convention du Mètre, suppose l'envoi de membres du personnel du BIPM en missions officielles dans le monde entier afin d'effectuer des comparaisons internationales et étalonnages et de participer à des réunions et conférences. À cette fin, les étalons et le matériel scientifique du BIPM font également l'objet de transport international.

Le BIPM et les membres de son personnel sont régulièrement confrontés à des difficultés pratiques relatives, en particulier, aux exigences de conformité aux dispositions nationales des États Parties à la Convention du Mètre sur le territoire desquels la mission se déroule ou le transport est effectué, en particulier en ce qui concerne l'entrée sur le territoire, les visas et les procédures en matière de sécurité. Certains membres du personnel du BIPM, selon leur nationalité, peuvent être confrontés à d'importantes contraintes administratives, indépendamment de leur statut de fonctionnaire international. Par ailleurs existe le risque que les étalons et l'équipement soient endommagés lors des contrôles administratifs et douaniers. Ces difficultés pratiques entraînent d'importants retards, voire l'annulation de comparaisons internationales et étalonnages, ce qui constitue un obstacle à l'exécution diligente par le BIPM de sa mission. En outre, l'accomplissement de sa mission par le BIPM est dans certains cas entravé, ce qui peut donner lieu à des coûts supplémentaires ou à l'impossibilité pour le BIPM d'être représenté à des réunions internationales dans lesquelles il incarne la métrologie internationale.

Le BIPM jouit de privilèges et immunités sur le territoire français en vertu de l'accord de siège du BIPM entre le Gouvernement de la République française et le Comité international des poids et mesures. Ces privilèges et immunités permettent au BIPM de remplir plus aisément sa mission sur le territoire français. Cependant, le BIPM ne jouit d'aucun privilège ni immunité sur le territoire des autres États Parties à la Convention du Mètre. Cette situation mène aux difficultés précitées.

Une approche plus systématique faciliterait l'accomplissement par le BIPM de sa mission, tel que requis par l'obligation des Parties à la Convention du Mètre d'exécuter ladite Convention de bonne foi. Ceci permettrait en outre une prévisibilité et une uniformité dans le traitement de ces questions par l'ensemble des États Parties à la Convention du Mètre. Une telle approche requerrait que les privilèges et immunités fonctionnels soient reconnus au BIPM, aux membres de son personnel et aux experts en mission officielle pour le BIPM par chaque État Partie à la Convention du Mètre sur son territoire. Une telle reconnaissance prendrait la forme d'une convention multilatérale sur les privilèges et immunités du BIPM, selon une procédure similaire

à celle suivie pour l'adoption de la Convention sur les privilèges et immunités des Nations Unies du 13 février 1946, soit l'adoption d'une résolution contenant une telle Convention multilatérale et l'invitation faite à chaque État Partie à la Convention du Mètre de la ratifier.

Lesdits privilèges et immunités incluent les dispositions suivantes :

- personnalité juridique et capacité,
- immunité de juridiction et d'exécution (avec quelques exceptions),
- inviolabilité des locaux, avoirs, archives et documents,
- dispositions en matière financière (fonds, devises, taxes, droits de douane, etc.),
- facilités de communications,
- privilèges et immunités des représentants des États Parties à la Convention du Mètre, des membres du personnel et experts en mission pour le BIPM.

Le CIPM propose par conséquent que la Conférence générale des poids et mesures adopte une résolution contenant une Convention multilatérale sur les privilèges et immunités du BIPM et qu'une fois cette Résolution adoptée, la CGPM invite chaque État Partie à la Convention du Mètre à la ratifier. Les États adhérant à la Convention du Mètre seraient également invités à ratifier cette Convention.

La CGPM est par conséquent invitée à adopter la Résolution suivante.

- **Sur une Convention sur les privilèges et immunités du BIPM**

Projet de résolution H

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- que les principes de libre consentement et de bonne foi, ainsi que la règle *pacta sunt servanda*, sont universellement reconnus comme des règles du droit international coutumier,
- que la mission du Bureau international des poids et mesures (BIPM) nécessite que les membres de son personnel puissent exercer leurs fonctions dans les États Parties à la Convention du Mètre autres que la France et que ceci inclut souvent le transport d'équipement et d'étalons au-delà des frontières nationales,
- que les voyages internationaux sont de plus en plus souvent soumis à des formalités strictes en matière de sécurité et de visas, ce qui génère un nombre croissant de difficultés et retards pour les membres du personnel du BIPM, et peut aussi endommager les étalons et l'équipement,
- que le BIPM et les membres de son personnel jouissent de privilèges et immunités sur le territoire français conformément à l'Accord de siège du BIPM conclu entre le Gouvernement de la République française et le CIPM en 1969 et amendé en 2008,

- que cet Accord s'applique uniquement au territoire français et qu'aucun autre accord n'existe pour les activités du BIPM et des membres de son personnel sur le territoire des autres États Parties à la Convention du Mètre,
- que, pour le bon accomplissement de sa mission telle que définie par la Convention du Mètre, acte constitutif, le BIPM doit jouir, sur le territoire de chacun des États Parties à la Convention du Mètre, des privilèges et immunités nécessaires à l'exécution de cette mission,

décide que

- les privilèges et immunités, tels que détaillés dans la Convention annexée à la présente Résolution, similaires à ceux contenus dans la Convention sur les privilèges et immunités des Nations Unies du 13 février 1946 applicables à l'ensemble des États Membres des Nations Unies, devraient être reconnus au BIPM,

invite tous les États Parties à la Convention du Mètre à ratifier cette Convention.

CONVENTION SUR LES PRIVILÈGES ET IMMUNITÉS DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

*adoptée par la Conférence générale des poids et mesures (CGPM)
le XX/XX/XXXX*

Considérant que le Bureau international des poids et mesures (BIPM), organisation intergouvernementale, a été établi par la Convention du Mètre le 20 mai 1875 ;

Considérant que la Convention du Mètre a confié au BIPM une mission scientifique à caractère universel ;

Considérant que les principes de libre consentement et de bonne foi, ainsi que la règle *pacta sunt servanda*, sont universellement reconnus comme règles du droit international coutumier ;

Considérant que l'accomplissement par le BIPM de sa mission telle que définie par la Convention du Mètre, acte constitutif, requiert que le BIPM jouisse, sur le territoire de chacun des États Parties à la Convention du Mètre, des privilèges et immunités qui lui sont nécessaires pour remplir cette mission et que les représentants des États Parties à la Convention du Mètre, les membres du personnel du BIPM et les experts en mission pour le BIPM jouissent également des privilèges et immunités qui leur sont nécessaires pour exercer en toute indépendance leurs fonctions en rapport avec le BIPM ;

En conséquence, par une résolution adoptée le XX/XX/XXXX, la CGPM a approuvé la Convention suivante et l'a proposée à l'adhésion de chacun des États Parties à la Convention du Mètre.

Section première

PERSONNALITÉ JURIDIQUE

Article 1. Les États Parties à la présente Convention reconnaissent que le BIPM possède la personnalité juridique et qu'il a la capacité :

- a) de contracter ;
- b) d'acquérir et de vendre des biens immobiliers et mobiliers ;
- c) d'ester en justice.

Section II

BIENS, FONDS ET AVOIRS

Article 2. Le BIPM, ses biens, fonds et avoirs, quels que soient leur siège et leur détenteur, jouissent de l'immunité de juridiction, sauf dans la mesure où le BIPM y a expressément renoncé, dans un cas particulier. Le BIPM a le devoir de lever cette immunité dans tous les cas où son maintien est susceptible d'entraver l'action de la justice et où elle peut être levée sans porter atteinte aux intérêts du BIPM. Il est toutefois entendu que la renonciation ne peut s'étendre à des mesures d'exécution.

Le BIPM bénéficie de l'immunité de juridiction et d'exécution sauf :

- en cas d'action civile intentée par un tiers pour les dommages résultant d'un accident causé par un véhicule à moteur appartenant au BIPM ou circulant pour son compte, ou en cas d'infraction à la réglementation de la circulation automobile impliquant un tel véhicule ;
- en cas d'exécution d'une sentence arbitrale rendue en application de dispositions conventionnelles ou contractuelles s'imposant au BIPM.

Article 3. Les locaux du BIPM, y compris les locaux utilisés par le BIPM pour la durée d'une réunion organisée par le BIPM, sont inviolables. Ses biens, fonds et avoirs, où qu'ils se trouvent et quel que soit leur détenteur, sont exempts de perquisition, réquisition, confiscation, expropriation, séquestre ou de toute autre forme de contrainte exécutive, administrative, judiciaire ou législative, sauf dans le cas où le nécessitent temporairement la prévention des accidents mettant en cause des véhicules à moteur appartenant au BIPM ou circulant pour le compte de celui-ci, et les enquêtes auxquelles peuvent donner lieu de tels accidents.

Article 4. Les archives du BIPM et tout autre matériel y compris les logiciels et documents écrits, documents stockés et toute information, et, d'une manière générale, tous les documents appartenant au BIPM ou détenus par lui, sont inviolables, où qu'ils se trouvent.

Article 5. Dans la mesure nécessaire à l'exécution de ses obligations et sans être astreint à aucun contrôle, réglementation ou moratoire financiers de quelque sorte :

- a) le BIPM peut détenir des fonds, de l'or ou des devises quelconques et avoir des comptes en n'importe quelle monnaie ;
- b) le BIPM peut transférer librement ses fonds, son or ou ses devises d'un pays dans un autre ou à l'intérieur d'un pays quelconque et convertir toutes devises détenues par lui en toute autre monnaie.

Article 6. Dans l'exercice des droits qui lui sont accordés en vertu de l'article 5 ci-dessus, le BIPM tiendra compte de toutes représentations du Gouvernement d'un État Partie à la présente Convention, dans la mesure où il estimera pouvoir y donner suite sans porter préjudice à ses propres intérêts.

Article 7. Dans le cadre de ses activités officielles, le BIPM, ses avoirs, revenus et autres biens sont :

- a) exonérés de tout impôt direct ; il demeure entendu, toutefois, que le BIPM ne demandera pas l'exonération d'impôts qui ne seraient pas en excès de la simple rémunération de services d'utilité publique ;

b) exonérés de tous droits de douane et prohibitions et restrictions d'importation ou d'exportation à l'égard de mobilier, fournitures et équipement importés ou exportés par le BIPM pour son usage officiel. Il est entendu, toutefois, que lesdits mobilier, fournitures et équipement ainsi importés en franchise ne seront pas vendus sur le territoire de l'État dans lequel ils auront été introduits, à moins que ce ne soit à des conditions agréées par le Gouvernement de cet État ;

c) exonérés de tout droit de douane et de toutes prohibitions et restrictions d'importation et d'exportation à l'égard de ses publications, et de toute taxe et imposition concernant la vente de ses publications ou d'autres biens produits par lui ou services fournis par lui.

Article 8. Bien que le BIPM ne revendique pas, en principe, l'exonération des droits d'accise et des taxes à la vente entrant dans le prix des biens mobiliers ou immobiliers, cependant, quand il effectue pour son usage officiel des achats importants dont le prix comprend des droits et taxes de cette nature, les États Parties à la présente Convention prendront, chaque fois qu'il leur sera possible, les dispositions administratives appropriées en vue de la remise ou du remboursement du montant de ces droits et taxes.

Pour l'application de la présente Section, les activités officielles du BIPM comprennent ses activités administratives et les activités entreprises conformément à la mission du BIPM telle qu'elle est définie dans la Convention du Mètre. La mesure dans laquelle les autres activités peuvent être considérées comme faisant partie des activités officielles du BIPM est déterminée dans chaque cas par le CIPM après consultation des autorités compétentes des États intéressés.

Section III

FACILITÉS DE COMMUNICATIONS

Article 9. Le BIPM bénéficiera, sur le territoire de chaque État Partie à la présente Convention, pour ses communications officielles, d'un traitement au moins aussi favorable que le traitement accordé par lui à tout autre gouvernement, y compris sa mission diplomatique, en ce qui concerne les priorités, tarifs et taxes sur le courrier, les câblogrammes, télégrammes, radio-télégrammes, téléphotos, communications téléphoniques et autres communications, ainsi que sur les tarifs de presse pour les informations à la presse et la radio. La correspondance officielle et les autres communications officielles du BIPM ne pourront être censurées.

La circulation des publications et d'autres matériels d'information expédiés par le BIPM ou à celui-ci n'est soumise à aucune restriction.

Article 10. Le BIPM aura le droit d'employer des codes ainsi que d'expédier et de recevoir sa correspondance par des courriers ou valises qui jouiront des mêmes privilèges et immunités que les courriers et valises diplomatiques.

Section IV

REPRÉSENTANTS DES ÉTATS PARTIES À LA PRÉSENTE CONVENTION

Article 11. Les représentants des États Parties à la présente Convention aux réunions de la CGPM et aux conférences convoquées par le BIPM jouissent, durant l'exercice de leurs fonctions et au cours

des voyages à destination ou en provenance du lieu de la réunion, des privilèges et immunités suivants :

a) immunité d'arrestation personnelle ou de détention et de saisie de leurs bagages personnels et, en ce qui concerne les actes accomplis par eux en leur qualité de représentants (y compris leurs paroles et écrits), immunité de toute juridiction ; cette immunité ne joue cependant pas dans le cas d'infraction à la réglementation de la circulation des véhicules à moteur commise par un représentant d'un État Partie à la présente Convention ou de dommage causé par un véhicule à moteur lui appartenant ou conduit par lui ;

b) inviolabilité de tous papiers et documents ;

c) droit de faire usage de codes et de recevoir des documents ou de la correspondance par courrier ou par valises scellées ;

d) exemption pour eux-mêmes et pour leurs conjoints à l'égard de toutes mesures restrictives relatives à l'immigration, de toutes formalités d'enregistrement des étrangers, et de toutes obligations de service national dans les pays visités ou traversés par eux dans l'exercice de leurs fonctions ;

e) les mêmes facilités en ce qui concerne les réglementations monétaires ou de change que celles accordées aux représentants de gouvernements étrangers en mission officielle temporaire ;

f) les mêmes immunités et facilités en ce qui concerne leurs bagages personnels que celles accordées aux agents diplomatiques ; et également

g) tels autres privilèges, immunités et facilités non incompatibles avec ce qui précède dont jouissent les agents diplomatiques, sauf le droit de réclamer l'exemption des droits de douane sur des objets importés (autres que ceux qui font partie de leurs bagages personnels) ou de droits d'accise ou de taxes à la vente.

Article 12. En vue d'assurer aux représentants des États Parties à la présente Convention aux réunions de la CGPM et aux conférences convoquées par le BIPM une complète liberté de parole et une complète indépendance dans l'accomplissement de leurs fonctions, l'immunité de juridiction en ce qui concerne les paroles ou les écrits ou les actes émanant d'eux dans l'accomplissement de leurs fonctions continuera à leur être accordée, même après que ces personnes auront cessé d'être les représentants des États Parties à la présente Convention.

Article 13. Dans le cas où l'incidence d'un impôt quelconque est subordonnée à la résidence de l'assujéti, les périodes, pendant lesquelles les représentants des États Parties à la présente Convention aux réunions de la CGPM et aux conférences convoquées par le BIPM se trouveront sur le territoire d'un État Partie à la présente Convention pour l'exercice de leurs fonctions, ne seront pas considérées comme des périodes de résidence.

Article 14. Les privilèges et immunités sont accordés aux représentants des États Parties à la présente Convention non à leur avantage personnel, mais dans le but d'assurer en toute indépendance l'exercice de leurs fonctions en rapport avec le BIPM. Par conséquent, un État Partie à la présente Convention a non seulement le droit, mais le devoir de lever l'immunité de son représentant dans tous les cas où, à son avis, l'immunité empêcherait que justice soit faite et où elle peut être levée sans nuire au but pour lequel l'immunité est accordée.

Article 15. Les dispositions des articles 11, 12 et 13 ne sont pas applicables dans le cas d'un représentant vis-à-vis des autorités de l'État dont il est ressortissant ou dont il est ou a été le représentant.

Article 16. Aux fins du présent article, le terme « représentants » est considéré comme comprenant tous les délégués adjoints, conseillers, experts techniques et secrétaires de délégation.

Section V

MEMBRES DU PERSONNEL

Article 17. Les membres du personnel du BIPM :

a) jouiront de l'immunité de juridiction pour les actes accomplis par eux en leur qualité officielle (y compris leurs paroles et écrits) ; cette immunité ne joue cependant pas dans le cas d'infraction à la réglementation de la circulation des véhicules à moteur commise par un membre du personnel du BIPM ou de dommage causé par un véhicule à moteur lui appartenant ou conduit par lui ; cette immunité continuera à leur être accordée, même après que ces personnes auront cessé d'être membres du personnel ;

b) seront exonérés de tout impôt sur les traitements et émoluments versés par le BIPM ;

c) seront exempts de toute obligation relative au service national ;

d) ne seront pas soumis, non plus que leurs conjoints et les membres de leur famille vivant à leur charge, aux dispositions limitant l'immigration et aux formalités d'enregistrement des étrangers ;

e) jouiront, en ce qui concerne les facilités de change, des mêmes privilèges que les fonctionnaires d'un rang comparable appartenant aux missions diplomatiques accréditées auprès du Gouvernement intéressé ;

f) jouiront, ainsi que leurs conjoints et les membres de leur famille vivant à leur charge, des mêmes facilités de rapatriement que les envoyés diplomatiques en période de crise internationale.

Article 18. Outre les privilèges et immunités prévus à l'article 17, le directeur et le sous-directeur du BIPM et, en cas de vacance, la personne nommée pour agir en lieu et place, tant en ce qui concerne qu'en ce qui concerne leurs conjoints et enfants à leur charge, jouiront des privilèges, immunités, exemptions et facilités, accordés, conformément au droit international, aux envoyés diplomatiques.

Article 19. Les privilèges et immunités sont accordés aux membres du personnel uniquement dans l'intérêt du BIPM et non à leur avantage personnel. Le directeur pourra et devra lever l'immunité accordée à un membre du personnel dans tous les cas où, à son avis, cette immunité empêcherait que justice soit faite et où elle peut être levée sans porter préjudice aux intérêts du BIPM. À l'égard du directeur, le CIPM a qualité pour prononcer la levée des immunités.

Article 20. Le BIPM collaborera, en tout temps, avec les autorités compétentes des États Parties à la présente Convention en vue de faciliter la bonne administration de la justice, d'assurer l'observation des règlements de police et d'éviter tout abus auquel pourraient donner lieu les privilèges, immunités et facilités énumérés dans la présente Section.

Section VI

EXPERTS EN MISSIONS POUR LE BIPM

Article 21. Les experts (autres que les membres du personnel visés à la Section V) lorsqu'ils exercent des fonctions confiées par le BIPM ou lorsqu'ils accomplissent des missions pour le BIPM, jouissent, pendant la durée de cette mission, y compris le temps du voyage, des privilèges et immunités nécessaires pour exercer leurs fonctions en toute indépendance. Ils jouissent en particulier des privilèges et immunités suivants :

- a) immunité d'arrestation personnelle ou de détention et de saisie de leurs bagages personnels ;
- b) immunité de toute juridiction en ce qui concerne les actes accomplis par eux au cours de leurs missions (y compris leurs paroles et écrits). Cette immunité de juridiction continuera à leur être accordée même après que ces personnes auront cessé de remplir des missions pour le BIPM ; cette immunité ne joue pas dans le cas d'infraction à la réglementation de la circulation des véhicules à moteur commise par un expert ou de dommage causé par un véhicule à moteur lui appartenant ou conduit par lui ;
- c) inviolabilité de tous papiers et documents ;
- d) droit de faire usage de codes et de recevoir des documents et de la correspondance par courrier ou par valises scellées, pour leurs communications avec le BIPM ;
- e) les mêmes facilités en ce qui concerne les réglementations monétaires ou de change que celles qui sont accordées aux représentants des gouvernements étrangers en mission officielle temporaire ;
- f) les mêmes immunités et facilités en ce qui concerne leurs bagages personnels que celles qui sont accordées aux agents diplomatiques.

Article 22. Les privilèges et immunités sont accordés aux experts dans l'intérêt du BIPM et non à leur avantage personnel. Le directeur du BIPM pourra et devra lever l'immunité accordée à un expert dans tous les cas où, à son avis, cette immunité empêcherait que justice soit faite et où elle peut être levée sans porter préjudice aux intérêts du BIPM.

Section VII

CERTIFICAT DE VOYAGE ÉTABLI PAR LE BIPM ET FACILITÉS DE TRANSPORT

Article 23. Le BIPM pourra délivrer à ses membres du personnel ou aux experts exerçant des fonctions confiées par le BIPM ou en mission pour le BIPM, des certificats attestant qu'ils voyagent pour le compte du BIPM. Les demandes de visas (lorsque des visas sont nécessaires) émanant des titulaires de ces certificats devront être examinées dans le plus bref délai possible. En outre, des facilités de voyage rapide seront accordées aux titulaires de ces certificats.

Article 24. Les formalités administratives et douanières relatives aux étalons nationaux, équipement scientifique et tout autre matériel utilisé pour l'accomplissement par le BIPM de sa mission, devront également être examinées dans le plus bref délai possible.

Section VIII

RÈGLEMENT DES DIFFÉRENDS

Article 25. Le BIPM devra prévoir des modes de règlement appropriés pour :

a) les différends en matière de contrats ou autres différends de droit privé dans lesquels le BIPM serait partie ;

b) les différends dans lesquels serait impliqué un membre du personnel du BIPM qui, du fait de ses fonctions, jouit de l'immunité, si celle-ci n'a pas été levée par le directeur du BIPM.

Article 26. Tout différend portant sur l'interprétation ou l'application de la présente Convention devra faire l'objet d'une tentative de règlement amiable par les parties à ce différend. Si un règlement amiable ne peut être trouvé dans les 15 (quinze) jours suivant due notification par une Partie à une autre, le différend sera, sur la demande de toute partie au différend, soumis à arbitrage. À moins que, dans un cas donné, les parties n'en disposent autrement, la procédure d'arbitrage est conduite comme suit.

Le tribunal d'arbitrage est composé de trois membres. Chaque partie au différend désigne un arbitre dans les 15 (quinze) jours suivant la fin du délai de négociation amiable, les deux premiers arbitres désignent, dans les 15 (quinze) jours suivant la dernière nomination des arbitres par les Parties, le troisième arbitre qui assure la présidence du tribunal d'arbitrage. Le tribunal d'arbitrage rendra sa sentence dans les 60 (soixante) jours suivant la nomination du président du tribunal arbitral. Le tribunal arbitral se prononcera en appliquant les dispositions de la présente Convention et, le cas échéant, le droit international général. L'arbitrage se déroulera à Paris (France) en langue française. Les frais, dépens et débours de l'arbitrage seront intégralement supportés par la partie défaillante. La sentence du tribunal arbitral sera définitive et sans appel.

Les États Parties à la présente Convention ou le BIPM, lorsqu'ils ne sont pas Parties à un différend, peuvent intervenir dans l'instance avec l'accord du tribunal arbitral si celui-ci estime qu'ils ont un intérêt substantiel au règlement du différend. Le tribunal arbitral fixe lui-même ses règles de procédure. La sentence du tribunal arbitral est rendue à la majorité de ses membres, qui ne peuvent s'abstenir de voter. Les parties se conforment sans délai à la sentence. En cas de contestation sur son sens et sa portée, le tribunal arbitral l'interprète sur demande d'une des parties au différend.

Article 27. Tout État Partie à la présente Convention peut soumettre au tribunal arbitral tout différend concernant :

- un dommage causé par le BIPM ;
- toute autre responsabilité non-contractuelle du BIPM ;
- le directeur, un membre du personnel ou un expert et pour lequel l'intéressé bénéficie d'une immunité au titre de la présente Convention, auquel cas la responsabilité du BIPM se substitue à celle de l'intéressé aux fins de l'arbitrage.

Section finale

DISPOSITIONS GÉNÉRALES

Article 28. La présente Convention est soumise pour adhésion à tous les États Parties à la Convention du Mètre.

Article 29. L'adhésion s'effectuera par le dépôt d'un instrument auprès du Gouvernement de la République française, et la Convention entrera en vigueur à l'égard de chaque État, à la date du dépôt par cet État de son instrument d'adhésion.

Article 30. Le Gouvernement de la République française informera tous les États Parties à la présente Convention du dépôt de chaque adhésion.

Article 31. Il est entendu que lorsqu'un instrument d'adhésion est déposé par un État, celui-ci doit être en mesure d'appliquer, en vertu de son propre droit, les dispositions de la présente Convention.

Article 32. La présente Convention restera en vigueur entre le BIPM et tout État qui aura déposé son instrument d'adhésion, tant que cet État sera Partie à la Convention du Mètre ou jusqu'à ce qu'une Convention générale révisée ait été approuvée par la CGPM et que ledit État soit devenu Partie à cette dernière Convention.

Article 33. Le président du CIPM pourra conclure, avec un ou plusieurs États Parties à la présente Convention des accords additionnels, aménageant, en ce qui concerne cet État ou ces États, les dispositions de la présente Convention. Ces accords additionnels seront dans chaque cas soumis à l'approbation de la CGPM.

Article 34. Le texte de la présente Convention est adopté en français et anglais. En cas d'interprétation de la présente Convention, la version française fait foi.

19 Rapports des présidents des Comités consultatifs

Comme de coutume lors des réunions de la Conférence générale des poids et mesures, les présidents des dix Comités consultatifs du CIPM présenteront leur rapport à la CGPM. Durant la réunion, chaque président soulignera les principaux éléments des activités de son comité depuis la 23^e réunion de la CGPM et attirera l'attention des délégués sur les orientations et questions qu'il faut avoir à l'esprit pour les activités à venir. Ils présenteront aussi à la CGPM les projets de résolutions les concernant.

Néanmoins, il subsiste un certain nombre de points communs qui caractérisent les activités de tous les Comités consultatifs, notamment :

- une préoccupation continue et substantielle concernant les activités techniques qui étayent l'Arrangement du CIPM. À l'exception du Comité consultatif des unités, tous les comités ont établi des groupes de travail spécifiques chargés d'élaborer une description technique des services offerts par les laboratoires nationaux de métrologie sur lesquels les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages sont fondées. Un certain nombre de comités ont créé des groupes de travail pour l'examen inter-régional de ces aptitudes. Les Comités consultatifs sont aussi responsables de l'examen et de l'approbation des rapports des comparaisons clés, avant leur publication dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés ;
- la stratégie des Comités consultatifs. Les présidents des Comités consultatifs ont, à la demande du CIPM, établi des groupes de travail sur la stratégie. Leur objectif est d'étudier les principaux défis auxquels est confrontée la métrologie dans leur domaine d'activité et de proposer des solutions appropriées qui seront mises en œuvre par les Comités consultatifs eux-mêmes, le BIPM dans son programme de travail ou les laboratoires nationaux de métrologie, par le biais d'activités individuelles ou de projets coordonnés ;
- en vue de la redéfinition éventuelle de certaines unités de base du SI, l'établissement de groupes de travail spécifiques sur la définition et la réalisation pratique de l'unité dont le Comité consultatif est responsable. Ces groupes offrent des conseils précieux sur l'impact des nouvelles définitions dans leur domaine et aident à préparer des propositions sur la mise en pratique de la définition révisée de l'unité qui les concerne ;
- l'activité croissante des Comités consultatifs pour établir des collaborations et des représentations croisées avec un certain nombre d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux aux intérêts complémentaires. Des collaborations de longue date ont été établies avec des organisations telles que l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), la Commission internationale de l'éclairage (CIE), le Service international de la rotation terrestre (IERS) et l'Union astronomique internationale (UAI). Les Comités consultatifs ont établi plus récemment des partenariats solides avec, entre autres, l'Organisation mondiale de la santé (OMS), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et la Commission du Codex Alimentarius, l'Agence mondiale antidopage (AMA). Dans de nombreux cas, ces relations ont été officialisées par des protocoles d'accord ou des lettres de coopération approuvés par le CIPM. Cette tendance est en accord avec les discussions qui ont eu lieu durant la 23^e réunion de la CGPM à propos de l'importance des activités de collaboration et de coordination internationales ;
- le lieu d'échange d'informations sur les activités des laboratoires nationaux de métrologie offert par la majorité des Comités consultatifs. Cet échange peut intervenir en inscrivant ce

point à l'ordre du jour d'une réunion d'un Comité consultatif, ou par des rapports et documents de travail placés sur la page du site internet du BIPM dédiée au Comité consultatif. Dans certains cas, ces discussions ont abouti à des collaborations spécifiques entre des laboratoires nationaux de métrologie ; et

- l'organisation d'ateliers et d'événements similaires par un nombre croissant de Comités consultatifs afin de discuter des progrès techniques et d'aider au transfert de technologie et de connaissances entre les laboratoires nationaux de métrologie ou les participants aux comparaisons.

Les projets de résolutions spécifiques présentés à la CGPM par les présidents des Comités consultatifs sont les suivants :

19.1 et 19.3 Comité consultatif des longueurs et Comité consultatif du temps et des fréquences

Sur la révision de la mise en pratique de la définition du mètre et sur la mise au point de nouveaux étalons optiques de fréquence

Le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), à sa 15^e session (2001), prenant en considération les études sur les nouveaux étalons de fréquence et la possibilité que ces nouveaux étalons servent de fondement à une nouvelle définition de la seconde, a recommandé d'établir une liste de représentations secondaires de la seconde qui sera soumise à l'approbation du CCTF lors de ses réunions périodiques. De rapides progrès continuent d'être effectués dans la mise au point d'étalons optiques de fréquence et les incertitudes associées à ces étalons sont devenues au moins comparables à celle associée à la réalisation actuelle de la seconde, si ce n'est meilleures. Le Comité consultatif des longueurs (CCL) et le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) ont établi un groupe de travail commun afin d'examiner les bilans d'incertitudes des étalons proposés et d'évaluer leur validité, avant de recommander au CCTF de les ajouter à la liste des fréquences recommandées comme représentations secondaires de la seconde. Plusieurs ajouts à la liste commune des « valeurs recommandées de fréquences étalons destinées à la mise en pratique de la définition du mètre et aux représentations secondaires de la seconde » ont été adoptés par le CIPM en 2009 (Recommandation 2 - CI-2009).

Cette évolution soulève d'importantes questions techniques. Il est en particulier difficile de comparer les étalons de fréquence les plus performants à distance au moyen des techniques existantes de comparaisons d'horloges par satellites. Le CCL et le CCTF encouragent donc les travaux de recherche sur les techniques les plus prometteuses afin que les échelles de temps calculées tirent parti des performances des étalons de fréquence optiques. Il est nécessaire d'améliorer les incertitudes associées aux comparaisons d'horloges par satellites actuelles d'un facteur cent approximativement pour pouvoir accéder aux performances propres des étalons optiques. Un certain nombre de solutions sont donc en cours d'étude. Afin de coordonner les travaux dans ce domaine, le CCTF a établi un groupe de travail sur la coordination de la mise au point de techniques avancées de comparaison de temps et de fréquences.

- **Sur la révision de la mise en pratique de la définition du mètre et sur la mise au point de nouveaux étalons optiques de fréquence**

Projet de résolution I

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- que les performances des étalons optiques de fréquence s'améliorent rapidement et de manière très significative,
- que les laboratoires nationaux de métrologie mettent actuellement en œuvre des techniques de comparaison à courte distance d'étalons optiques de fréquence,
- que des techniques de comparaison à distance d'étalons optiques de fréquence doivent être mises au point au niveau international,

accueille favorablement

- les activités du Groupe de travail commun au Comité consultatif des longueurs (CCL) et au Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) visant à examiner les fréquences des représentations optiques de la seconde,
- les éléments ajoutés par le CIPM en 2009 à la liste commune des « valeurs recommandées de fréquences étalons destinées à la mise en pratique de la définition du mètre et aux représentations secondaires de la seconde »,
- l'établissement d'un groupe de travail du CCTF sur la coordination de la mise au point de techniques avancées de comparaison de temps et de fréquences,

recommande que

- les laboratoires nationaux de métrologie engagent les ressources nécessaires à la mise au point d'étalons optiques de fréquence et à leur comparaison,
- le BIPM aide à la coordination d'un projet international auquel participeraient les laboratoires nationaux de métrologie, portant sur l'étude des techniques qui pourraient être utilisées pour comparer les étalons optiques de fréquence.

Sur l'adoption d'un système de référence terrestre commun

L'activité liée aux systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) augmente de façon considérable et au moins quatre systèmes de référence géodésiques sont actuellement utilisés comme systèmes de référence pouvant servir à effectuer des mesures à la surface de la Terre, ou à proximité. La prolifération des systèmes de référence pourrait nuire à l'interactivité et à l'interopérabilité des systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) et les fournisseurs de systèmes GNSS actuellement mis au point ou à venir (GPS, GLONASS, EGNOS, Galileo et Compass) ont déclaré leur intention d'utiliser des références géodésiques adaptées à chaque système et étroitement alignées sur le Système international de référence terrestre (ITRS), mis au point par le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence (IERS) et reconnu par l'Union astronomique internationale (UAI) en 2000. Un forum commun, le Comité

international sur le GNSS (IGS), a été mis en place par les Nations Unies afin d'assurer une meilleure communication entre les fournisseurs et les utilisateurs. Le CCTF collabore intensément avec l'ensemble de ces organismes. Étant donné qu'aucune organisation intergouvernementale concernée par les activités métrologiques soutenant les systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) n'a adopté jusqu'à présent l'ITRS, le CCTF a conseillé au CIPM, en 2009, de recommander à la CGPM, à sa 24^e réunion, de prendre cette initiative.

- **Sur l'adoption d'un système de référence terrestre commun**

Projet de résolution J

La Conférence générale des poids et mesures (CGPM), à sa 24^e réunion,

considérant

- le nombre certain de systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) qui existent déjà et la probabilité que d'autres systèmes soient mis au point à l'avenir,
- la prolifération de différents systèmes de référence temporels et géodésiques, utilisés par ces systèmes globaux de navigation, qui rend plus ambiguë l'interprétation des solutions de positionnement et de temps pour les utilisateurs, et plus compliquée l'interopérabilité des systèmes,
- l'existence du Système international de référence terrestre (ITRS),
- le fait que l'adoption d'un système de référence commun serait un avantage pour les utilisateurs en termes d'unification des solutions de positionnement et de temps, et d'interopérabilité des systèmes globaux,

recommande que l'ITRS, tel que défini par l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI), et réalisé de manière pratique par le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence (IERS) et le Service international GNSS (IGS), soit adopté comme le système de référence international terrestre unique pour toutes les applications métrologiques.

20 Propositions des Délégués

Il est demandé aux Délégués des États Membres de faire connaître au CIPM les vœux ou propositions qu'ils désirent soumettre à la CGPM aussi rapidement que possible et, en tout cas, au moins six mois avant la réunion de la CGPM, conformément à la décision de la CGPM à sa 9^e réunion (1948) : « les vœux ou propositions ainsi déposés seront transmis par le bureau du Comité à tous les États adhérents à la Convention, au moins quatre mois avant l'ouverture de la Conférence, afin que les Délégués puissent recevoir les instructions et pouvoirs nécessaires. Tout autre vœu ou proposition ne sera présenté à la Conférence qu'à la condition que le Comité ait eu le temps nécessaire de l'étudier et l'aura approuvé. »

21 Renouvellement par moitié du CIPM

Conformément aux articles 7 (1875) et 8 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre, la CGPM procède, au scrutin secret, au renouvellement par moitié du CIPM. Les membres sortants sont d'abord ceux qui, en cas de vacances, ont été élus provisoirement dans l'intervalle de deux sessions de la CGPM, les autres sont désignés par le sort. Les membres sortants sont rééligibles.

Décembre 2010

Pour le Comité international des poids et mesures
Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex

Le Secrétaire,
R. Kaarls

Le Président,
B.D. Inglis

Annexe B

Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les quatre années 2013 à 2016

Introduction

Ce document présente les propositions concernant le programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour les années 2013 à 2016. Il détaille le point 12 de l'ordre du jour provisoire de la 24^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures (CGPM), ainsi que le projet de résolution C sur la dotation du BIPM (voir la Convocation de la CGPM pour sa 24^e réunion). Le point 12.1 de l'ordre du jour traite du programme de travail à venir du BIPM, et le point 12.2 de la dotation annuelle pour chacune des quatre années 2013 à 2016.

Résumé

Le BIPM a pour mission d'assurer l'uniformité mondiale des mesures. Cette uniformité est nécessaire au commerce et aux échanges internationaux, à l'observation du changement climatique et à l'environnement, à la santé et à la sécurité humaines, à la médecine, à l'alimentation, et à la recherche et au développement scientifiques. Le BIPM accomplit sa mission en menant un travail scientifique dans ses laboratoires situés à Sèvres (France), ainsi qu'en collaborant avec les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres et en coordonnant des activités. Le BIPM dispose d'équipements spécifiques aux domaines des masses, du temps, de l'électricité, des rayonnements ionisants et de la chimie, et effectue pour les laboratoires nationaux de métrologie des comparaisons et des étalonnages dans ces domaines afin d'assurer la traçabilité des mesures au Système international d'unités (SI). L'un des axes majeurs des activités du BIPM est la coordination de la métrologie au niveau mondial, en particulier par la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie (CIPM MRA) au sein des États Membres ainsi que des Associés à la CGPM.

Le BIPM joue un rôle unique dans la métrologie au niveau international. Il compte actuellement un personnel de près de 80 personnes et dispose d'équipements spécialisés. L'indépendance et la neutralité que lui confère son statut d'organisation intergouvernementale lui permettent d'entreprendre des activités et d'accomplir des tâches que lui seul peut mener à bien. Du fait de ces atouts, ainsi que de son haut niveau de spécialisation scientifique, le BIPM contribue de façon essentielle à répondre aux enjeux de la société.

L'un des principaux avantages financiers du BIPM pour les États Membres réside dans le fait que ses activités internationales sont effectuées à frais partagés.

Tous les quatre ans, un programme de travail et budget, préparé par le Comité international des poids et mesures (CIPM), l'organe de supervision du BIPM, est soumis pour approbation aux États Membres. Les activités proposées dans le programme de travail pour les années 2013 à 2016, afin que le BIPM puisse remplir sa mission, sont les suivantes.

Soutenir la métrologie dans le domaine du commerce et des échanges internationaux, notamment :

- en conservant et en disséminant l'étalon primaire de masse, le prototype international du kilogramme ;
- en établissant et en disséminant le Temps atomique international (TAI) et, en collaboration avec le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence, le Temps universel coordonné (UTC) ;
- en effectuant, pour les laboratoires nationaux de métrologie, des comparaisons sur site au plus haut niveau métrologique d'étalons électriques macroscopiques à effet quantique, ainsi que des étalonnages d'étalons de mesure spécifiques à certains domaines choisis ;
- en menant à bien des comparaisons internationales dans le domaine de la dosimétrie et des mesures d'activité de radionucléides ;
- en menant à bien des comparaisons internationales et en fournissant des résultats, afin d'étayer les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) des laboratoires nationaux de métrologie dans le domaine de la chimie organique ;
- en coordonnant et en soutenant la mise en œuvre du CIPM MRA afin de faciliter la reconnaissance internationale des services de mesure fournis par tous les participants, tels que décrits dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) ; celle-ci est de plus en plus considérée comme un élément clé pour promouvoir le commerce international et réduire les obstacles techniques au commerce ; et
- en favorisant la mise au point de matériaux de référence, méthodes et services de rang hiérarchique supérieur au sein des laboratoires nationaux de métrologie, ainsi que leur utilisation par l'industrie du diagnostic *in vitro*, par la conservation et la mise à jour de la base de données des systèmes de mesure de référence en médecine de laboratoire (base de données du JCTLM) et par la gestion des procédures d'examen des propositions.

Soutenir la métrologie dans le domaine de l'environnement et de l'observation du changement climatique, notamment :

- en disposant d'un équipement de référence international pour la comparaison des étalons de gaz à effet de serre, assurant ainsi la stabilité et la fiabilité des mesures afin de pouvoir les surveiller à long terme, les utiliser dans les modèles de changement climatique et les modèles radiatifs, ainsi que vérifier et évaluer les effets des stratégies de réduction des émissions ; et
- en disposant d'un équipement de référence international pour la comparaison en continu des étalons de gaz influençant la qualité de l'air, tels que le monoxyde d'azote, le dioxyde d'azote, le formaldéhyde, et tout particulièrement l'ozone troposphérique, et en collaborant

ainsi aux réseaux nationaux de contrôle de la qualité de l'air et aux stratégies de contrôle de la pollution.

Soutenir la métrologie dans le domaine de la santé et de la sécurité humaines, notamment :

- en disposant d'équipements de référence internationaux uniques pour la dosimétrie des rayonnements et les mesures de l'activité de radionucléides, activités essentielles au diagnostic et au traitement du cancer, ainsi qu'à la radioprotection et au contrôle de l'activité des radionucléides dans l'air, le sol et les aliments ;
- en disposant d'équipements de référence internationaux afin d'établir la comparabilité des résultats de mesures de produits chimiques dans les domaines de la médecine clinique, de l'environnement, de l'alimentation, de la médecine légale et de la pharmacie ; et
- en mettant au point des équipements de référence internationaux afin d'assigner des valeurs physico-chimiques aux étalons de mesure de molécules de grande taille, telles que l'insuline, l'objectif étant d'améliorer la fabrication des produits thérapeutiques, de réduire les coûts de production, d'améliorer l'exactitude des systèmes de mesure de référence pour les dispositifs de diagnostic et d'éviter les coûts inutiles liés à la répétition des mesures.

Coordonner la métrologie au niveau mondial :

- en conservant et en mettant à jour les informations et les données liées à la mise en œuvre du CIPM MRA, à savoir la liste des participants, la liste des comparaisons internationales et leurs rapports et résultats, ainsi que la liste des CMCs reconnues au niveau international contenues dans la KCDB ;
- en apportant une aide scientifique et logistique au travail des Comités consultatifs du CIPM, qui regroupent les experts de haut niveau des principaux laboratoires nationaux de métrologie ;
- en passant des accords avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux afin de soutenir la mission du BIPM et de créer des comités communs lorsque cela est nécessaire ; et
- en assurant le secrétariat scientifique et administratif de la CGPM et du CIPM, ainsi que celui des réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie.

Le CIPM considère que les activités proposées sont essentielles pour répondre aux besoins actuels, en particulier en ce qui concerne les grands défis du 21^e siècle que représentent notamment l'innovation, la durabilité, le changement climatique, l'environnement et la santé. Le CIPM souhaite mettre en évidence les besoins décrits ci-après.

En métrologie des masses, les activités se concentrent sur **la préparation de la redéfinition du kilogramme**. Le CIPM propose que la nouvelle définition du kilogramme soit fondée sur une valeur numérique fixée de la constante de Planck h . La mise au point d'une expérience de balance du watt au BIPM a bien progressé : le BIPM disposera ainsi d'une réalisation primaire internationale de la nouvelle définition du kilogramme accessible aux États Membres, et conservera un ensemble de nouveaux étalons de masse de référence, afin de continuer à disséminer l'unité de masse, au plus haut niveau métrologique, à tous les laboratoires nationaux de métrologie une fois le kilogramme redéfini.

Le CIPM propose que le BIPM acquière un accélérateur linéaire de type clinique afin qu'il puisse remplir son rôle qui est d'assurer pour les États Membres la **traçabilité des mesures effectuées à l'aide d'étalons de dosimétrie pour les faisceaux d'accélérateurs linéaires utilisés pour la radiothérapie**. Connaître avec exactitude la dose appliquée est essentiel pour traiter de manière efficace le cancer et optimiser l'utilisation des ressources des services de santé. Par le passé, la radiothérapie dans les hôpitaux reposait sur des sources de cobalt, remplacées progressivement par le rayonnement d'accélérateurs linéaires qui offre des capacités de traitement nettement améliorées. Aujourd'hui, plus de 8 000 accélérateurs linéaires sont utilisés dans les hôpitaux du monde entier. Alors que certains laboratoires nationaux de métrologie exploitent déjà des accélérateurs linéaires afin de répondre à leurs besoins nationaux, 80 % des États Membres ont toujours recours à des étalonnages fondés sur des sources de cobalt et doivent donc appliquer des facteurs de correction pour l'étalonnage des accélérateurs linéaires utilisés dans leurs hôpitaux.

En utilisant un accélérateur linéaire dans des conditions métrologiques de référence, le BIPM serait à même de déterminer les caractéristiques des étalons de mesure nationaux directement aux énergies de photons des accélérateurs linéaires, de fournir les certificats d'étalonnage correspondants, et de réduire l'incertitude d'étalonnage d'un facteur de presque 2. Cette réduction de l'incertitude pourrait ensuite être appliquée à l'étalonnage des accélérateurs linéaires utilisés dans les hôpitaux, ce qui permettrait d'améliorer considérablement l'exactitude des doses de rayonnement délivrées afin de traiter le cancer et réduirait donc les coûts des soins de santé. Pour les laboratoires nationaux de métrologie exploitant leurs propres accélérateurs linéaires, le fait que le BIPM dispose d'un accélérateur leur permettrait de réaliser des comparaisons de leurs étalons dans le même champ de rayonnement, et donc de valider leurs systèmes de mesure nationaux en dosimétrie au plus haut niveau possible.

Du fait de l'impact escompté de cette activité du BIPM sur le traitement du cancer, cette proposition est fortement soutenue par l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), l'International Organization for Medical Physics (IOMP) et l'Organisation mondiale de la santé (OMS). Le résumé du document détaillé de planification stratégique qui examine les différentes options pour disposer d'un accélérateur linéaire, en termes de coûts et d'avantages, est présenté dans l'Annexe du présent programme de travail.

Une **extension du programme d'analyse organique aux molécules de plus grande masse molaire** est proposée. Cette extension d'activité se justifie en particulier par les progrès accomplis dans le domaine des technologies d'analyse physico-chimique, et permettra de rendre traçables au Système international d'unités (SI) les mesures des molécules organiques d'importance pour **le diagnostic et la thérapeutique**, et d'améliorer l'exactitude et l'efficacité de ces applications. Ainsi, dans le cas de l'insuline, d'importantes parties prenantes ont demandé à l'OMS¹ en 2009 de mettre en place un nouvel étalon international pour l'insuline humaine biosynthétique, dans le but de passer d'une « activité biologique » exprimée en « unités internationales » à une grandeur traçable SI, afin d'améliorer la qualité de l'insuline produite. Il existe des demandes urgentes similaires pour d'autres domaines pharmaceutiques auxquelles il faut répondre. Le BIPM prévoit donc de mettre au point un équipement de référence dans le domaine des mesures de protéines, notamment des systèmes de mesure de référence pour les

¹ Demande faite par Eli Lilly and Company, Novo Nordisk, Sanofi-Aventis et l'American Diabetes Association auprès de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) afin de mettre en place un nouvel étalon international pour l'insuline humaine biosynthétique, et adressée au Comité d'experts sur la standardisation biologique de l'OMS, aux pharmacopées et au BIPM.

dispositifs de diagnostic et pour les produits thérapeutiques tels que l'insuline, qu'il est désormais possible d'étudier à l'aide de méthodes physico-chimiques. Les activités du BIPM dans ce domaine contribuent également à réduire les coûts des soins de santé en permettant la production rentable de produits pharmaceutiques génériques.

Une **extension de l'activité du BIPM sur les comparaisons des étalons de gaz à effet de serre** est proposée afin de relever le défi de la surveillance du **changement climatique**, en mettant en place un équipement spécialisé unique et en s'engageant pour un programme à long terme de coordination des comparaisons. Cette proposition se justifie par l'intérêt croissant que la communauté internationale porte à la quantification et à la vérification des émissions de gaz à effet de serre, ainsi que par les avancées potentielles en matière de systèmes de plafonnement et d'échange des droits d'émission et de réglementation sur les émissions de gaz à effet de serre. Il faut donc s'attendre à une augmentation considérable de la demande en systèmes de mesure des gaz à effet de serre, dont la cohérence et l'exactitude devront être garanties. La surveillance à long terme des gaz à effet de serre nécessite que les incertitudes autorisées pour les étalons primaires auxquels les mesures sont traçables répondent à des exigences strictes, ce qu'un programme coordonné par le BIPM pourra mettre en œuvre de la manière la plus efficace possible. L'avantage qu'apporte le BIPM à ce programme est son impartialité vis-à-vis de la valeur de référence assignée à partir de l'ensemble des étalons mesurés. Cette activité permettra de fournir un moyen rentable de soutenir les aptitudes nationales de surveillance et d'étalonnage des mesures de gaz à effet de serre, et mettra en évidence un lien tangible entre les exigences de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) en matière de mesures et les infrastructures des laboratoires nationaux de métrologie.

Un autre domaine métrologique important lié à l'impact des nouvelles technologies, en particulier celui de la nanotechnologie, n'a pu être pris en considération dans ce programme de travail mais nécessitera sans doute de proposer des activités pour le programme de 2017 à 2020.

Afin de financer le programme de travail proposé, le CIPM, dans la Convocation de la CGPM pour sa 24^e réunion, a demandé à la CGPM d'adopter la dotation suivante pour chacune des années 2013 à 2016 :

12 462 000 euros en 2013
12 711 000 euros en 2014
12 965 000 euros en 2015
13 224 000 euros en 2016

ce qui représente un total de 51 362 000 euros pour la période de 2013 à 2016.

La dotation allouée pour chacune des années de 2013 à 2016, tel qu'indiqué ci-dessus, permettra au BIPM de remplir sa mission au titre de la Convention du Mètre en mettant en œuvre un programme de travail répondant aux demandes des États Membres. Le coût total de ce programme de travail pour les années 2013 à 2016 est évalué à 57 026 000 euros. La dotation proposée permettra de poursuivre les activités existantes du BIPM dont le coût est évalué à environ 51 717 000 euros pour la période de quatre ans ; ce montant couvre notamment le renforcement des ressources en personnel, nécessaire pour faire face à l'augmentation de la charge de travail générée par la conservation d'un ensemble de nouveaux étalons de masse pour la nouvelle définition du kilogramme. Afin d'étendre les activités existantes aux domaines de la surveillance du changement climatique et de l'analyse organique des molécules de grande taille pour le diagnostic et la thérapeutique, un budget d'environ 1 234 000 euros est nécessaire sur la période de quatre ans, à la fois pour financer l'achat d'équipements et couvrir les frais de

fonctionnement. L'extension proposée de la dosimétrie aux photons de plus hautes énergies fournis par des accélérateurs linéaires pour le traitement du cancer nécessite un budget de 1 620 000 euros sur la période de quatre ans afin de financer l'achat d'équipements et de couvrir les frais de fonctionnement. Il faut ajouter à ce montant le coût de la construction d'un bâtiment dédié à l'installation de l'accélérateur linéaire, évalué à 2 455 000 euros. La construction de ce bâtiment sera en grande partie financée par des fonds correspondant à des crédits pour des dépenses qui n'ont pas été engagées par le passé et qui ne sont pas reportées sur le budget des années 2013 à 2016.

Le point de départ de la dotation pour les années 2013 à 2016 est la dotation approuvée par la CGPM à sa 23^e réunion pour la dernière année de la précédente période de quatre ans, à laquelle viennent s'ajouter les contributions des États qui ont accédé à la Convention du Mètre depuis la 23^e réunion de la CGPM. En octobre 2010, cela correspond à la dotation de l'année 2012, d'un montant de 11 185 000 euros, à laquelle viennent s'ajouter les contributions de la Croatie, du Kazakhstan et du Kenya qui s'élèveront au total à 164 421 euros en 2012. Le point de départ du calcul de la dotation pour les années 2013 à 2016 est donc de 11 349 421 euros. Le CIPM propose d'augmenter cette dotation d'un montant de 886 000 euros en sus d'une augmentation au titre de l'inflation de 2 % au 1^{er} janvier 2013, puis d'appliquer une augmentation annuelle de 2 % au 1^{er} janvier de chacune des trois années suivantes au titre de l'inflation.

Le présent document est structuré de telle manière que le premier chapitre décrit la mission et les activités du BIPM et met en évidence les avantages qui y sont associés pour les États Membres, le deuxième chapitre présente en détail le programme de travail pour les années 2013 à 2016, et le troisième chapitre donne des informations détaillées sur les implications financières du programme de travail proposé.

Le CIPM rappelle aux États Membres qu'en s'acquittant de leurs contributions, ils bénéficient d'un double avantage, à la fois scientifique et financier : d'une part, l'efficacité et l'efficience de leur structure métrologique nationale et de leurs activités métrologiques internationales sont améliorées et, d'autre part, en partageant le coût des équipements, ils réalisent des économies substantielles. En effet, si les activités proposées n'étaient pas mises en place par le BIPM, elles devraient l'être au niveau national ou de façon bilatérale, ce qui générerait des coûts considérablement plus élevés pour les États Membres. Le CIPM recommande à l'unanimité que la CGPM approuve la totalité du programme de travail et la dotation correspondante.

1. Mission et activités du BIPM ; avantages pour les États Membres

Ce chapitre présente brièvement la mission du BIPM, puis donne un aperçu des activités du BIPM et des avantages qui y sont associés pour les États Membres.

1.1 Mission et activités du BIPM

Les principaux moteurs de la métrologie en ce début de 21^e siècle ont très bien été résumés dans le discours d'ouverture qui a été donné au nom du ministre des Affaires étrangères et européennes de la République française lors de la 23^e réunion de la CGPM en 2007.

« En effet, la métrologie est une base invisible, mais néanmoins essentielle des activités humaines car la mesure nous permet de mieux comprendre et d’appréhender le monde et surtout d’agir dans les domaines tels que l’industrie, l’environnement et la santé. »

Au 19^e siècle, lorsque la Convention du Mètre a été conclue, le défi auquel étaient confrontés les pays industrialisés était de créer un système international d’unités afin de faciliter le commerce international et de répondre aux besoins métrologiques nationaux dans les domaines de l’industrie et de la science. Ce défi a été relevé avec succès au cours du 20^e siècle avec, en particulier, l’adoption du Système international d’unités (SI) par la CGPM en 1960. Depuis lors, des progrès constants ont été effectués et ont permis de confirmer que le SI répond aux besoins des États Membres.

Le CIPM MRA a permis de mettre en place avec succès une liste d’aptitudes en matière de mesures et d’étalonnages, reconnues au niveau international, des laboratoires nationaux de métrologie, qui constitue aujourd’hui pour les gouvernements, ainsi que pour toute autre partie concernée, une base technique solide pour encourager des accords plus étendus dans le domaine du commerce, des échanges internationaux et de la réglementation.

La mission du BIPM, telle qu’elle a été réaffirmée lors de plusieurs réunions de la CGPM, peut être résumée de la manière suivante :

« uniformité mondiale des mesures ».

Le rôle du BIPM est, en particulier, d’assurer la dissémination du Système international d’unités (SI), ainsi que ses futures évolutions. Le BIPM accomplit sa mission essentiellement comme suit :

Activités scientifiques et techniques fondamentales

- conserver et disséminer l’étalon primaire de masse, le prototype international du kilogramme ;
- établir et disséminer le Temps atomique international (TAI) et, en collaboration avec le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence, le Temps universel coordonné (UTC) ;
- entreprendre des recherches sur les unités et les étalons de mesure, actuels et à venir, et notamment des études de recherche fondamentale sur les fondements conceptuels des étalons primaires et des unités, ainsi que sur la détermination de constantes physiques, et publier les résultats de ces recherches ;
- participer à la mise au point de méthodes de mesure et procédures primaires pour l’analyse chimique et, si nécessaire, conserver des étalons dans ces domaines ;
- mettre à jour et diffuser le document sur le Système international d’unités, connu sous le nom de Brochure sur le SI.

Services techniques spécifiques offerts aux laboratoires nationaux de métrologie

- conduire des comparaisons internationales des réalisations nationales des unités de base ou dérivées du SI afin d’assurer l’uniformité mondiale des mesures, et effectuer un nombre limité d’étalonnages pour les laboratoires nationaux de métrologie qui ne possèdent pas d’étalons primaires ;

- fournir aux laboratoires nationaux de métrologie un service d'étalonnage spécialisé pour un certain nombre d'étalons nationaux de mesure, lorsque cela est souhaitable et réalisable ;
- favoriser le transfert de technologie à l'occasion des étalonnages et des comparaisons organisées par le BIPM ;
- favoriser l'échange de personnel scientifique entre le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie ;
- fournir un service de conseil aux laboratoires nationaux de métrologie, lié à l'examen par les pairs de leurs activités.

Coordination globale de la métrologie

- soutenir autant que nécessaire la mise en œuvre du CIPM MRA, en maintenant la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB), en assurant la gestion du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB), en participant aux réunions des Comités consultatifs et aux réunions appropriées des organisations régionales de métrologie, et en publiant les résultats des comparaisons clés et supplémentaires ;
- assurer le secrétariat scientifique et administratif de la CGPM, du CIPM et de ses Comités consultatifs, et publier les rapports de leurs délibérations, ainsi que le secrétariat des réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et des divers comités communs.

Relations avec les organisations intergouvernementales et organismes internationaux

- établir des accords avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux, lorsque de tels accords aident à coordonner les activités de ces organisations et celles du BIPM, ou peuvent stimuler une telle coordination aux niveaux national et régional ;
- collaborer avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux accomplissant des missions connexes et, si nécessaire, conclure des accords pour établir des comités communs ;
- agir au nom des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres afin de faire valoir leurs intérêts communs, le cas échéant.

Information et communication

- maintenir sur le site internet du BIPM les informations relatives à la Convention du Mètre ;
- éditer et publier *Metrologia*, le journal scientifique international sur la métrologie ;
- diffuser le plus largement possible et tenir à jour, en collaboration avec les autres organisations concernées, les documents fondamentaux nécessaires à l'établissement de l'uniformité des mesures, comme le *Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie* (VIM) et le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* (GUM) ;
- organiser des ateliers et écoles d'été au bénéfice du personnel des laboratoires nationaux de métrologie.

Pour de nombreuses activités du BIPM précédemment mentionnées, l'indépendance et l'impartialité du BIPM en tant qu'organisation intergouvernementale sont des atouts majeurs qui permettent de reconnaître de façon objective des compétences métrologiques nationales. Si ces activités n'étaient pas mises en place par le BIPM, elles devraient l'être au niveau national ou de façon bilatérale, ce qui générerait des coûts considérablement plus élevés pour les États Membres.

Le présent programme de travail est le fruit d'une évolution constante et de la nécessité d'établir des priorités. Alors qu'au 20^e siècle la métrologie était gouvernée par les besoins scientifiques et industriels, le monde est confronté en ce début de 21^e siècle à de nouveaux défis qui vont bien au delà de ces besoins métrologiques traditionnels et concernent notamment la santé, le changement climatique et l'environnement, ainsi que l'impact de nouvelles technologies, telles que la nanotechnologie, sur la société. Ces nouveaux besoins imposent de nouvelles exigences en matière de métrologie et sont souvent considérés comme les « grands défis » auxquels la métrologie doit faire face.

Ces défis ont un élément en commun. Ils peuvent être relevés avec succès par la mise en place d'une coopération internationale entre les différents acteurs concernés : par conséquent, le BIPM a mis au point un programme de coopération avec des organisations intergouvernementales telles que l'Agence internationale pour l'énergie atomique (AIEA), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Union internationale des télécommunications (UIT), ainsi que des organismes internationaux tels que la Commission électrotechnique internationale (CEI) et l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

Afin de tenir compte de cette évolution des besoins métrologiques dans de nombreux domaines, le BIPM a apporté un certain nombre de changements à l'éventail de ses activités. En raison de ressources financières limitées, auxquelles s'ajoutent les coûts liés à de nouvelles et onéreuses technologies apparues pour certains domaines, ces modifications n'ont été possibles que par une hiérarchisation stricte des priorités et, donc, par la cessation de certaines activités. Deux des six sections scientifiques existantes en l'an 2000 (la section de photométrie, radiométrie et thermométrie, et la section des longueurs) ont depuis été fermées : les ressources ainsi dégagées ont été utilisées pour créer des activités de métrologie en chimie. La décision prise par le CIPM lors de sa session annuelle de 2009 de cesser les activités internationales du BIPM dans le domaine de la gravimétrie absolue met en évidence le fait que cette hiérarchisation des priorités est un processus continu.

1.2 Avantages pour les États Membres

Tous les États Membres bénéficient des retombées économiques et scientifiques du travail du BIPM. Ces avantages sont multiples et peuvent être difficiles à quantifier. Toutefois, l'existence d'un système métrologique mondial est un atout pour les États Membres car il constitue une infrastructure acceptée au niveau international qui permet de démontrer l'équivalence des mesures effectuées par un État avec celles d'un autre État. De toute évidence, la science, le commerce et la compétitivité internationale tirent également profit d'un tel système car les mesures permettant d'établir la conformité aux normes et réglementations, ce qui suppose leur traçabilité, n'ont pas besoin d'être répétées. Nombre d'études réalisées par les gouvernements mettent en évidence les avantages économiques que l'investissement public dans la métrologie apporte au niveau national. Par exemple, une étude britannique a ainsi montré des bénéfices de

5 000 millions de livres sterling pour un investissement de 40 millions de livres². Le travail du BIPM sur la coordination de la métrologie au niveau international se justifie, de manière fondamentale, tout autant par les bénéfices apportés à la société que par l'incapacité pour un État à obtenir les mêmes avantages économiques et scientifiques. On pourrait donc également s'attendre à ce que le travail du BIPM apporte des avantages économiques équivalents à ceux évalués au niveau national. En effet, selon une étude sur les avantages du CIPM MRA, celui-ci permet aux laboratoires nationaux de métrologie de réaliser des économies estimées à 85 millions d'euros³ et a un impact potentiel de réduction des obstacles techniques au commerce international de 4 milliards d'euros par an.

Le CIPM MRA a déjà été adopté par certaines autorités de réglementation : ainsi, la Federal Aviation Administration (FAA) des États-Unis d'Amérique a reconnu qu'un tel système permet d'identifier les signataires dans le monde entier et de démontrer l'équivalence de leurs étalons à ceux du NIST auxquels il est fait référence dans la législation américaine. Il en résulte une disparition significative des barrières à l'utilisation des étalonnages locaux par les compagnies aériennes américaines. D'autres agences de réglementation devraient adopter le CIPM MRA, et il est probable que cela ait des répercussions sur d'autres activités. Par exemple, dans le domaine des dispositifs de diagnostic *in vitro*, le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) permet aux fabricants de démontrer qu'ils sont en conformité avec les réglementations de l'Union européenne en matière de traçabilité dès lors qu'ils ont établi l'équivalence internationale de leurs étalonnages via le CIPM MRA.

Il est désormais possible de citer de nombreux cas où la traçabilité au niveau local a permis d'économiser des sommes importantes ; ces exemples sont régulièrement publiés dans la *KCDB Newsletter*. L'entreprise coréenne Daewoo a ainsi économisé plus de 10 millions de dollars.

Le système unique des Comités consultatifs, mis en œuvre par le CIPM et dont le BIPM assure la gestion, permet de rassembler les experts internationaux de nombreux laboratoires nationaux de métrologie et un certain nombre d'organisations intergouvernementales et organismes internationaux. Les Comités consultatifs offrent un lieu de discussion sur le SI et assurent le transfert de connaissances et de technologies entre les laboratoires nationaux de métrologie, ainsi que la coordination des programmes de travail de ces laboratoires, ce qui permet des économies de temps et d'argent.

Les États Membres tirent chacun des avantages différents du travail scientifique du BIPM et de ses équipements de référence, en fonction de leurs activités et de leur usage. En particulier, il convient de noter que :

- tous les États Membres ont accès aux équipements, aux services et au savoir-faire d'une organisation intergouvernementale reconnue au niveau international, totalement impartiale et indépendante ayant des laboratoires de métrologie de haut niveau ;
- tous les États Membres peuvent bénéficier de l'étalonnage gratuit de leurs prototypes de masse en platine iridié, ce qui constitue un élément clé de la dissémination au plus haut niveau du kilogramme. Des étalonnages d'étalons nationaux en acier inoxydable peuvent également être effectués à la demande. La valeur ajoutée est bien supérieure au coût direct de tels étalonnages, car le BIPM dispose d'équipements métrologiques de pointe et d'une expérience de 135 années dans le domaine des étalons de masse ;

² <http://www.berr.gov.uk/files/file32855.pdf>

³ <http://www.bipm.org/en/cipm-mra/economic.html>

- les avantages économiques de l'échelle de temps internationale de référence maintenue par le BIPM se chiffrent en millions d'euros. Ces avantages sont évidents dans le domaine de la navigation aérienne et spatiale, qui repose sur des systèmes globaux de navigation par satellite existants ou à venir tels que le GPS et le GLONASS, et pour la datation des transactions financières et commerciales ;
- par suite à la décision prise par la CGPM à sa 11^e réunion en 1960, le BIPM s'est engagé à fournir et à maintenir des équipements de référence pour des comparaisons et étalonnages de dosimétrie dans le domaine des rayonnements ionisants. Comme pour les autres équipements de référence du BIPM, ceux-ci fournissent à la communauté internationale les degrés d'équivalence entre les étalons nationaux ainsi que des mesures de dosimétrie pour la radiothérapie traçables au SI et à coût partagé ;
- le Système international de référence (SIR) mis en place par le BIPM constitue la référence internationale depuis plus de 35 ans pour les comparaisons des mesures d'activité de radionucléides. Le monde bénéficie ainsi d'une médecine nucléaire plus exacte pour diagnostiquer et traiter les patients, assurer la sécurité en matière nucléaire et protéger l'environnement ;
- les étalons voyageurs électriques du BIPM sont uniques et constituent le seul moyen d'effectuer des comparaisons au plus haut niveau d'étalons quantiques nationaux de tension et de résistance. Les États Membres qui ne disposent pas d'étalons à jonction de Josephson ou à effet Hall quantique peuvent bénéficier de services d'étalonnages fondés sur les étalons du BIPM ;
- les comparaisons internationales en analyse organique coordonnées par le BIPM étayent les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie en ce qui concerne les matériaux organiques purs utilisés comme calibrateurs, ce qui permet d'établir la traçabilité des résultats de mesure dans les domaines de la médecine clinique, de l'environnement, de l'alimentation, de la médecine légale et de la pharmacie ;
- les comparaisons et étalons de référence mesureurs d'ozone du BIPM permettent d'assurer que les étalons nationaux ont le niveau requis pour répondre aux objectifs de qualité des données afin de surveiller à long terme l'ozone de surface et l'ozone troposphérique, des activités similaires étant mises au point pour les autres gaz à effet de serre ; les États Membres disposent ainsi d'équipements de référence auxquels comparer leurs étalons avec les niveaux d'incertitude requis.

Les comparaisons et étalonnages effectués par le BIPM sont une occasion unique de transfert de connaissances et, même si le fait de dispenser des formations spécifiques ne fait pas partie des activités du BIPM, cela permet aux scientifiques de nombreux laboratoires nationaux de métrologie d'apprendre les meilleures pratiques auprès d'une organisation indépendante ayant une vision mondiale. Le BIPM offre également des opportunités de détachement et accueille des chercheurs invités. De plus, il organise des ateliers et des écoles d'été, permettant ainsi aux scientifiques d'acquérir une expérience unique.

Le CIPM MRA requiert que les laboratoires nationaux de métrologie participent de façon périodique à des comparaisons clés. À l'heure actuelle, plus de 400 comparaisons sont en cours. Le fait que le BIPM conduise un grand nombre de ces comparaisons permet aux laboratoires nationaux de métrologie de ne pas avoir à supporter cette charge et le coût qui y est associé. Lorsqu'aucun laboratoire national de métrologie n'est en mesure de piloter une comparaison donnée mais que le BIPM le peut, alors les économies réalisées sont évidentes.

Étant donné que de plus en plus d'organisations intergouvernementales deviennent signataires du CIPM MRA et participent à des comparaisons effectuées dans ce cadre, elles peuvent avoir confiance dans la traçabilité de leurs propres références au SI. L'AIEA et l'Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM) ont été parmi les premiers signataires du CIPM MRA à bénéficier de cet avantage. Plus récemment, l'OMM a réévalué son échelle conventionnelle de référence pour le méthane après avoir participé aux comparaisons du Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM) sur les gaz à effet de serre conduites par le BIPM. L'OMM travaille avec le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie participant au Groupe de travail sur l'analyse des gaz du CCQM afin de mettre au point des étalons de mesure destinés au programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM. Dans le domaine des biosciences, les discussions avec l'OMS ont porté notamment sur le fait d'assigner des valeurs exprimées en unités du SI aux propriétés de produits biologiques, dès lors que l'analyse physico-chimique du matériau est considérée comme suffisante pour en déterminer les caractéristiques.

Les paragraphes suivants décrivent les activités clés du programme de travail pour les années 2013 à 2016, et soulignent en particulier celles nécessaires pour répondre aux besoins internationaux les plus urgents afin de pouvoir relever les « grands défis ». Le rôle du BIPM quant aux questions que soulèvent les nouvelles technologies est également brièvement abordé.

1.3 Unités du SI : redéfinition du kilogramme

Le kilogramme est la seule des sept unités de base du SI qui est encore définie à partir d'un objet matériel, un « artefact » ; toutefois, les définitions de plusieurs autres unités de base font référence, directement ou indirectement, au kilogramme. Par suite à la Résolution 12 adoptée par la CGPM à sa 23^e réunion en 2007, les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM travaillent à redéfinir quatre unités de base du SI : le kilogramme, l'ampère, le kelvin et la mole. La nouvelle définition du kilogramme s'appuiera sur une valeur numérique fixée de la constante de Planck h . Ceci rendra les étalonnages effectués dans le domaine de l'électricité directement traçables au SI, à condition que la valeur numérique de la charge élémentaire e de l'électron soit également fixée. Des expériences de haute exactitude visant à mesurer h à l'aide de différentes méthodes (telles que les balances du watt, la détermination de la valeur de la constante d'Avogadro utilisant un cristal de ^{28}Si , et la balance du joule) sont mises en œuvre dans plusieurs laboratoires.

Outre le fait de déterminer h avec une incertitude de quelques 10^{-8} , il est nécessaire, avant de redéfinir le kilogramme, d'élaborer une mise en pratique qui décrive comment, à partir de la valeur numérique fixée de h , les laboratoires nationaux de métrologie pourront réaliser la nouvelle définition du kilogramme et comment la dissémination de l'unité de masse sera assurée. Il sera alors nécessaire de prendre en considération le fait que, même s'il est probable qu'une valeur de h , acceptée au niveau international et présentant une exactitude suffisante, soit établie dans un avenir proche par une procédure complexe fondée sur une moyenne pondérée de différents résultats d'expériences, on ne peut pas partir du principe que les expériences individuelles qui seront utilisées par la suite fourniront des réalisations du kilogramme présentant une incertitude aussi faible.

La grande majorité des laboratoires nationaux de métrologie ne seront pas en mesure de réaliser directement la nouvelle définition du kilogramme avec un niveau d'exactitude suffisant et ils

continueront donc à s'appuyer sur des étalonnages traditionnels. Par ailleurs, les laboratoires mettant actuellement au point ces expériences, qui permettront d'obtenir une valeur de h acceptée avec confiance au niveau international, pourraient choisir de ne pas les poursuivre indéfiniment. Pour garantir la cohérence et l'équivalence des étalons de masse nationaux, le BIPM continuera donc à assurer la dissémination internationale de l'unité de masse en se fondant sur un système qui sera très similaire à celui actuellement en place. Pour ce faire, la meilleure voie à suivre est :

- (I) de créer au BIPM un ensemble de nouveaux étalons de masse fabriqués à partir de matériaux différents, supposés être très stables, et de surveiller attentivement les variations relatives de ces étalons ;
- (II) de transférer à cet ensemble la meilleure valeur numérique obtenue en calculant de façon adéquate la moyenne de toutes les réalisations primaires disponibles de la nouvelle définition du kilogramme ; et
- (III) de disséminer la nouvelle définition du kilogramme à partir de cet ensemble d'artefacts.

Le transfert à l'ensemble d'étalons de cette valeur numérique sera initialement effectué par comparaison avec le prototype international du kilogramme dont la masse, au jour de la redéfinition, sera égale à exactement un kilogramme avec, cependant, l'incertitude résultant de l'évaluation de h . La dissémination du kilogramme sera par la suite dérivée de l'ensemble d'étalons de masse qui devrait avoir une stabilité nettement meilleure que celle du prototype international du kilogramme. Les variations de la masse moyenne de l'ensemble pourront être contrôlées à la fois par des mesures précises de la cohérence interne des masses individuelles des étalons le composant, et par des comparaisons avec des réalisations primaires relativement moins précises. Par conséquent, le programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016 se concentrera sur la détermination des caractéristiques métrologiques de ce nouvel ensemble d'étalons de masse, créé au cours du programme de travail pour les années 2009 à 2012.

Le BIPM prévoit de piloter une comparaison clé des réalisations primaires, c'est-à-dire des expériences telles que la balance du watt, les expériences de mesure de la masse volumique d'un cristal de silicium à l'aide de rayons x ou autres permettant de réaliser le kilogramme selon sa nouvelle définition, à des intervalles de temps jugés appropriés. Afin de disposer des compétences scientifiques requises et d'assurer la disponibilité d'une réalisation primaire de la nouvelle définition du kilogramme, le BIPM met au point sa propre balance du watt et estime qu'elle sera opérationnelle vers la fin du programme de travail proposé. La mise au point de la balance du watt du BIPM dans les délais prévus est donc une priorité majeure. Si la valeur assignée à l'ensemble d'étalons de masse du BIPM présente une différence significative avec la valeur de référence de la comparaison clé, elle sera corrigée en conséquence.

1.4 Changement climatique

Le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) a parfaitement documenté les effets du forçage radiatif causé par les gaz à effet de serre et leur influence sur le changement climatique. L'attention mondiale accrue portée à la quantification et au contrôle des émissions de gaz à effet de serre, ainsi que les évolutions possibles des systèmes de plafonnement et d'échange des droits d'émission et des législations relatives à ces émissions, conduiront à une augmentation importante des demandes pour des systèmes de mesure des gaz à effet de serre dont la cohérence et l'exactitude devront être garanties. Cela devrait également

avoir pour conséquence d'augmenter de façon significative la demande pour des étalons de mesure des gaz à effet de serre de haute exactitude et de renforcer les exigences en matière de cohérence. La surveillance à long terme des gaz à effet de serre requiert que les incertitudes autorisées pour les étalons primaires auxquels les mesures sont traçables répondent à des exigences strictes. Le programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM a défini les objectifs de qualité des données concernant cette surveillance des gaz à effet de serre⁴. Afin de répondre à ces besoins, le BIPM maintiendra un équipement de référence international permettant de démontrer le degré d'équivalence des étalons primaires de mesure des gaz à effet de serre, et continuera à apporter des améliorations à cet équipement. Cette activité constitue une extension de l'activité du BIPM en matière de comparaison d'étalons de référence mesureurs d'ozone établie lors de l'instauration du programme de chimie en 2000. L'atelier commun au BIPM et à l'OMM intitulé « Measurement challenges for global observation systems for climate change monitoring » qui s'est tenu du 30 mars au 1^{er} avril 2010 a conclu que la stabilité à long terme et la reproductibilité des matériaux de référence, ainsi que l'établissement de chaînes d'étalonnage explicitement définies, sont essentiels à l'étude des variations dans le temps des concentrations de gaz à effet de serre. Il est également à noter :

- que la comparabilité des résultats provenant de différentes stations de réseaux mondiaux d'observation des gaz à effet de serre a un impact scientifique considérable ;
- que les données mondiales concernant les gaz à effet de serre pourraient faire l'objet d'un examen minutieux lors de la préparation du cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat ;
- qu'il est reconnu que le SI est maintenu sur le long terme par le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie et qu'il sert de base à la réalisation de mesures stables, comparables et cohérentes ;
- que le principe selon lequel de faibles variations des concentrations mesurées de gaz à effet de serre peuvent avoir une influence significative sur l'évaluation des flux est admis ;
- que les mesures atmosphériques sont utilisées pour quantifier les flux et qu'elles le seront à l'avenir pour valider les inventaires d'émissions ;
- que la redondance des mesures est nécessaire et qu'il faut utiliser des méthodes indépendantes pour mettre en place un système robuste de traçabilité des mesures des gaz à effet de serre ;

Il a été recommandé à l'OMM, au BIPM et aux communautés universitaires de continuer à travailler ensemble afin d'accroître cette redondance des mesures en concevant des méthodes indépendantes pour mettre au point des étalons de mesure des gaz à effet de serre, de procéder aux comparaisons requises, et d'établir la traçabilité au SI des résultats de mesures lorsque cela est possible.

Cette extension de l'activité du BIPM dans le domaine des comparaisons de gaz à effet de serre implique la mise en place d'un équipement spécialisé et un engagement sur le long terme à coordonner des comparaisons sélectionnées par le CCQM, ce qui fait partie des projets à long terme du CCQM concernant les étalons de gaz pour la qualité de l'air et le changement climatique global. Par ailleurs, cet équipement est unique et répond à un besoin qu'aucun laboratoire national de métrologie n'est en mesure de satisfaire. L'avantage qu'apporte le BIPM à cette activité est son impartialité vis-à-vis de la valeur de référence déduite de l'ensemble des

⁴ Veille de l'atmosphère globale de l'OMM - Plan stratégique 2008-2015 (WMO TD No 1384)

mesures des étalons. Ce programme de comparaisons constituera une façon rentable de soutenir les aptitudes nationales de surveillance et d'étalonnage des gaz à effet de serre, et mettra en évidence un lien tangible entre les exigences de mesure de l'OMM et les infrastructures de mesure des laboratoires nationaux de métrologie

Cette activité liée au changement climatique est présentée plus en détail au chapitre 2 du présent document.

1.5 Santé

1.5.1 Dosimétrie en radiothérapie

Actuellement, l'une des contributions majeures du BIPM dans le domaine de la santé est liée à son équipement de référence en dosimétrie qui permet d'établir la traçabilité internationale des doses de rayonnement absorbées. Tous les États Membres, à une exception près, participent directement ou indirectement aux activités du BIPM sur la détermination des caractéristiques d'étalons ou leurs comparaisons afin d'établir l'uniformité mondiale des doses de rayonnement absorbées. Outre les États Membres, l'AIEA et l'OMS utilisent les résultats de ces activités et établissent de cette façon la traçabilité au SI des mesures de leur réseau de laboratoires secondaires de dosimétrie.

La traçabilité est au cœur de la lutte contre le cancer. L'OMS et l'AIEA ont observé que, dans la plupart des pays développés, le cancer est désormais la principale cause de décès après les maladies cardiaques. Le nombre de patients chez lesquels on diagnostique un cancer ne cesse d'augmenter : on compte désormais plus de 12 millions de nouveaux cas chaque année. La moitié des personnes atteintes d'un cancer, si ce n'est plus, sont traitées par radiothérapie médicale. Il est donc nécessaire que la dose délivrée soit contrôlée de façon précise : si le traitement n'est pas suffisant, la tumeur pourrait ne pas être détruite ; si le traitement est excessif, les tissus sains peuvent être gravement endommagés et le pronostic vital du patient engagé. La traçabilité internationale des doses de rayonnement absorbées joue un autre rôle essentiel : c'est le seul moyen de profiter au niveau national des résultats de recherche clinique obtenus par coopération internationale, et cela permet de faire progresser les traitements contre le cancer.

L'exactitude de l'étalonnage de la source de rayonnement est fondamentale pour garantir l'administration de la dose requise. Afin d'améliorer l'exactitude des étalons de mesure nationaux des États Membres, le BIPM prévoit d'étendre ses activités en dosimétrie aux photons de plus hautes énergies. Alors que dans le passé, la radiothérapie se fondait principalement sur des sources de cobalt, émettant des rayonnements gamma d'environ 1,2 MeV, ces dernières ont été largement supplantées ces dernières années par des accélérateurs linéaires cliniques. Les photons qu'ils émettent présentent un spectre de plus haute énergie, de 6 MeV à 20 MeV ; ils s'avèrent donc beaucoup mieux adaptés au traitement du cancer. Ainsi, certains laboratoires nationaux de métrologie se sont équipés, ou sont en train de le faire, d'un accélérateur linéaire pour établir la traçabilité, au niveau national, de la dose de rayonnement absorbée dans ce domaine d'énergie. Toutefois, environ 80 % des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres n'auront encore recours qu'à des sources de cobalt et continueront donc à utiliser des techniques d'extrapolation pour étalonner les accélérateurs linéaires de leurs hôpitaux.

Afin de déterminer de façon appropriée les caractéristiques des étalons nationaux pour la dose absorbée de rayonnement de photons aux hautes énergies de ces laboratoires, les étalons concernés doivent être exposés au champ de rayonnement parfaitement connu et étudié, dans des

conditions métrologiques, d'un accélérateur linéaire. On s'attend à ce que cela améliore l'exactitude des étalons de mesure nationaux d'un facteur de 2 quasiment, puisqu'on évite tout recours à des techniques d'extrapolation. Les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres pourront ensuite transférer cette exactitude améliorée aux accélérateurs linéaires de leurs hôpitaux afin d'administrer des doses plus précises. La santé du patient en bénéficierait et les coûts nationaux des soins de santé en seraient réduits. Le fait pour le BIPM de disposer d'un accélérateur linéaire permettrait également d'améliorer les comparaisons de dose de rayonnement absorbée effectuées dans les laboratoires nationaux de métrologie équipés d'un accélérateur linéaire, car le champ de référence pourrait être identique à celui fourni par l'accélérateur du BIPM pour toutes les mesures. L'équivalence des mesures en serait donc améliorée, ce qui permettrait à la recherche clinique internationale sur le traitement du cancer de progresser.

Pour obtenir ces améliorations, il sera nécessaire d'installer un accélérateur linéaire sur le site du BIPM, ou d'utiliser de façon régulière l'accélérateur linéaire d'un laboratoire national de métrologie répondant aux besoins du BIPM.

Le BIPM a comparé et évalué les différentes options ; les conclusions sont résumées dans l'Annexe de ce document. Le BIPM a ainsi examiné les propositions faites par certains laboratoires nationaux de métrologie, et a tenu compte des différentes options, des restrictions de temps d'accès proposé, ainsi que des aspects métrologiques, techniques et logistiques : il est parvenu à la conclusion que la meilleure solution serait d'installer un tel équipement de référence sur le site du BIPM. Le projet est donc de construire un bâtiment de protection en prolongement de l'actuel bâtiment des rayonnements ionisants et d'acheter un accélérateur linéaire conforme aux exigences du BIPM. En attendant que le bâtiment de protection soit achevé et que le BIPM ait mis en service et effectué une détermination complète des caractéristiques de son accélérateur linéaire, le BIPM prévoit d'utiliser l'accélérateur linéaire d'un laboratoire national de métrologie européen (de façon à ce que les frais de transport soient les plus faibles possibles) et de commencer en 2013 à effectuer des mesures d'étalons nationaux d'États Membres et des comparaisons en utilisant cet accélérateur linéaire. Le BIPM espère que son propre accélérateur linéaire sera pleinement opérationnel et qu'on en aura déterminé toutes les caractéristiques métrologiques d'ici la fin de 2014, afin de ne plus avoir besoin d'utiliser un accélérateur linéaire externe.

Cette extension de l'activité du BIPM dans le domaine de la dose absorbée de rayonnement de photons aux plus hautes énergies est fortement soutenue par les organisations internationales directement concernées par ce sujet, notamment l'AIEA, l'ICRU, l'IOMP et l'OMS (voir l'Annexe de ce document).

1.5.2 Diagnostic et thérapeutique

Le BIPM a l'intention d'étendre son programme actuel de comparaisons de calibrateurs organiques à des substances à analyser de masse molaire plus élevée. Les progrès effectués dans les méthodes de détermination des caractéristiques physico-chimiques permettent désormais d'assigner des valeurs exprimées en unités du SI aux propriétés des matériaux biologiques. Il est nécessaire pour ce faire d'établir des systèmes de mesure de référence dont le mesurande est clairement défini : le CCQM en a fait l'une de ses stratégies essentielles car cela garantit l'exactitude et la comparabilité à long terme des résultats de mesures. Le BIPM prévoit donc de continuer à développer des méthodes de quantification validées pour les peptides et les protéines et à organiser des comparaisons afin d'étayer la mise au point de systèmes de mesure de

référence. Cette nouvelle activité pourra tirer parti de l'expérience déjà acquise grâce au programme d'analyse organique, et il sera possible d'utiliser un grand nombre des équipements existants. Cette activité répond tout à fait à une demande adressée récemment par des parties prenantes à l'OMS, afin que soit mis en place un nouvel étalon international pour l'insuline humaine biosynthétique⁵. Les fabricants et représentants des utilisateurs d'insuline humaine biosynthétique exhortent ainsi l'OMS à abandonner les unités internationales (UI) propres à l'activité biologique et proposent que la valeur certifiée attribuée au nouvel étalon international de référence soit exprimée en unité de masse, en l'occurrence en milligrammes. Ils font valoir que l'analyse quantitative fondée sur une unité du Système international d'unités, le milligramme, sera beaucoup plus exacte en raison de la possibilité d'utiliser des méthodes d'analyse plus exactes, plutôt que des dosages biologiques (ce qui correspond à la méthode actuellement utilisée par l'OMS pour certains étalons internationaux). Le BIPM a fait réaliser une étude sur le thème « Measurement Service and Comparison Needs for an International Measurement Infrastructure for the Biosciences and Biotechnology » afin d'examiner cette demande ainsi que d'autres besoins métrologiques dans ce domaine ; le projet de rapport de cette étude est disponible sur le site internet du BIPM⁶.

1.6 Activités de coordination et collaboration internationales

L'une des principales tâches du BIPM est la coordination des activités métrologiques au niveau international. Cela concerne en particulier les activités des Comités consultatifs créés par le CIPM, qui réunissent les meilleurs experts en métrologie des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres. Le BIPM assure le secrétariat exécutif de ces Comités consultatifs, prépare et organise leurs réunions au BIPM, et apporte son expertise scientifique. Les Comités consultatifs coordonnent les activités de recherche des laboratoires nationaux de métrologie afin d'améliorer la réalisation et la dissémination des unités du SI. Ils coordonnent également les comparaisons clés effectuées dans le cadre du CIPM MRA, et discutent du travail scientifique du BIPM.

Le CIPM MRA et la KCDB assurent la reconnaissance internationale de l'équivalence des étalons nationaux de mesure et des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres et des Associés. Le directeur du BIPM préside le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB) chargé par le CIPM de la coordination des activités des organisations régionales de métrologie.

L'importance des relations internationales entre le BIPM et d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux ne cesse de croître. Cela est particulièrement le cas en ce qui concerne la coopération avec l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) et l'Organisation internationale de normalisation (ISO). La collaboration avec l'ILAC est particulièrement importante pour garantir que les étalonnages effectués par des laboratoires accrédités sont traçables à des réalisations primaires du SI de laboratoires nationaux de métrologie. La KCDB a un rôle clé pour démontrer cette traçabilité.

⁵ Demande faite par Eli Lilly and Company, Novo Nordisk, Sanofi-Aventis et l'American Diabetes Association auprès de l'Organisation mondiale de la santé afin de mettre en place un nouvel étalon international pour l'insuline humaine biosynthétique, et adressée au Comité d'experts sur la standardisation biologique de l'OMS, aux pharmacopées et au BIPM.

⁶ http://www.bipm.org/utis/common/pdf/biostudy_report/Biostudy_Report.pdf

Parmi les autres organisations importantes avec lesquels le BIPM entretient des activités internationales de coopération figurent l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'Organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Union internationale des télécommunications (UIT).

Le BIPM encourage vivement les États qui ne participent pas à l'heure actuelle aux activités du BIPM à devenir États Membres ou Associés. Par ailleurs, le BIPM met en place des activités de promotion de la métrologie au niveau international, notamment en créant de la documentation promotionnelle pour la Journée mondiale de la métrologie qui est célébrée chaque année le 20 mai, jour anniversaire de la signature de la Convention du Mètre en 1875.

2. Présentation détaillée du programme de travail (services de soutien compris)

2.1 Masses et balance du watt

2.1.1 Ce que le BIPM a accompli dans le cadre du programme de travail de 2009 à 2012

Le Département des masses continue à disséminer l'unité de masse aux États Membres.

Le BIPM a joué un rôle clé dans l'amélioration de la dissémination de l'unité de masse, des prototypes nationaux en platine iridié aux étalons de travail en acier inoxydable, et cela de quatre façons :

- en mettant au point une technique de comparaison de masse entre les artefacts conservés dans l'air et ceux conservés dans le vide ;
- en améliorant la formule pour la masse volumique de l'air, ce qui permet d'éliminer les écarts résultant de la détermination directe de la masse volumique de l'air et ainsi d'améliorer les corrections de poussée de l'air ;
- en perfectionnant la méthode utilisée pour déterminer les caractéristiques des propriétés magnétiques des étalons de masse ;
- en renforçant la confiance dans la détermination du volume des prototypes en platine iridié.

En outre, le BIPM a mené et coordonné le travail qui permettra de redéfinir le kilogramme à partir d'une constante physique. Cette activité a été effectuée selon quatre axes :

- coordination des mesures de masse effectuées dans le cadre du projet de collaboration internationale sur la constante d'Avogadro (IAC) ;
- travail sur le projet de la balance du watt du BIPM ;
- étalonnage, sur demande, des étalons de masse utilisés dans des expériences visant à déterminer la valeur de la constante de Planck ;
- aide administrative apportée au Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) et participation aux Groupes de travail du CCM concernés (sur les étalons de masse et sur la définition du kilogramme dans le SI).

2.1.2 Éléments moteurs et initiatives scientifiques pour établir les priorités du programme de travail pour les années 2013 à 2016

Si la date précise de la redéfinition du kilogramme reste incertaine, il est probable que la nouvelle définition se fonde sur la constante de Planck h . Plusieurs expériences de physique fondamentale sont actuellement en cours pour déterminer la valeur numérique de h et les résultats finaux de certaines sont déjà disponibles ou le seront sous peu. Plusieurs autres expériences ne pourront fournir de résultats que d'ici quelques années. La valeur numérique de h et son incertitude seront établies par la CODATA à l'aide d'une méthode de routine sophistiquée s'appuyant sur un processus de pondération visant à réduire l'incertitude de cette valeur tout en garantissant la cohérence mondiale des valeurs recommandées pour toutes les constantes physiques.

Jusqu'à présent, aucune expérience n'est parvenue à obtenir des résultats présentant le niveau d'incertitude jugé nécessaire pour une dissémination directe. Il est donc trop tôt pour pouvoir évaluer les effets d'une dissémination directe sur l'uniformité mondiale des mesures de masse, mais il est nécessaire d'estimer l'impact qu'aurait une situation similaire à la situation actuelle sur cette uniformité. Le BIPM devrait ainsi organiser une comparaison clé des réalisations primaires de la nouvelle définition du kilogramme. Il est donc particulièrement important que les laboratoires nationaux de métrologie travaillant sur des expériences de physique fondamentale visant à déterminer la valeur de h continuent à faire fonctionner leurs balances du watt une fois la valeur numérique de h fixée. Il est essentiel pour que le BIPM puisse préparer une telle comparaison clé qu'il mette en œuvre dès que possible sa propre balance du watt.

Avant que les degrés d'équivalence des réalisations directes de la définition du kilogramme du SI, reposant sur des balances du watt nationales ou d'autres moyens, ne soient établis de façon satisfaisante, l'une des missions primordiales du BIPM est de continuer à disséminer de manière durable l'unité de masse à partir des artefacts de masse conservés au BIPM, afin de ne pas compromettre l'uniformité mondiale des mesures de masse. La plupart des laboratoires nationaux de métrologie continueront probablement à établir la traçabilité de leurs mesures de masse par l'intermédiaire du BIPM.

Pour ce faire, le BIPM a commencé à créer un ensemble de nouveaux étalons de masse fabriqués à partir de matériaux différents, lors du programme de travail pour les années 2009 à 2012. Cela permettra d'avoir une représentation du kilogramme qui devrait être nettement plus robuste que l'actuel prototype international. Cet ensemble sera comparé, juste avant la date de la redéfinition, au prototype international du kilogramme car, au jour de la redéfinition, la masse du prototype international sera exactement 1 kg (avec cependant une incertitude égale à celle de la valeur numérique de h). En outre, une comparaison sera effectuée avec deux sphères en ²⁸Si du projet de l'IAC qui représenteront elles aussi des réalisations primaires de la définition du kilogramme du SI. La traçabilité de l'ensemble de nouveaux étalons à la valeur de référence de la comparaison clé du BIPM garantira sa stabilité à long terme.

Ce travail, ainsi que les activités destinées à établir les meilleures méthodes de nettoyage, permettront de définir les exigences en matière de mesures pratiques dans le vide et de stockage à long terme en atmosphères inertes, sur lesquelles sera fondée la méthode que privilégieront les laboratoires nationaux de métrologie pour établir leur traçabilité au SI par l'intermédiaire du BIPM.

Les défis à relever par le BIPM lors du programme de travail pour les années 2013 à 2016 seront donc les suivants :

- établir une balance du watt de pointe bénéficiant d'un soutien et d'un financement stables ;

- travailler à la nouvelle définition du kilogramme et à sa réalisation afin d'élaborer une mise en pratique qui optimise les bénéfices et réduise les inconvénients de ce changement pour la communauté des masses, ainsi que pour les acteurs concernés dans le domaine de la métrologie légale ;
- informer la communauté des masses, ainsi que les acteurs concernés dans le domaine de la métrologie légale, des bénéfices qu'apporte la redéfinition du kilogramme et expliquer l'impact de la nouvelle définition de l'unité de masse et de sa mise en pratique ;
- améliorer et surveiller les conditions de stockage des nouveaux étalons de masse de l'ensemble, afin de s'assurer de la dissémination la plus exacte possible de l'unité de masse aux États Membres qui en feront la demande ;
- conduire la comparaison clé du BIPM des réalisations primaires du kilogramme dans les laboratoires nationaux de métrologie, afin de vérifier la stabilité et l'équivalence de ces réalisations, en faisant circuler un ou plusieurs étalons de référence directement traçables à l'ensemble de nouveaux étalons de masse conservés au BIPM ;
- relier l'ensemble de nouveaux étalons de masse à la valeur de référence de la comparaison clé du BIPM des réalisations primaires du kilogramme, dès que cette valeur de référence sera déterminée ;
- participer à la conservation et au contrôle des deux sphères en monocristal de silicium enrichi utilisées pour le projet IAC.

2.1.3 Activités et services qui seront fournis dans le cadre du programme de travail de 2013 à 2016

L'objectif principal est d'assurer un service d'étalonnages, traçables à la nouvelle définition du kilogramme, des étalons de masse des États Membres. Presque tous les États Membres ont recours au moins une fois à un tel service sur une période de dix ans. Par ailleurs, le BIPM s'assurera de l'équivalence des réalisations de la nouvelle définition du kilogramme dans les laboratoires nationaux de métrologie exploitant une balance du watt.

Aucune nouvelle activité n'est proposée ; les huit activités présentées ci-après sont une évolution du travail effectué actuellement.

M-A1 Mettre en place et maintenir une balance du watt pleinement opérationnelle permettant de réaliser la définition du kilogramme à un niveau d'incertitude que la communauté internationale des masses a fixé à quelques 10^{-8} .

M-A2 Conduire une comparaison clé de balances du watt afin d'avoir accès à la référence pour l'unité de masse, à laquelle pourra être relié l'ensemble d'étalons qui sera utilisé pour représenter le kilogramme.

M-A3 Établir et maintenir la valeur moyenne appropriée de l'ensemble des nouveaux étalons de masse créé au cours du programme pour les années 2009 à 2012, ainsi que la cohérence interne de cet ensemble.

M-A4 Maintenir les équipements de dissémination utilisant des artefacts de masse.

M-A5 Maintenir les équipements de mesure du volume (masse volumique) et des propriétés magnétiques pour les étalonnages des étalons de masse des laboratoires nationaux de métrologie.

M-A6 Poursuivre les services d'étalonnage internes dans les domaines des masses et de la pression afin de soutenir le travail de certains départements du BIPM, dont celui des masses.

M-A7 Finaliser l'équipement d'étalonnage de l'humidité, ce qui n'a pas pu être réalisé lors du programme de travail pour les années 2009 à 2012 en raison d'un manque de personnel, mais qui est nécessaire pour les étalonnages des étalons de 1 kg (y compris ceux associés à la mise en pratique de la nouvelle définition du kilogramme). Cette activité devrait constituer l'une des premières tâches à accomplir dans le cadre du programme de travail proposé.

M-A8 Poursuivre les activités de coordination ; le Département apporte son aide au Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) et au Comité consultatif de thermométrie (CCT) en organisant leurs réunions, ainsi que celles de leurs groupes de travail. Par ailleurs, le BIPM participe aux activités de certains de ces groupes de travail, tels que le Groupe de travail du CCM sur les étalons de masse.

2.1.4 Impact du programme de travail proposé

Le programme dans le domaine des masses aura pour principal impact de garantir l'uniformité mondiale des mesures de masse par la réalisation, la conservation et la dissémination de l'unité de masse du SI, une fois redéfinie. L'un des progrès majeurs sera l'aptitude du BIPM à évaluer la dérive de la masse du prototype international du kilogramme et de ses témoins, ainsi que des prototypes nationaux, en s'appuyant sur la nouvelle définition du kilogramme. La dissémination de l'unité de masse à partir d'un ensemble de nouveaux étalons sera effectuée au plus haut niveau métrologique, grâce au lien établi au kilogramme du SI fondé sur des constantes fondamentales. L'ensemble de nouveaux étalons de masse du BIPM, utilisé comme référence de masse, devrait présenter une variation de masse moyenne plus faible que celle de chacun des artefacts le composant. Ainsi, la stabilité à court terme de la référence de masse utilisée pour la dissémination devrait être meilleure que l'exactitude précédemment mentionnée. Le programme de travail proposé garantira que les étalonnages des étalons de masse des laboratoires nationaux de métrologie seront effectués de la même façon qu'avant la redéfinition. Le travail réalisé au cours des années 2013 à 2016 devrait ouvrir la voie à une dissémination mondiale uniforme et robuste de l'unité de masse, tout en réduisant les répercussions du changement de définition pour les laboratoires nationaux de métrologie et leurs clients.

2.1.5 Ressources nécessaires au programme de travail proposé

Au début du programme de travail pour les années 2013 à 2016, au 1^{er} janvier 2013, la balance du watt fera partie du Département des masses qui comptera alors 7,5 membres du personnel engagés à titre permanent.

Augmentation de personnel requise

Il sera nécessaire d'engager de nouveaux scientifiques à titre permanent afin de pouvoir accomplir le programme du Département, à savoir finaliser et faire fonctionner la balance du watt, et fournir un service amélioré aux États Membres :

- un assistant pour travailler sur le nouvel équipement permettant de relier la balance du watt aux étalons de masse de référence ;
- un technicien à mi-temps pour répondre aux demandes d'étalonnages dont on prévoit l'augmentation, et contribuer à faire fonctionner la balance du watt.

Par ailleurs, il sera nécessaire de recruter un chercheur associé pour une période de deux ans afin d'aider à la mise en œuvre de la version cryogénique de la balance du watt.

L'avancée du programme de la balance du watt dépend de façon cruciale de l'aide technique fournie par le Département de l'électricité.

2.2. Temps

2.2.1 Ce que le BIPM a accompli dans le cadre du programme de travail de 2009 à 2012

Le Département du temps a atteint les objectifs et fourni les services qui lui ont été fixés lors du programme de travail pour les années 2009 à 2012. Parmi les réalisations à souligner, on peut citer les points suivants :

- La stabilité de fréquence du Temps atomique international (TAI) et du Temps universel coordonné (UTC) a atteint quelques 10^{-16} sur des moyennes temporelles de un mois en 2010. L'incertitude relative affectant la durée de l'unité d'échelle du TAI était égale à 4×10^{-16} en août 2010. Trois cent cinquante horloges atomiques conservées dans soixante-dix laboratoires participent désormais au calcul du TAI.
- Conformément à l'objectif fixé, la *Circulaire T* du BIPM est publiée cinq jours ouvrés après la date limite de transmission des données par les laboratoires participants.
- L'incertitude liée au bruit statistique des comparaisons d'horloge a été améliorée d'un facteur situé entre 3 et 4.
- Le BIPM a amélioré l'exactitude des comparaisons d'horloges en organisant des campagnes de mesures des retards relatifs des équipements du GNSS, répondant par la même occasion aux besoins d'un nombre croissant de laboratoires concernant la détermination des caractéristiques de leur équipement.
- Les résultats d'un projet de doctorat conduit par le BIPM ont montré comment appréhender le difficile problème posé par la mesure des retards absolus des équipements du GNSS.
- Les observations de satellites fournies par le système GLONASS, maintenant pleinement opérationnel, ont été prises en considération pour le calcul du TAI, une fois que les retards relatifs des récepteurs du GPS et du GLONASS en fonctionnement dans les laboratoires concernés ont été mesurés. L'utilisation de GLONASS comme second système global de navigation par satellite a permis d'améliorer la robustesse des liaisons horaires.
- Le BIPM a intégré de manière satisfaisante un nombre toujours croissant d'étalons primaires de fréquence du type fontaines à césium de nouvelle génération au calcul du TAI. En juillet 2010, dix fontaines à césium avaient déjà contribué au calcul du TAI. Deux d'entre elles ont été ajoutées depuis 2009.
- Le BIPM a contribué à une étude sur les nouvelles méthodes de comparaison de temps et de fréquences, et soutient des expériences telles que la comparaison de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite et par télémétrie laser sur satellite dans le cadre du projet T2L2. L'envoi d'une horloge atomique dans l'espace dans le cadre du projet Atomic Clock Ensemble in Space (ACES), lancement qui devrait avoir lieu à la fin du programme de travail pour les années 2009 à 2012, devrait permettre de réaliser de nouvelles avancées.

- Des mesures de la fréquence de nouveaux étalons, autres que ceux à césium, seront publiées dans la *Circulaire T* du BIPM et pourront être intégrées au pilotage de la fréquence du TAI, sous réserve que les comparaisons de fréquences aient le niveau d'exactitude requis.
- La comparaison de gravimètres ICAG 2009 a été réalisée avec succès et a permis d'effectuer les premières mesures absolues de l'accélération de la pesanteur sur le site de la balance du watt.
- Le Département du temps a apporté ses compétences techniques dans le domaine de l'optique aux projets de la balance du watt et du condensateur calculable du BIPM.

Suite à la hiérarchisation des priorités entreprise afin de réduire les activités du programme de travail pour les années 2009 à 2012 et s'adapter au budget alloué, le CIPM a décidé de mettre fin au service du BIPM de remplissage et de vérification de cuves à iode utilisées dans les lasers asservis. Les laboratoires nationaux de métrologie, ainsi que d'autres utilisateurs de ce service, ont eu la possibilité de passer leurs dernières commandes avant la fermeture de ce service en juillet 2009. Des solutions de remplacement ont été identifiées ; ces informations sont fournies aux laboratoires qui en font la demande.

2.2.2 Éléments moteurs et initiatives scientifiques pour établir les priorités du programme de travail pour les années 2013 à 2016

Les applications de temps précis requérant des échelles de temps exactes et stables aux niveaux national et international ne cessent de croître, et les utilisateurs deviennent plus exigeants. Ainsi, les spécialistes des sciences planétaires ont besoin d'échelles de temps-coordonnées, définies dans le cadre de la Relativité et établies à partir du temps terrestre tel que calculé par le BIPM. Les fournisseurs de systèmes et réseaux de télécommunication exigent eux aussi de meilleures performances. Toutefois, la demande la plus forte provient des systèmes globaux de navigation par satellite (GNSS) qui nécessitent une référence temporelle ultra stable afin de synchroniser les horloges placées à bord des satellites. Ces nouvelles exigences ne feront qu'augmenter avec l'émergence de nouveaux systèmes GNSS, car il est nécessaire pour les utilisateurs que ces systèmes soient interopérables.

La plupart des États Membres tirent bénéfice du fait que le BIPM calcule le TAI et l'UTC. Les résultats de ce calcul sont publiés chaque mois dans la *Circulaire T* et chaque laboratoire national qui maintient une réalisation en temps réel de l'UTC, son UTC local, établit sa traçabilité à l'échelle de référence internationale, l'UTC, via la *Circulaire T* du BIPM. Dans la plupart des États, la réalisation locale de l'UTC sert de base au temps national légal. Les États-Unis d'Amérique, la Fédération de Russie, la Chine, certains pays européens, l'Inde et le Japon utilisent leur approximation locale de l'UTC pour fournir des références de temps utilisées pour piloter les systèmes temporels GNSS. Les systèmes GNSS qui s'appuient désormais sur le travail du BIPM comprennent les systèmes GPS, GLONASS, Compass/Beidou, Galileo, ainsi que le système à venir GAGAN/IRNSS. Par ailleurs, les transmetteurs intercontinentaux de la PTB en Allemagne et ceux du NICT au Japon fondent leur échelle de temps locale sur l'UTC calculé par le BIPM.

Le calcul par le BIPM du TAI et de l'UTC à partir des différences d'horloges des laboratoires participants repose sur des comparaisons d'horloges effectuées sur de longues distances. Actuellement, le réseau international de liaisons horaires, coordonné par le BIPM, se fonde sur des comparaisons d'horloges pouvant être réalisées selon trois techniques indépendantes.

Cependant, il est sans cesse nécessaire de continuer à améliorer les performances des techniques de liens horaires afin de répondre aux besoins des utilisateurs.

La seconde est l'unité de base du SI dont la définition, actuellement fondée sur une transition de l'atome de césium, est réalisée de la façon la plus exacte. On a récemment inclus dans le calcul du TAI les données fournies par des fontaines à césium de nouvelle génération qui se comportent comme des étalons primaires indépendants et dont l'exactitude est caractérisée par une incertitude relative approchant 1×10^{-16} . À l'heure actuelle, treize étalons primaires de fréquence, dont dix fontaines à césium, fournissent des données utilisées par le BIPM. Une nouvelle génération d'étalons de fréquence qui sont actuellement mis au point dans les laboratoires nationaux permettra d'obtenir d'autres améliorations. Ces nouveaux étalons optiques et micro-ondes, qui constituent aujourd'hui des représentations secondaires de la seconde, présentent des incertitudes intrinsèques meilleures que 1×10^{-17} .

Ces avancées scientifiques dans le domaine des étalons de fréquence permettent d'envisager une redéfinition de la seconde. Il est peu probable que cette redéfinition intervienne avant 2019 ; elle ne sera donc pas proposée en même temps que les redéfinitions de quatre autres unités de base du SI (le kilogramme, l'ampère, le kelvin et la mole) qui pourraient avoir lieu en 2015.

Les nouveaux étalons optiques de fréquence devraient constituer le fondement de la redéfinition de la seconde mais le défi à relever reste leur comparaison à distance et la question de savoir précisément comment les inclure au calcul du TAI. Depuis la dernière réunion de la CGPM, des progrès ont été effectués quant à l'utilisation des fibres optiques et des peignes de fréquence. Les systèmes de mesure par comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite et par systèmes GNSS présentent aussi de meilleures performances. Selon certains exercices de planification, on prévoit qu'en 2020 les comparaisons à distance continentale présenteront au mieux des incertitudes de l'ordre de 0,2 ns, pour les liens de temps par satellite (en Europe), et de l'ordre de 10^{-17} pour des moyennes de un jour, pour les liens de fréquence fondés sur la technologie des fibres optiques. La communauté internationale de la métrologie a donc encore du travail à effectuer pour identifier les techniques optimales. Tel est l'objectif d'un groupe de travail du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) que le BIPM coordonne. Ces progrès auront un grand impact sur la seconde moitié du programme de travail proposé : le BIPM devra être tout à fait prêt à utiliser la nouvelle génération d'horloges, de comparaisons et de techniques de distribution afin de pouvoir réagir lorsque les premiers laboratoires nationaux de métrologie enverront des données temporelles à intégrer au calcul d'un TAI amélioré.

2.2.3 Activités et services qui seront fournis dans le cadre du programme de travail de 2013 à 2016

L'objectif général du Département du temps est de calculer et de disséminer les échelles de temps de référence internationales, le TAI et l'UTC, aux laboratoires des États Membres, et d'améliorer l'infrastructure internationale des comparaisons horaires. Cela permettra, en particulier, de répondre aux demandes croissantes en exactitude exprimées par les opérateurs des nouveaux systèmes globaux de temps. Un objectif à plus long terme est également de se préparer à une éventuelle redéfinition de la seconde.

T-A1 Stabilité de fréquence et exactitude du TAI

Cette activité consiste à :

- calculer le TAI et l'UTC ;

- améliorer les performances des comparaisons entre les horloges conservées par les laboratoires participants ;
- améliorer les liaisons horaires par aller et retour, et établir des liaisons horaires plus robustes à partir de plusieurs systèmes GNSS existants ou à venir, tels que le GPS, le GLONASS, le nouveau système Galileo, ou les nouveaux systèmes émergents ;
- améliorer les algorithmes et logiciels associés afin d'intégrer les données obtenues à l'aide des nouveaux étalons optiques et micro-ondes de fréquence qui sont, et seront, recommandés comme représentations secondaires de la seconde, et améliorer ainsi l'exactitude de la fréquence du TAI.

Le fait de diminuer l'incertitude des comparaisons d'horloges due au bruit statistique et d'intégrer des liaisons horaires établies à partir de plusieurs systèmes GNSS rendra plus robuste et plus fiable le système international de temps. En adaptant les algorithmes afin de pouvoir utiliser des étalons de fréquence de haute exactitude, le TAI sera plus exact et sa traçabilité au SI en sera améliorée.

T-A2 Publication des valeurs de $[UTC - UTC(k)]$

La publication des valeurs de $[UTC - UTC(k)]$ dans la *Circulaire T* du BIPM, où $UTC(k)$ est la réalisation locale de l'UTC conservée par le laboratoire k , permet aux laboratoires nationaux de métrologie et autres participants d'établir leur traçabilité à l'échelle de temps de référence, l'UTC. Les valeurs $[UTC - UTC(k)]$ et les incertitudes associées constituent les degrés d'équivalence pour la comparaison clé dans le domaine du temps, CCTF-K001.UTC. La *Circulaire T* du BIPM est l'unique moyen de dissémination du TAI et de l'UTC aux laboratoires nationaux de métrologie.

T-A3 Renforcement de l'exactitude des liaisons horaires par la détermination des caractéristiques des retards des équipements GNSS des laboratoires

Cette activité consiste à :

- maintenir les étalons voyageurs du BIPM utilisés pour mesurer les retards relatifs, et coordonner des campagnes de mesures dans les laboratoires nationaux de métrologie et autres laboratoires participants ;
- coordonner des campagnes de comparaisons avec les organisations régionales de métrologie, en utilisant les étalons voyageurs de ces dernières ;
- relier les résultats des comparaisons conduites par les organisations régionales de métrologie à celles du BIPM ;
- évaluer l'application potentielle de la mesure des retards absolus des équipements GNSS, ce qui sera le résultat des travaux de recherche effectués de 2009 à 2012.

La détermination des caractéristiques des retards des équipements utilisés pour les comparaisons d'horloges est essentielle aux laboratoires car elle renforce l'exactitude de la dissémination du temps, et au calcul du TAI et de l'UTC car elle évite les sauts de temps générés par l'instabilité des équipements.

T-A4 Activités de coordination

Outre le travail lié à la gestion du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) et du Comité consultatif des longueurs (CCL) et à leurs activités communes, une part considérable du travail du Département du temps concerne la collaboration et la coordination internationales. En

effet, les activités précédemment citées impliquent un certain nombre d'autres organismes tels que :

- l'International GNSS Service (IGS) ;
- le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence (IERS) ;
- l'Union astronomique internationale (UAI) ;
- l'Union internationale des télécommunications, secteur radiocommunications (UIT-R) ;
- l'International Committee on GNSS (ICG).

T-A5 Représentations secondaires de la seconde

Comme il est nécessaire de pouvoir effectuer des comparaisons de fréquence de très haute exactitude pour pouvoir exploiter pleinement le potentiel des nouvelles représentations secondaires de la seconde, qui pourraient devenir le fondement d'une nouvelle définition de la seconde dans l'avenir, le Département continuera à :

- soutenir les activités communes au CCTF et au CCL visant à examiner si les étalons de fréquence optiques, ou autres, peuvent être proposés comme représentations secondaires de la seconde et être utilisés pour la mise en pratique de la définition du mètre ;
- participer aux études et à l'activité du CCTF sur les techniques de comparaison de fréquence d'étalons optiques de très haute exactitude à l'aide de nouvelles méthodes (fibres optiques, liaisons micro-ondes avec des horloges atomiques dans l'espace, comparaison d'horloges par aller et retour et par transmission laser dans le cadre du projet T2L2, peignes de fréquence) et déterminer les méthodes à mettre en œuvre afin de pouvoir inclure les données de ces étalons de fréquence au calcul du TAI afin d'en améliorer l'exactitude.

T-A6 Services internes

Le Département continuera d'assurer un service interne au BIPM de dissémination de fréquences traçables à l'UTC.

2.2.4 Impact du programme de travail proposé

L'activité principale du Département du temps consiste à fournir les échelles de temps de référence, le TAI et l'UTC, et à coordonner les comparaisons d'horloges des laboratoires nationaux de métrologie. Cette activité est unique et le caractère neutre et indépendant du BIPM la justifie pleinement. Les bénéficiaires de cette activité comprennent les laboratoires nationaux de métrologie, les administrations nationales, toutes les communautés qui utilisent un temps précis (les scientifiques, la navigation terrestre et spatiale, les systèmes satellitaires, les communications, etc.) et le temps civil. La façon la plus efficace de maintenir cette activité essentielle est assurément d'utiliser la compétence très pointue et les équipements du BIPM. Le travail de coordination qui s'étend à la coopération avec plus d'une douzaine d'organismes internationaux n'est efficace qu'en raison des compétences et de l'expérience des membres du personnel du BIPM.

Le Département du temps accueille régulièrement des chercheurs invités : c'est par ces contacts et par les symposiums qu'il organise que le Département joue un rôle unique dans le transfert de connaissances dont bénéficient aussi bien les laboratoires déjà établis que les nombreux nouveaux laboratoires ayant besoin des conseils du BIPM pour mettre en place leurs propres activités nationales dans le domaine du temps. Ce transfert de connaissances bénéficie en fin de

compte à tous les États Membres puisqu'il étend l'impact de l'échelle de temps de référence mondiale.

2.2.5 Ressources nécessaires au programme de travail proposé

Au début du programme de travail pour les années 2013 à 2016, le Département du temps comptera neuf membres du personnel engagés à titre permanent. En raison d'un départ à la retraite, ce nombre passera de neuf à huit au cours du programme de travail. Deux chercheurs invités ou en détachement pour une durée de deux ans seront nécessaires :

- pour les travaux menés sur des solutions alternatives aux mesures des retards relatifs des équipements GNSS ;
- pour la liaison micro-ondes pour le transfert de temps, en coopération avec l'équipe du projet Atomic Clock Ensemble in Space (ACES).

Ces deux projets pourraient s'inscrire dans le cadre d'un accord de coopération, le CNES et l'Observatoire de Paris partageant les coûts. De tels arrangements ont déjà été effectués avec succès par le passé et des postes supplémentaires ne seraient pas créés au BIPM pour ces projets.

2.3 Électricité

2.3.1 Ce que le BIPM a accompli dans le cadre du programme de travail de 2009 à 2012

Le programme de travail pour les années 2009 à 2012 du Département de l'électricité se concentre tout particulièrement sur les comparaisons des étalons primaires électriques des laboratoires nationaux de métrologie aux étalons de référence stables et bien caractérisés du BIPM. Ceci permet aux laboratoires d'évaluer leurs propres réalisations de certaines unités électriques. Ces réalisations sont le point de départ des différents chemins de traçabilité que les laboratoires nationaux de métrologie utilisent pour dériver d'autres grandeurs électriques afin de répondre à leurs besoins nationaux. Afin d'obtenir les incertitudes les plus faibles qui soient, et de faire face aux demandes des laboratoires nationaux de métrologie, le Département a réalisé un plus grand nombre de comparaisons sur site d'étalons de tension de Josephson, ainsi que d'autres comparaisons effectuées à l'aide d'étalons voyageurs du BIPM dont les caractéristiques sont parfaitement déterminées.

Environ sept comparaisons par an ont été effectuées en moyenne pour les grandeurs tension, résistance et capacité. En outre, près de cinquante étalonnages par an ont été fournis, pour les mêmes grandeurs, aux laboratoires nationaux de métrologie qui ne possèdent pas d'étalons primaires. Ces comparaisons et étalonnages renforcent l'uniformité mondiale des mesures électriques.

Le Département de l'électricité soutient le projet de balance du watt du BIPM en mettant au point un étalon de tension de Josephson dédié et en contribuant de façon générale aux mesures électriques nécessaires. Le directeur du Département de l'électricité est également responsable du projet de la balance du watt.

Un nouvel étalon primaire de capacité, un condensateur calculable, est actuellement en cours de mise au point en collaboration avec le laboratoire national de métrologie australien, le NMIA : il servira d'équipement international de référence. Ce nouvel équipement permettra de mesurer la valeur de la constante de von Klitzing avec une très faible incertitude, directement à l'aide d'une

technique électrique. La connaissance de cette constante fondamentale s'en trouvera donc améliorée, ce qui renforcera les fondations de la redéfinition du SI.

2.3.2 Éléments moteurs et initiatives scientifiques pour établir les priorités du programme de travail pour les années 2013 à 2016

Le Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM) a réalisé une étude sur les principaux défis de la métrologie de l'électricité. Il est parvenu à la conclusion que de nombreux aspects de la métrologie électrique connaissent un nouvel élan car un certain nombre d'avancées scientifiques ouvrent la voie à une amélioration des mesures. Cette étude a permis de reconsidérer les priorités et activités du Département de l'électricité :

- Une redéfinition de l'ampère et du kilogramme, en fixant les valeurs de e et h , signifierait que les dispositifs à effet Hall quantique et à effet Josephson deviendraient des réalisations directes de l'ohm et du volt tels que définis dans le SI, plutôt que des représentations conventionnelles. Le CIPM espère que les redéfinitions permettront de renforcer l'importance des comparaisons sur site effectuées à l'aide des étalons du BIPM dont les caractéristiques sont parfaitement déterminées. En effet, les laboratoires nationaux de métrologie se prépareront et seront plus demandeurs du niveau métrologique le meilleur. Les besoins en comparaisons seront également plus élevés car le CIPM MRA requiert que l'équivalence des étalons primaires quantiques des laboratoires nationaux de métrologie soit établie, or la plus faible incertitude de comparaison est obtenue lors des comparaisons sur site. En 2009, des questionnaires envoyés aux laboratoires nationaux de métrologie ont montré l'intérêt continu de ces derniers envers les comparaisons sur site : environ quinze laboratoires nationaux de métrologie sont intéressés par une comparaison sur site d'étalons à effet Hall quantique ou à effet Josephson au cours de ces prochaines années.
- La redéfinition de l'ampère s'accompagnera d'une mise en pratique pour les unités électriques qui reposera sur la validité des équations reliant la constante de Josephson K_J et la constante de von Klitzing R_K à la constante de Planck h et à la charge élémentaire e . Il sera nécessaire de vérifier ces équations clés par des expériences présentant une incertitude réduite, et le BIPM contribuera à ce travail en utilisant son étalon actuel de résistance à effet Hall quantique en courant continu, son futur étalon de résistance à effet Hall quantique en courant alternatif, ainsi que son condensateur calculable.
- Au cours de la décennie passée, le nombre de systèmes de résistance à effet Hall quantique a considérablement augmenté. Actuellement, les comparaisons de tels systèmes sont limitées par les propriétés des étalons de transfert à des incertitudes de l'ordre de quelques 10^{-8} . Des comparaisons directes sur site effectuées à l'aide d'un système de résistance à effet Hall quantique transportable ont été demandées à plusieurs occasions afin de parvenir à des incertitudes nettement plus faibles. Le BIPM est en mesure de répondre à ces demandes puisqu'il dispose d'un étalon de résistance à effet Hall quantique transportable. Il s'agit d'un équipement unique.
- Comme la principale avancée en métrologie électrique dans les laboratoires nationaux de métrologie est le passage à des étalons à effet Josephson en courant alternatif pour les mesures de tension et de puissance en courant alternatif, et à des étalons de résistance à effet Hall quantique en courant alternatif pour les mesures d'impédance, le CCEM s'attend à de nouvelles demandes de comparaisons au cours du programme de travail pour les années 2013 à 2016. Il faut donc que le BIPM mette à niveau ses équipements internationaux de référence pour les mesures en courant alternatif.

- Un domaine auquel il faudra porter une plus grande attention à l'avenir est celui de la mesure traçable de champ électrique dans le domaine des micro-ondes. Le BIPM travaillera en collaboration avec le CCEM afin d'établir les priorités dans ce domaine et, si nécessaire, de mettre en place une activité appropriée.
- La balance du watt deviendra partie intégrante des activités du Département des masses lorsqu'elle sera opérationnelle, mais nécessitera toujours l'aide du Département de l'électricité pour les mesures électriques.
- Le nombre croissant d'États Membres, provenant en particulier de pays en développement, devrait conduire à une augmentation des demandes d'étalonnages pour les grandeurs électriques.

2.3.3 Activités et services qui seront fournis dans le cadre du programme de travail de 2013 à 2016

Le principal objectif du Département de l'électricité est de garantir aux laboratoires nationaux de métrologie l'accès aux équipements de référence internationaux du BIPM afin que soient effectués des comparaisons et des étalonnages de leurs étalons nationaux de tension, de résistance et de capacité. Le programme de travail permettra d'adapter ces équipements au courant alternatif afin de permettre aux laboratoires nationaux de métrologie d'établir l'équivalence de leurs mesures dans ce domaine.

E-A1 Comparaisons internationales d'étalons primaires de tension, de résistance et de capacité, et étalonnages correspondants

- Le programme de comparaisons existant sera poursuivi car il permet aux laboratoires nationaux de métrologie de valider et démontrer les performances de leurs étalons primaires électriques de haut niveau. Comme cela a été requis par de nombreux laboratoires nationaux de métrologie, l'une des priorités sera de reprendre les comparaisons sur site de systèmes de résistance à effet Hall quantique à l'aide de l'étalon de résistance à effet Hall quantique transportable du BIPM afin de dépasser les limites actuelles dues aux étalons de transfert et de réduire l'incertitude d'un facteur proche de 5.
- Les services d'étalonnage existants seront poursuivis car ils permettent aux laboratoires nationaux de métrologie ne disposant pas de réalisations primaires d'établir la traçabilité de leurs mesures au SI. Ces services reposent sur les équipements utilisés pour les étalons du BIPM et pour les comparaisons. Le nouveau condensateur calculable devrait devenir l'étalon primaire pour la dissémination de l'unité de capacité. Le Département de l'électricité continuera à effectuer des étalonnages pour les autres départements du BIPM.

E-A2 Mise au point d'un étalon de tension en courant alternatif pour des comparaisons internationales

- Afin de réaliser des comparaisons avec les laboratoires nationaux de métrologie, un étalon de tension à effet Josephson en courant alternatif sera mis au point. Il sera du même type que les réseaux programmables déclenchés par impulsion que les laboratoires nationaux de métrologie développent actuellement très rapidement, et qui leur servent d'étalons de tension en courant alternatif. Ceci permettra également d'étayer les mesures des étalons de puissance en courant alternatif. La première application de ce nouvel étalon interviendra vers la fin de 2016.

E-A3 Mise au point d'un étalon d'impédance pour améliorer les mesures de la constante de von Klitzing

- Le travail sur l'effet Hall quantique en courant continu sera étendu au courant alternatif afin d'établir un système de résistance à effet Hall quantique en courant alternatif qui sera utilisé comme étalon primaire d'impédance. Associé au nouveau condensateur calculable, il permettra une nouvelle détermination de la constante de von Klitzing R_K , ce qui renforcera les fondations de la redéfinition du SI. D'après les progrès obtenus récemment, on peut envisager que l'incertitude des mesures effectuées à l'aide d'un étalon de résistance à effet Hall quantique en courant alternatif sera de deux à trois fois inférieure à celle d'un étalon de résistance à effet Hall quantique en courant continu.

Si nécessaire, cette activité sera complétée par une comparaison des condensateurs calculables qui sont actuellement mis au point par plusieurs laboratoires nationaux de métrologie.

E-A4 Soutien à la balance du watt

- Afin de pouvoir disséminer l'unité de masse une fois le kilogramme redéfini, le BIPM met en place une balance du watt qui sera utilisée sur une période prolongée (activité M-A1). L'un des éléments essentiels d'une balance du watt est l'étalon de tension de Josephson. Un étalon de résistance à effet Hall quantique est également nécessaire pour les étalonnages réguliers de résistance. Le Département de l'électricité fournira ces étalons quantiques et s'assurera de leur fonctionnement.

E-A5 Activités de coordination

- Le Département apporte son aide au Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM) et au Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) en organisant leurs réunions tous les deux ans, ainsi que celles annuelles de leurs groupes de travail. Par ailleurs, le BIPM participe aux activités de certains groupes de travail, notamment en donnant des conseils sur des questions liées à la mise en œuvre du CIPM MRA.

2.3.4 Impact du programme de travail proposé

L'impact principal du programme en électricité est d'établir le fondement de l'uniformité mondiale des mesures des grandeurs électriques. Ces grandeurs sont particulièrement importantes puisque les mesures électriques étayent la majorité des autres mesures. Les programmes de comparaison du Département de l'électricité permettent aux laboratoires nationaux de métrologie d'assurer la cohérence au niveau international de leurs étalons de tension, de résistance et de capacité. Les laboratoires nationaux de métrologie qui ne possèdent pas leurs propres étalons primaires bénéficient d'étalonnages qui sont traçables aux étalons du BIPM utilisés pour les comparaisons. Les comparaisons et les étalonnages permettent aux laboratoires nationaux de métrologie de valider leurs aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) telles que publiées dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB). L'aptitude du BIPM à conserver des équipements de référence internationaux sur des périodes suffisamment longues est fondamentale au succès des programmes de comparaison. Le programme de travail proposé étaye également les redéfinitions à venir de certaines unités de base du SI en contribuant au projet de la balance du watt du BIPM et en réalisant une nouvelle détermination de haute exactitude de la constante de von Klitzing.

2.3.5 Ressources nécessaires au programme de travail proposé

Au début du programme de travail pour les années 2013 à 2016, le Département de l'électricité comptera six membres du personnel engagés à titre permanent. Aucun nouveau recrutement de personnel scientifique à titre permanent ne sera nécessaire pour effectuer le programme proposé. La mise au point d'un étalon de tension de Josephson en courant alternatif nécessitera cependant l'aide d'un chercheur expérimenté en détachement d'un laboratoire national de métrologie pour une durée d'environ six mois, afin d'assurer le transfert de savoir-faire et la mise en place du système.

Le nombre d'États Membres a augmenté au cours du programme de travail pour les années 2009 à 2012, et par conséquent les demandes de comparaisons et d'étalonnages dans le domaine de l'électricité ont aussi augmenté. Jusqu'à la date de la réunion de la CGPM, elles peuvent être prises en charge par le personnel existant mais si le nombre d'États Membres, et par là même les demandes de comparaisons et d'étalonnages, continuent à croître, il sera nécessaire de recruter du personnel technique.

2.4 Rayonnements ionisants

2.4.1 Ce que le BIPM a accompli dans le cadre du programme de travail de 2009 à 2012

Par suite à la hiérarchisation des priorités, le programme initial du Département des rayonnements ionisants a été modifié afin d'ajourner l'extension du Système international de référence (SIR) aux émetteurs de particules alpha, ainsi que la mise en place d'une nouvelle méthode primaire de mesure d'activité des radionucléides. Hormis ces changements, le BIPM est en passe de fournir les services en matière de rayonnements ionisants qui lui ont été fixés pour le programme de travail de 2009 à 2012, tel que recommandé par le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI). Il est en particulier à noter que :

- conformément à la politique du CCRI qui prévoit que les comparaisons des laboratoires nationaux de métrologie restent valides pendant dix années, les comparaisons de dosimétrie continuent à être réalisées, sur demande, selon un cycle de 10 ans ; plus de la moitié des 28 comparaisons prévues étaient déjà effectuées avant la fin de 2010. Ces comparaisons, ainsi que les déterminations des caractéristiques d'étalons nationaux qui ont été effectuées à ce jour, permettent aux laboratoires nationaux de métrologie de confirmer leurs degrés d'équivalence et leur traçabilité au SI par l'intermédiaire du BIPM ;
- un service de comparaisons en mammographie a été lancé en 2009 afin de répondre aux demandes des laboratoires nationaux de métrologie qui doivent satisfaire aux exigences de leur législation ; le NMIJ (Japon), le NIST (États-Unis d'Amérique) et la PTB (Allemagne) ont été les premiers participants, et un premier étalonnage a été effectué pour le NIM (Chine) ;
- la mise au point d'un équipement de référence pour l'étalon de dose absorbée pour les rayons x aux moyennes énergies est en cours ;
- suite à la mise en service réussie du calorimètre à graphite du BIPM, des comparaisons de dosimétrie aux hautes énergies d'étalons primaires calorimétriques ont été effectuées dans les faisceaux de photons délivrés par les accélérateurs linéaires du NRC (Canada), de la PTB (Allemagne) et du NIST (États-Unis d'Amérique), ce qui a permis à ces laboratoires d'asseoir leur confiance dans la dissémination de leurs mesures de dosimétrie pour la

radiothérapie à ces hautes énergies de photons. Les prochaines comparaisons sont programmées au METAS (Suisse) et au NPL (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) en 2011. Des comparaisons ultérieures avec l'ARPANSA (Australie) et le LNE-LNHB (France) sont prévues dans le programme de travail ;

- une comparaison de curiethérapie à des niveaux élevés de dose de ^{192}Ir , très utilisée dans le traitement du cancer, a été initiée en 2009 en collaboration avec des scientifiques en détachement au BIPM. Le VSL (Pays-Bas), le LNE-LNHB (France) et le NPL (Royaume-Uni de Grande Bretagne et d'Irlande du Nord) ont été les premiers participants et d'autres sont prévus en 2011 ;
- les caractéristiques de la deuxième chambre du SIR sont sur le point d'être totalement déterminées à l'aide d'ampoules envoyées par les laboratoires nationaux de métrologie. Ce travail, ainsi que la mise à niveau de l'électronique et les ampoules fournies par le NPL, permettront d'assurer l'avenir de l'équipement du SIR pour les comparaisons des mesures d'activité de radionucléides ;
- la demande accrue des laboratoires nationaux de métrologie pour de nouvelles mesures dans le SIR, afin de remplacer les résultats qui ne sont plus valides, a été satisfaite : 30 ampoules sur les 60 programmées dans le programme de travail pour les années 2009 à 2012 ont déjà été mesurées ;
- le nouvel instrument de transfert du SIR pour les mesures d'activité de radionucléides à courte durée de vie (particulièrement importantes pour la médecine nucléaire) a été mis en service et les premières comparaisons ont été effectuées avec succès au NIST (États-Unis d'Amérique) en 2009 et au KRISS (Corée) en 2010.

2.4.2 Éléments moteurs et initiatives scientifiques pour établir les priorités du programme de travail pour les années 2013 à 2016

Tous les États Membres, à l'exception du Cameroun, utilisent désormais des accélérateurs linéaires cliniques pour traiter le cancer, et neuf laboratoires nationaux de métrologie possèdent actuellement leur(s) propre(s) accélérateur(s) linéaire(s) et sont en mesure de fournir des étalonnages pour leurs services de radiothérapie. Ces laboratoires nationaux de métrologie doivent établir les degrés d'équivalence de leurs étalons primaires de dosimétrie : le BIPM a trouvé une solution temporaire afin de répondre à ce besoin, à savoir transporter sur le site de chacun des laboratoires nationaux l'étalon primaire du BIPM spécialement conçu pour la dosimétrie dans les faisceaux d'accélérateurs linéaires. Les premières comparaisons ainsi réalisées avec le NRC, la PTB et le NIST ont très bien réussi, et quatre autres laboratoires nationaux de métrologie devraient pouvoir établir leur degré d'équivalence d'ici la fin du programme de travail pour les années 2009 à 2012.

Il ne fait aucun doute que la demande pour de telles comparaisons va rapidement croître car les États Membres mettent au point leurs propres étalons afin de répondre au besoin d'améliorer la dosimétrie pour la radiothérapie au niveau national. Le fait pour le BIPM de disposer de son propre équipement permettra aux laboratoires nationaux de métrologie d'asseoir leur confiance, par des comparaisons et étalonnages, dans leurs propres mesures et incertitudes. Le CIPM soutient fortement la recommandation du CCRI selon laquelle il est nécessaire, pour permettre aux États Membres de relever les défis liés à la dissémination des étalons de dosimétrie dans les faisceaux d'accélérateurs, qu'un équipement de référence international fondé sur un accélérateur linéaire soit installé au BIPM et que cela constitue une priorité absolue.

Bien que les comparaisons sur site utilisant les accélérateurs linéaires de laboratoires nationaux de métrologie s'avèrent efficaces, elles ne permettent pas de répondre aux besoins des autres laboratoires nationaux, à savoir la traçabilité directe de leurs mesures au SI avec une incertitude-type d'environ 0,5 %, et la simplification du processus de dissémination afin de réduire les erreurs. Le BIPM ne pourra répondre à ces demandes que s'il dispose d'un équipement de référence international et stable, qui constituera une base robuste pour établir les degrés d'équivalence des laboratoires nationaux de métrologie, ce qui conduira à l'amélioration globale de la traçabilité dans le domaine de la dosimétrie pour la radiothérapie. Il s'agit d'une décision particulièrement importante et les arguments du CIPM pour l'installation d'un accélérateur linéaire de type clinique au BIPM sont exposés plus en détail à la section 1.5.1.

Réduire les incertitudes associées aux mesures d'activité des radionucléides, et effectuer des mesures d'activité de radionucléides à courte durée de vie, constituent des éléments moteurs des activités du CCRI. Le succès du travail initial du BIPM sur les comparaisons de mesures d'activité de radionucléides à courte durée de vie, réalisées à l'aide du nouvel instrument voyageur du SIR sur le site d'un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie, permettra au BIPM d'étendre ce travail à d'autres radionucléides et d'effectuer des comparaisons sur site avec un plus grand nombre de laboratoires nationaux.

L'activité du BIPM dans le domaine des rayonnements ionisants a ainsi pour objectif de fournir des équipements de référence qui répondent aux besoins des laboratoires nationaux de métrologie concernant les progrès des applications de la radiothérapie au niveau approprié d'incertitude de mesure, répondre aux demandes des radiothérapeutes pour une dosimétrie médicale traçable au SI, se préparer aux exigences émergentes en matière d'énergie nucléaire, assurer la traçabilité dans les domaines de la santé publique et du contrôle de la sécurité des rayonnements, et aider les communautés travaillant à la surveillance de l'environnement.

2.4.3 Activités et services qui seront fournis dans le cadre du programme de travail de 2013 à 2016

L'objectif principal du programme des rayonnements ionisants est de continuer à offrir aux États Membres la possibilité de comparer et d'étalonner leurs étalons nationaux de dosimétrie et de mesure d'activité des radionucléides à partir d'équipements de référence internationaux dont la stabilité et les caractéristiques sont bien définies. Ceci permet d'accroître la confiance des utilisateurs de secteurs tels que la médecine et le nucléaire dans les services proposés par les laboratoires nationaux de métrologie. L'un des éléments clés du programme proposé est la mise en place d'un nouvel équipement pour la dosimétrie aux hautes énergies afin de répondre aux besoins de tous les laboratoires nationaux de métrologie en matière de comparaisons et d'étalonnages dans ce champ de rayonnement crucial pour le traitement du cancer.

Le CCRI s'est déclaré satisfait du programme et des réalisations du BIPM dans le domaine de la métrologie des rayonnements ionisants et demande maintenant au BIPM d'entreprendre d'autres activités afin de soutenir les programmes des laboratoires nationaux de métrologie participant au CCRI.

Le CIPM soutient fortement l'acquisition d'un accélérateur linéaire, élément essentiel pour répondre aux demandes explicites des 28 laboratoires nationaux de métrologie représentés au CCRI, ainsi qu'aux demandes de 24 autres laboratoires qui établissent directement ou indirectement leur traçabilité par l'intermédiaire du BIPM.

RI-A1 Dosimétrie

La mise en place d'un équipement de référence de dosimétrie aux hautes énergies de photons fondé sur un accélérateur linéaire de type clinique au BIPM (RI-A1-3) est la pierre angulaire du programme de travail proposé pour les années 2013 à 2016 en dosimétrie. Celui-ci comprend les activités suivantes :

- **RI-A1-1** maintenir l'ensemble des étalons à rayons x du BIPM utilisés pour des comparaisons et étalonnages, y compris les étalons pour la mammographie ainsi que le nouvel étalon de dose absorbée pour les rayons x aux moyennes énergies ;
- **RI-A1-2** maintenir les étalons de dosimétrie du BIPM pour les faisceaux de cobalt et de césium afin de continuer les comparaisons et les étalonnages pour ces énergies de référence acceptées au niveau international, ce qui inclut l'évaluation robuste de la dose absorbée dans l'eau du ^{60}Co à l'aide du calorimètre du BIPM ;
- **RI-A1-3** conduire des comparaisons de dosimétrie dans les faisceaux de photons aux hautes énergies en utilisant le calorimètre étalon du BIPM, ainsi qu'un équipement de référence international stable et aux caractéristiques parfaitement déterminées, fondé sur un accélérateur linéaire. Cela permettra de répondre aux besoins à venir en matière de comparaisons dans les domaines de la dosimétrie des électrons et de la dosimétrie des petits champs afin d'instaurer de nouvelles méthodes de traitements ;
- **RI-A1-4** conduire des comparaisons de curiethérapie en continu à l'aide des étalons de transfert conservés au BIPM ;
- **RI-A1-5** apporter son soutien à la communauté de la dosimétrie des neutrons en conduisant les comparaisons supplémentaires du CCRI dans ce domaine et en vérifiant les instruments de transfert.

RI-A2 Radionucléides

Concernant les mesures d'activité de radionucléides, les priorités consistent à continuer à travailler sur l'instrument de transfert voyageur du SIR qui s'est déjà avéré efficace, et à relancer le projet ajourné d'extension du SIR aux émetteurs de rayonnement alpha pur utilisés pour la thérapie. La construction d'une chambre d'ionisation reliée au SIR pour la réalisation du becquerel a dû être remise à plus tard afin de réduire les coûts dans le but de financer l'acquisition de l'accélérateur linéaire. Par conséquent, les services qui seront fournis par le BIPM pour le programme proposé pour les années 2013 à 2016 dans le domaine des mesures d'activité de radionucléides sont les suivants :

- **RI-A2-1** maintenir les équipements du SIR utilisés pour les comparaisons en continu du SIR de mesures d'activité de radionucléides émetteurs de rayonnement gamma, conduire dans le cadre du SIR des comparaisons d'émetteurs de rayonnement bêta pur à l'aide des nouvelles méthodes de scintillation liquide et étendre le SIR aux émetteurs de rayonnement alpha pur, ce qui avait été ajourné lors du précédent programme, tout en étudiant le défi que constituent les mesures d'activité de faible niveau afin de contribuer aux mesures environnementales ;
- **RI-A2-2** maintenir les équipements de spectrométrie des rayonnements gamma pour les mesures d'impureté dans le cadre du SIR, conduire des comparaisons des radionucléides à courte durée de vie $^{99\text{m}}\text{Tc}$, et ^{18}F à l'aide de l'instrument de transfert du SIR et adapter ce dernier à d'autres radionucléides à courte durée de vie, utilisés par exemple pour la tomographie par émission de positons (PET), tels que ^{11}C , ^{223}Ra , ^{153}Sm , ^{211}At , ^{64}Cu et ^{15}O , par ordre de priorité ;

- **RI-A2-3** organiser les comparaisons du CCRI et y participer ;
- **RI-A2-4** maintenir les méthodes primaires du BIPM utilisées pour les comparaisons du CCRI.

RI-A3 Activités de coordination

Le Département des rayonnements ionisants est également responsable de certaines activités de coordination internationale ; les services qui seront fournis dans ce domaine par le BIPM pour le programme proposé sont les suivants :

- soutenir les activités du CCRI, ce qui inclut l'organisation des réunions biennales du CCRI et de ses sections, ainsi que celles de ses douze groupes de travail, qui en général se réunissent tous les ans ; organiser des ateliers destinés à répondre aux besoins du CCRI, publier des *Monographies*, et préparer des rapports de comparaisons pour publication ;
- soutenir les activités du Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV), ce qui inclut l'organisation des réunions biennales du CCAUV, et de ses deux groupes de travail, et préparer des rapports de comparaisons pour publication ;
- représenter le BIPM à l'ICRU (réunion annuelle et, si nécessaire, participation au comité permanent et au comité d'évaluation), au comité scientifique de l'AIEA (réunion biennale), au bureau exécutif et au comité de programme de l'International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM - réunion biennale) et, selon les besoins, auprès d'autres organisations internationales, par exemple au Conseil de l'EFOMP (Fédération européenne des organisations de physique médicale).

2.4.4 Impact du programme de travail proposé

L'objectif du programme dans le domaine des rayonnements ionisants est de soutenir les mesures de dosimétrie et d'activité des radionucléides, activités essentielles dans le domaine de la santé humaine à la fois pour le diagnostic et le traitement, en particulier lorsque les niveaux de dose délivrée et d'activité sont élevés et que le besoin d'équivalence et d'incertitudes réduites est le plus fort. La législation de la plupart des États Membres couvre ces domaines, ainsi que les besoins en matière de protection humaine et environnementale. Le fait de permettre aux laboratoires nationaux de métrologie d'être confiants envers leurs CMCs dans ces domaines grâce aux comparaisons et étalonnages fournis par le BIPM, a un impact au niveau national pour la traçabilité au SI de leurs mesures. Cela permet de garantir que les patients reçoivent la dose nécessaire quelle que soit la source de rayonnement utilisée, que les données sur les doses sont correctement mesurées afin de limiter, comme il se doit, l'exposition des professionnels aux rayonnements ionisants, et que les limites en matière de dépôts radioactifs dans l'environnement, et également dans les produits alimentaires destinés à la consommation humaine, sont respectées.

2.4.5 Ressources nécessaires au programme de travail proposé

Au début du programme de travail pour les années 2013 à 2016, le Département des rayonnements ionisants comptera neuf membres du personnel engagés à titre permanent. Il sera nécessaire de recruter :

- un technicien à mi-temps pour faire fonctionner l'accélérateur linéaire (RI-A1-3) et assurer sa maintenance, ainsi que pour apporter son aide à la maintenance des autres équipements de

dosimétrie utilisés pour les comparaisons et étalonnages avec les laboratoires nationaux de métrologie.

2.5 Chimie

2.5.1 Ce que le BIPM a accompli dans le cadre du programme de travail de 2009 à 2012

Les activités du programme de chimie sont concentrées sur trois objectifs :

- l'équivalence internationale des étalons de gaz pour le contrôle de la qualité de l'air et la surveillance du changement climatique ;
- l'équivalence internationale des calibrateurs primaires organiques dans les domaines de la santé, de l'alimentation, de la médecine légale, des produits pharmaceutiques, et de la surveillance de l'environnement ;
- l'aide globale aux activités du CCQM et du JCTLM, et les activités de collaboration avec des organisations intergouvernementales.

On prévoit plus de 120 participations des laboratoires nationaux de métrologie à des comparaisons coordonnées par le BIPM lors du programme de travail pour les années 2009 à 2012. Conformément aux plans stratégiques élaborés par les groupes de travail du CCQM, le BIPM, en s'appuyant sur ses travaux de laboratoire, a établi un programme de comparaisons internationales qui ne seraient pas facilement soutenues au niveau national.

Les activités du BIPM aide à l'accomplissement des programmes nationaux, dans le sens où :

- les comparaisons internationales et les résultats y afférents étayent les déclarations d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) des laboratoires nationaux de métrologie dans le domaine des calibrateurs primaires organiques, soit actuellement 12 % des CMCs pour la chimie, et permettent par conséquent de renforcer la traçabilité des résultats de mesure dans des domaines d'application tels que la clinique, l'environnement, l'alimentation, la médecine légale et la pharmacie ;
- le BIPM dispose d'un équipement de référence international pour la comparaison en continu des étalons mesuriers de l'ozone de surface, ainsi que du monoxyde d'azote, du dioxyde d'azote et du formaldéhyde, ce qui permet de soutenir les réseaux nationaux de contrôle de la qualité de l'air et les stratégies de contrôle de la pollution ;
- le BIPM dispose d'un équipement de référence international pour la comparaison des étalons de méthane dans l'air, garantissant la stabilité et la fiabilité des mesures pour la surveillance à long terme des gaz à effet de serre, et leur utilisation dans les modèles de changement climatique et radiatif ;
- les activités du BIPM favorisent la mise au point de matériaux de référence, méthodes et services de rang hiérarchique supérieur au sein des laboratoires nationaux de métrologie et encouragent l'industrie du diagnostic *in vitro* à les utiliser en maintenant la base de données du JCTLM des systèmes de mesure de référence en médecine de laboratoire et en gérant la procédure d'examen des propositions ;
- le BIPM a réalisé une étude sur les besoins métrologiques en matière de services de mesures et comparaisons dans le domaine des biosciences et de la biotechnologie, fournissant des

informations pour l'élaboration des programmes nationaux dans ces domaines ; le projet de rapport de cette étude est disponible sur le site internet du BIPM⁷.

2.5.2 Éléments moteurs et initiatives scientifiques pour établir les priorités du programme de travail pour les années 2013 à 2016

Le programme de chimie au BIPM est en accord avec la stratégie du CCQM visant à mettre en place une série de comparaisons afin d'étayer les aptitudes nationales en matière de mesures, et soutient cette stratégie. Les comparaisons conduites par le BIPM reposent sur des équipements qui, pour des raisons scientifiques, organisationnelles ou financières, se prêtent mieux à soutenir le travail au niveau international qu'au niveau national, tout en répondant aux besoins prioritaires des programmes nationaux.

Parmi les raisons importantes conduisant à mettre au point et à maintenir une infrastructure métrologique internationale en chimie figurent :

- les exigences en matière de surveillance du changement climatique et de la qualité de l'air, ainsi que le contrôle des émissions responsables du réchauffement de la planète et de la pollution de l'air. Ces éléments sont intégrés dans les législations nationales et ont été identifiés par les principaux organismes intergouvernementaux ou internationaux concernés, tels que l'OMM, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), ainsi que d'autres agences des Nations Unies ;
- les demandes concernant des programmes de mesures permettant de répondre aux demandes en termes de traçabilité des communautés de la clinique, de l'alimentation, de la médecine légale, du dopage et de la pharmacie ;
- les progrès des technologies métrologiques permettant de déterminer complètement les caractéristiques de produits biologiques à l'aide de méthodes physico-chimiques, et la nécessité qui en découle de mettre en place des systèmes de mesure de référence pour les communautés médicales afin d'améliorer l'exactitude, la comparabilité et la fiabilité des résultats de mesure utilisés pour le diagnostic et les soins de santé.

2.5.3 Activités et services qui seront fournis dans le cadre du programme de travail de 2013 à 2016

Le programme en chimie du BIPM a été élaboré et soutenu par le CCQM afin :

- qu'il réponde aux besoins stratégiques du CCQM, ce qui est essentiel pour les comparaisons qui permettent d'évaluer et d'analyser les caractéristiques des matériaux de référence produits et utilisés par les laboratoires nationaux de métrologie pour valider leurs propres équipements et méthodes ;
- qu'il accroisse les compétences de laboratoire permettant au BIPM de conduire des comparaisons d'intérêt commun s'appuyant sur des équipements qui ne pourraient pas être pris en charge sur le long terme au niveau national ;
- qu'il prenne en considération les priorités et les lacunes qui ont pu être identifiées lors de consultations avec les laboratoires nationaux de métrologie et avec les organisations internationales en liaison avec le CCQM, telles que l'OMM et son programme de veille de

⁷ http://www.bipm.org/utis/common/pdf/biostudy_report/Biostudy_Report.pdf

l'atmosphère globale, la Fédération internationale de chimie clinique et médecine de laboratoire (IFCC), les pharmacopées, la Commission Codex Alimentarius (OMS/FAO), l'Agence mondiale anti-dopage (AMA) et l'OMS ;

- qu'il réponde aux besoins métrologiques générés par les grands défis sociétaux, en particulier la mise au point et la maintenance d'une infrastructure mondiale afin de surveiller les gaz à effet de serre et de contrôler l'efficacité des stratégies de réduction des émissions visant à atténuer le changement climatique, ainsi que la mise au point de mesures de référence pour le diagnostic et la thérapeutique afin d'améliorer l'exactitude et l'efficacité des soins de santé ;
- qu'il suscite plus de 140 participations de laboratoires nationaux de métrologie aux comparaisons coordonnées par le BIPM lors du programme de travail pour les années 2013 à 2016, l'objectif escompté étant d'améliorer les systèmes de mesure de référence pour l'analyse chimique dans des domaines clés au niveau national.

Le programme de métrologie en chimie du BIPM pour les années 2013 à 2016 a été élaboré en fonction de trois thèmes majeurs :

C-A1 Équivalence internationale des étalons de gaz pour le contrôle de la qualité de l'air et la surveillance du changement climatique

Cette activité a pour objectif de :

- maintenir et perfectionner l'étalon de référence international mesureur d'ozone de surface ;
- mettre au point et maintenir des étalons de référence dynamiques et des équipements primaires, ainsi qu'organiser des comparaisons, pour la surveillance mondiale de la qualité de l'air ;
- mettre au point un équipement de référence international afin de démontrer la comparabilité des étalons de gaz à effet de serre.

Le BIPM coordonnera des comparaisons d'étalons mesureurs d'ozone de surface, d'oxydes d'azote et de formaldéhyde, et soutiendra l'élaboration de méthodes de référence pour les principaux gaz à effet de serre et autres gaz ayant un impact sur la qualité de l'air. Cela permettra aux réseaux nationaux de contrôle de la qualité de l'air et aux stratégies nationales de contrôle de la pollution travaillant sur les polluants hautement prioritaires, d'avoir recours à des étalons exacts reconnus au niveau international et de fournir des mesures adéquates pour évaluer la qualité de l'air et surveiller les effets des mesures de contrôle. Ces activités permettront également de garantir la stabilité et la fiabilité des mesures afin de surveiller sur le long terme les gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone et le méthane, grâce à des comparaisons concernant ces gaz conduites par le BIPM. Ces mesures pourront aussi être utilisées dans les modèles de changement climatique et radiatif et permettront de contrôler l'efficacité des stratégies de réduction des émissions. Enfin, ces activités permettront au programme de veille de l'atmosphère globale de l'OMM de mettre en place des laboratoires centraux d'étalonnage pour les composés organiques volatils et le NO_{xy} afin de surveiller ces espèces au niveau international.

C-A2 Équivalence internationale des calibrateurs primaires organiques dans les domaines de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire, de l'analyse des aliments, de l'analyse de l'environnement, de la médecine légale et de la pharmacie

Cette activité a pour objectif de :

- maintenir et perfectionner l'équipement du BIPM pour déterminer les caractéristiques des calibrateurs primaires organiques ;
- coordonner des comparaisons de références primaires pour l'analyse organique ;
- coordonner des comparaisons et mettre au point des méthodes pour assurer l'équivalence internationale des mesures relatives aux molécules de grande taille pour le diagnostic et la thérapeutique.

Le BIPM coordonnera des comparaisons clés qui permettront de démontrer les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à offrir les services de référence requis en matière d'étalonnage primaire pour étayer les mesures traçables au SI qu'ils réalisent dans le domaine de l'analyse organique. De plus, le BIPM soutiendra les déclarations d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages des laboratoires nationaux de métrologie à fournir des calibrateurs primaires pour les molécules organiques de petite taille (poids moléculaire inférieur à 500) pouvant être utilisés comme substances pures ou sous forme de solutions d'étalonnage. Cette activité doit faciliter la démonstration de l'équivalence des aptitudes nationales à assigner des valeurs aux calibrateurs primaires et aux solutions d'étalonnage, afin d'étayer les systèmes de mesure de référence pour la santé, l'alimentation, l'analyse environnementale, les produits pharmaceutiques et la médecine légale.

Cette activité sera étendue afin de pouvoir caractériser et comparer les déterminations de la pureté pour des molécules organiques de poids moléculaire élevé, notamment les peptides et certaines protéines. Ceci permettra de soutenir la mise en œuvre de systèmes de mesure de référence pour ces entités et d'améliorer l'assurance qualité des mesures liées au diagnostic et des produits thérapeutiques tels que l'insuline, le facteur de croissance analogue à l'insuline de type 1 (IGF-1), l'hormone parathyroïdienne (PTH), l'hormone de croissance humaine (hGh), et la transferrine. Cela permettra aussi aux laboratoires nationaux de métrologie de mettre au point et d'utiliser des matériaux de référence, méthodes, procédures et services de rang hiérarchique supérieur pour les molécules de grande taille, qui seront utilisés par l'industrie du diagnostic *in vitro*, afin d'assurer l'exactitude des mesures liées au diagnostic, de réduire les coûts liés à la répétition des tests, et d'améliorer les soins apportés aux patients. Cette activité encouragera la mise au point de systèmes de mesure de référence pour les molécules de grande taille à effet thérapeutique, pour lesquelles une détermination des caractéristiques physico-chimiques est nécessaire et aux propriétés desquelles on envisage d'assigner une valeur exprimée en unités du SI. L'exactitude des procédés de fabrication des produits thérapeutiques en sera améliorée.

C-A3 Aide au CCQM et au JCTLM, et activités de coordination et de collaboration internationales dans les domaines de la métrologie en chimie et des biosciences

Cette activité a pour objectif de :

- soutenir le travail du CCQM et de ses groupes de travail ;
- soutenir le travail du JCTLM, et maintenir à jour la base de données du JCTLM et les procédures associées ;
- établir des collaborations avec des organisations internationales actives dans les domaines de la métrologie en chimie et des biosciences, et y représenter le BIPM.

Les activités et les tâches dans ce domaine sont liées au rôle du BIPM qui est de mettre en place et soutenir des projets internationaux en métrologie, ainsi que des collaborations avec les organisations bénéficiant d'une infrastructure internationale de métrologie en chimie. Cela permet de bien connaître les infrastructures métrologiques disponibles aux niveaux national et international, de promouvoir les activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre, et de faciliter la mise en place d'activités au niveau national.

Une contribution importante du BIPM dans le domaine de la santé réside dans le fait qu'il conserve la base de données du JCTLM sur les matériaux de référence, méthodes et services de mesure de rang hiérarchique supérieur pour l'industrie du diagnostic *in vitro*. Les diagnostics *in vitro* sont les tests effectués sur des échantillons biologiques afin de diagnostiquer ou d'exclure une pathologie. Ils sont utilisés pour dépister des pathologies, contrôler les thérapies et garantir l'innocuité du sang utilisé pour les transfusions. Près de 64 % des données contenues dans le dossier médical d'un patient résultent de ces tests. Les diagnostics *in vitro* couvrent un large éventail de moyens médicaux qui vont des techniques sophistiquées utilisées par les laboratoires cliniques aux simples autodiagnostic tels que les tests de grossesse. La base de données du JCTLM a été créée afin de répondre aux besoins de l'industrie devant satisfaire aux exigences en matière de traçabilité fixées par la directive européenne sur les dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro*. Depuis, la base de données du JCTLM est devenue une référence mondiale d'informations sur les matériaux de référence, méthodes et services disponibles à partir desquels l'industrie peut établir la traçabilité. Cela permet de garantir l'exactitude des résultats des tests et contribue à poser un diagnostic correct et à attribuer les soins appropriés au patient. Le BIPM maintient la base de données du JCTLM et coordonne la sélection et l'examen annuels des matériaux de référence, méthodes et services à intégrer à la base de données. La base de données du JCTLM contient actuellement 208 matériaux de référence certifiés, 146 méthodes de mesure de référence et 128 services de mesure de référence. Les laboratoires nationaux de métrologie préparent un nombre considérable de calibrateurs primaires pour les substances utilisées dans le diagnostic et leur assignent des valeurs. Les comparaisons internationales conduites par le Département de la chimie permettent de démontrer le degré d'équivalence de ces étalons afin qu'ils soient acceptés au niveau international.

2.5.4 Impact du programme de travail proposé

Les activités techniques du Département de la chimie devraient susciter, lors de chacune des quatre années du programme de travail de 2013 à 2016, plus de 35 participations de laboratoires nationaux de métrologie à des comparaisons coordonnées par le BIPM. Les laboratoires nationaux de métrologie et les États Membres en seront bénéficiaires de diverses façons.

Le programme du BIPM de métrologie en chimie :

- constitue le fondement technique de la comparabilité des résultats de mesure dans les domaines d'application de la médecine clinique, de l'environnement, de l'alimentation, de la médecine légale et de la pharmacie ;
- permet aux réseaux nationaux de contrôle de la qualité de l'air et aux stratégies nationales de contrôle de la pollution concernées par les polluants hautement prioritaires d'avoir recours à des étalons exacts reconnus au niveau international et de fournir des mesures appropriées pour évaluer la qualité de l'air et surveiller les mesures de contrôle ;

- garantit la stabilité et la fiabilité des mesures permettant de contrôler sur le long terme les gaz à effet de serre, ainsi que l'efficacité des stratégies de réduction des émissions, et leur utilisation dans les modèles de changement climatique et radiatif ;
- encourage la mise au point et l'utilisation de matériaux de référence, méthodes et services de rang hiérarchique supérieur par les laboratoires nationaux de métrologie, pour les molécules de petite et grande tailles que l'industrie du diagnostic *in vitro* utilise. Cela permet d'assurer l'exactitude des diagnostics, de réduire les coûts liés à la répétition des tests, et d'améliorer les soins apportés aux patients ;
- encourage la mise au point de systèmes de mesure de référence pour les molécules de grande taille utilisées pour le diagnostic et la thérapeutique, pour lesquelles une détermination des caractéristiques physico-chimiques suffit, et aux propriétés desquelles on envisage d'assigner des valeurs exprimées en unités du SI. Cela permet d'améliorer l'exactitude des systèmes de mesure de référence pour le diagnostic et des procédés de fabrication des produits thérapeutiques.

2.5.5 Ressources nécessaires au programme de travail proposé

Au début du programme de travail pour les années 2013 à 2016, le Département de la chimie comptera neuf membres du personnel engagés à titre permanent. Le recrutement à titre permanent de membres du personnel supplémentaires sera nécessaire pour effectuer le programme du Département de la chimie :

- pour le programme des gaz : un technicien à mi temps ;
- pour l'analyse organique de molécules de grande taille : un scientifique et un technicien.

2.6 Coordination et collaboration internationales

Le BIPM joue un rôle unique dans la coordination de la métrologie au niveau international.

2.6.1 Critères et priorités

Le niveau de ressources du BIPM consacrées aux activités de coordination et de collaboration internationales sera déterminé en fonction des priorités et critères suivants :

- le degré à partir duquel les efforts du BIPM créent une opportunité d'accroître l'utilisation du SI et de mettre en œuvre les notions métrologiques liées à la traçabilité dans de nouveaux domaines d'application ;
- la possibilité, une fois cette opportunité créée, de travailler en partenariat avec une ou plusieurs organisations partageant des objectifs avec le BIPM, ou avec des groupes de laboratoires nationaux de métrologie, tels que les organisations régionales de métrologie ;
- les considérations et les souhaits exprimés par la CGPM et/ou le CIPM.

Le degré d'implication du BIPM dans des collaborations avec d'autres organisations dépend du niveau d'aide et de soutien que ces organisations apportent déjà, ou ont été persuadées d'apporter, au BIPM pour qu'il réalise sa mission et ses objectifs.

2.6.2 Activités et services qui seront fournis dans le cadre du programme de travail de 2013 à 2016

IL-A1 Coordonner et soutenir le travail des dix Comités consultatifs créés par le CIPM

Le travail des Comités consultatifs et de leurs groupes de travail est au cœur de la mission du BIPM. La coordination du travail des Comités consultatifs et le soutien administratif et logistique qui leur est apporté font partie des activités essentielles des membres du personnel du BIPM. Au cours des dernières années, la charge de travail a considérablement augmenté en raison notamment du nombre croissant de groupes de travail mis en place par les Comités consultatifs. Lors des réunions des Comités consultatifs comptant un grand nombre de participants, tels le CCQM qui se réunit une fois par an avec l'ensemble de ses groupes de travail, le BIPM est proche des limites de ses capacités actuelles, tant en termes d'espace que de soutien administratif. Dans le cas du CCQM, étant donné le grand nombre de groupes de travail, des salles de réunion supplémentaires doivent être louées dans un hôtel situé à proximité du BIPM. Lors de telles occasions, jusqu'à 200 personnes peuvent ainsi se réunir au BIPM.

Le BIPM assure le secrétariat exécutif de chacun des dix Comités consultatifs. Les secrétaires exécutifs sont des scientifiques expérimentés, dans la plupart des cas ce sont les directeurs des départements scientifiques du BIPM. L'aide logistique et administrative apportée aux Comités consultatifs est l'une des principales tâches du secrétariat du BIPM.

IL- A2 Organiser et soutenir des ateliers et écoles d'été

La métrologie scientifique et appliquée constitue un domaine de recherche très dynamique. En concertation étroite avec les Comités consultatifs concernés, le BIPM organise des ateliers sur des sujets revêtant une importance ou un intérêt particulier pour la métrologie. Ainsi, au cours du programme de travail pour les années 2009 à 2012, un atelier sur les grandeurs physiologiques et les unités du SI, et un autre atelier sur la métrologie à l'échelle nanométrique se sont déroulés au BIPM ; ils ont permis de rassembler des métrologistes éminents et des spécialistes parmi les plus compétents du monde industriel et universitaire. L'atelier « Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring », organisé en collaboration avec l'OMM, a permis aux métrologistes et aux météorologistes d'échanger leur expérience, l'objectif étant d'améliorer la qualité des données climatiques en assurant la traçabilité des mesures au SI. Les conclusions de tels ateliers sont ensuite mises à la disposition des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres, et des organisations internationales y ayant participé, afin qu'ils puissent élaborer leurs programmes en conséquence. Ces ateliers permettent également de donner certaines orientations au BIPM au sujet de son travail scientifique.

Le BIPM organise régulièrement des écoles d'été pour les métrologistes des laboratoires nationaux de métrologie des États Membres et des Associés, afin de rassembler les jeunes chercheurs les plus prometteurs et de leur proposer des conférences de haut niveau sur la métrologie. Suite aux réponses enthousiastes des participants à la dernière école d'été en 2008, le BIPM prévoit d'en organiser une autre au cours des années 2013 à 2016, probablement en 2014.

IL-A3 Soutenir le CIPM MRA

Le BIPM maintient et met régulièrement à jour la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) qui est au cœur du CIPM MRA. La KCDB contient les résultats des comparaisons clés et supplémentaires qui établissent les degrés d'équivalence des étalons de mesure des laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés participant au CIPM MRA et donne la liste de leurs aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs). En octobre 2010, presque 1 000 comparaisons clés et supplémentaires étaient enregistrées dans

la KCDB et des résultats étaient publiés pour environ 65 % d'entre elles. Au même moment, plus de 23 500 CMCs couvrant tous les domaines de métrologie étaient disponibles depuis le site internet de la KCDB.

Un nouveau logiciel d'analyse des connexions au site internet de la KCDB a été mis en place en janvier 2009. Depuis, le site internet de la KCDB a été visité 7 000 à 8 000 fois par mois en moyenne, ce qui correspond à environ 60 000 pages consultées mensuellement. Il est très difficile d'identifier les visiteurs du site, à l'exception des laboratoires nationaux de métrologie qui constituent une part importante de l'audience, mais les statistiques montrent que le site attire également d'autres communautés, notamment celles des agences de réglementation, des organismes d'accréditation, ainsi que celles des industries et des sociétés commerciales.

Le secrétariat du JCRB est assuré par le BIPM grâce à un secrétaire exécutif du JCRB, qui est détaché par un laboratoire national de métrologie au BIPM, et à des membres de son personnel. Le secrétariat du JCRB est essentiel pour élaborer et mettre à jour, en collaboration avec le JCRB, les documents d'orientation destinés aux organisations régionales de métrologie et aux laboratoires nationaux de métrologie, afin de permettre le bon fonctionnement du CIPM MRA.

Le BIPM gère et met à jour sa page internet pour ce qui concerne les incertitudes associées à ses propres services d'étalonnage. Celle-ci est accessible depuis le site de la KCDB.

Ces activités seront poursuivies au cours du programme de travail proposé.

IL-A4 Coopérer avec les organisations intergouvernementales et organismes internationaux

Cette activité se concentre sur les relations que le BIPM entretient avec l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML), ainsi qu'avec les communautés de l'accréditation et de la normalisation. Ainsi, le BIPM :

- continuera à coopérer étroitement avec l'OIML dans tous les domaines d'intérêt commun ;
- s'assurera, en collaboration avec l'ILAC, que les agences d'accréditation et les laboratoires accrédités portent une plus grande attention aux notions d'incertitude et de traçabilité, et mesurent l'importance de démontrer que les CMCs d'un laboratoire accrédité sont cohérentes avec celles du laboratoire national de métrologie, telles que publiées dans la KCDB, à partir duquel il établit sa traçabilité. De nombreux exemples montrent qu'un tel travail de coopération contribue de manière significative à renforcer le cadre au sein duquel il est possible de continuer à réduire les obstacles techniques au commerce ;
- participera aux comités de l'ISO portant sur l'évaluation de la conformité (CASCO) et veillera à avoir une vision générale des travaux portant sur la terminologie et l'incertitude ;
- sera représenté, si nécessaire, aux comités ISO/CEI sur les grandeurs physiologiques et sur la nanométrie, suite aux ateliers qui se sont tenus au BIPM en novembre 2009 et en février 2010 ;
- sera impliqué dans la révision de normes ISO, en particulier ISO/CEI 17025 et ISO/CEI 17011.

IL-A5 Communiquer et sensibiliser

Il s'agit, par cette activité, de promouvoir le travail du BIPM et d'attirer de nouveaux États Membres ou de nouveaux Associés. Les services qui seront fournis sont les suivants :

- mettre au point la documentation et l'argumentaire afin d'accroître le nombre d'États Membres et d'Associés ;

- faire connaître la Journée mondiale de la métrologie et encourager la distribution de documents promotionnels rédigés par le BIPM à cette occasion ;
- soutenir les nouvelles organisations régionales de métrologie afin qu'elles puissent pleinement jouer leur rôle dans le cadre du CIPM MRA.

IL-A6 Créer de nouvelles opportunités

Cette activité a pour objectif de créer de nouvelles opportunités et de prendre des initiatives afin d'étendre les domaines d'application, l'utilisation et l'impact du SI et des concepts associés de traçabilité et d'incertitude de mesure. Les services qui seront fournis sont les suivants :

- assurer le suivi de l'atelier organisé par le BIPM et l'OMM sur les défis métrologiques concernant les systèmes d'observation mondiaux de surveillance du changement climatique (30 mars – 1^{er} avril 2010), afin de pouvoir mettre en place des groupes de travail interdisciplinaires qui traiteront des besoins dans des domaines existants ou émergents, dont auront convenu le BIPM et l'OMM ; et
- lancer et gérer une étude sur les besoins internationaux en matière de métrologie dans les domaines des nanosciences et de la nanotechnologie, et recommander au CIPM les mesures appropriées afin de prendre en considération ces besoins dans le programme de travail du BIPM pour les années 2017 à 2020.

2.6.3 Impact du programme de travail proposé

Le travail des Comités consultatifs est l'un des principaux piliers de la métrologie internationale. Les Comités consultatifs constituent un outil essentiel et efficace de coordination de la recherche métrologique dans le monde. Ils jouent un rôle important car ils permettent aux meilleurs experts du monde dans chaque domaine d'échanger leurs points de vue afin de faire évoluer la métrologie au niveau international, notamment en ce qui concerne les améliorations et les redéfinitions du Système international d'unités. Les Comités consultatifs jouent également un rôle crucial en ce qui concerne le CIPM MRA. Le succès de la Convention du Mètre est dû dans une large mesure au travail mené à bien par les Comités consultatifs. Ils sont, et resteront, des éléments absolument essentiels à l'amélioration continue du SI.

Les activités de collaboration internationale du BIPM ont augmenté en nombre et en importance au fil du temps. Afin de faciliter le commerce et les échanges internationaux, les États doivent pouvoir disposer d'une infrastructure de qualité efficace, dont la métrologie, la normalisation et l'accréditation sont des éléments clés. Pour garantir une coopération efficace entre les institutions responsables de cette infrastructure de qualité, il est essentiel que les organisations internationales représentant la métrologie, la normalisation et l'accréditation aient les meilleures relations de communication et de coopération possibles. Le BIPM a ainsi établi les relations nécessaires avec les organisations internationales concernées et organise des réunions régulières avec celles-ci.

Cela est particulièrement vrai en ce qui concerne l'accréditation, car l'intégrité de la chaîne de traçabilité doit être préservée de haut en bas, c'est-à-dire de la réalisation primaire de l'unité du SI dans un laboratoire national de métrologie jusqu'aux résultats d'étalonnage utilisés dans des ateliers industriels. Les laboratoires d'étalonnage accrédités jouent un rôle clé dans ce processus : l'étroite collaboration entre le BIPM et l'ILAC revêt donc une grande importance. De la même façon, il est essentiel que les questions portant sur la métrologie soient correctement abordées dans les normes internationales. Cela nécessite une bonne coopération avec les organismes internationaux de normalisation tels que l'ISO, la CEI et l'UIT. Dans le domaine de la métrologie légale, l'OIML formule des recommandations qui sont le fondement des

approbations de modèle pour les instruments de mesure dans un domaine réglementé. Il est important d'échanger efficacement des informations et de collaborer étroitement dans les domaines d'intérêt commun, ainsi que de promouvoir la métrologie comme un objectif commun.

Un nombre significatif d'États mettent actuellement en place leur infrastructure de qualité, et cela se fait souvent avec le soutien d'organisations internationales telles que l'ONUDI. Afin de permettre la mise en place la plus efficace possible de telles structures dans le domaine de la métrologie, le BIPM coopère avec l'ONUDI, souvent en association avec les organisations régionales de métrologie, et apporte des conseils concernant le processus de mise au point.

2.6.4 Ressources nécessaires au programme de travail proposé

En 2010, le BIPM a créé le poste de responsable des relations internationales afin d'aider le directeur et les membres du personnel du BIPM dans cette activité de coordination et de collaboration internationales. Il n'est pas nécessaire de recruter de personnel supplémentaire pour le programme de travail pour les années 2013 à 2016.

2.7 Activités et services de soutien

2.7.1 Services d'étalonnage internes

Le BIPM fournit des services d'étalonnage internes dans les domaines de la pression, des masses, de l'électricité et de la thermométrie.

Ces services consistent à étalonner les instruments de mesure dont les départements scientifiques du BIPM ont besoin pour déterminer les valeurs des grandeurs dont l'incertitude a une influence non négligeable sur l'incertitude de mesure totale de comparaisons ou d'étalonnages. Ces services d'étalonnages ne sont destinés qu'à un usage interne et sont couverts par le Système Qualité du BIPM.

2.7.2 Atelier de mécanique

L'atelier de mécanique est fondamental au bon fonctionnement des laboratoires scientifiques du BIPM. Non seulement l'atelier conçoit et fabrique des pièces spécifiques nécessaires aux expériences de recherche du BIPM, tels que la balance du watt et le condensateur calculable, mais il fabrique également les pièces spéciales nécessaires pour adapter les étalons des laboratoires nationaux de métrologie aux équipements de référence du BIPM. L'atelier est par ailleurs chargé de la réparation des équipements endommagés afin que les comparaisons et étalonnages puissent être réalisés sans retards importants. L'existence d'un tel atelier de mécanique est un préalable indispensable au bon fonctionnement du BIPM.

L'atelier de mécanique fabrique aussi les copies en platine iridié du prototype international du kilogramme, contre remboursement des frais. C'est un service unique dont seuls les États Membres peuvent bénéficier.

Au début du programme de travail pour les années 2013 à 2016, l'atelier de mécanique comptera quatre membres du personnel engagés à titre permanent. Il n'est pas nécessaire de recruter de personnel supplémentaire pour le programme de travail pour les années 2013 à 2016.

2.7.3 Communication et information

Au début de l'année 2010, une nouvelle structure a été créée au BIPM, regroupant les services du secrétariat, de la bibliothèque, des publications et des technologies de l'information. La section Communication et Information a ainsi vu le jour suite à une analyse visant à déterminer comment répondre le plus efficacement possible aux besoins à long terme du BIPM en matière de communication et d'information.

Le fait de regrouper les services liés aux publications, à la traduction, au secrétariat et aux technologies de l'information en une seule section permet d'assurer une communication plus rapide et plus efficace entre ces différents services.

Parmi les responsabilités qui lui incombent, le **secrétariat** gère la charge de travail toujours croissante liée à la coordination administrative des Comités consultatifs. Le secrétariat a en particulier pour mission :

- d'envoyer les invitations aux réunions organisées par le BIPM telles que les réunions de la CGPM, du CIPM, des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie, des Comités consultatifs et des groupes de travail, ainsi que les ateliers, et de s'occuper des démarches nécessaires à la participation à ces réunions, y compris celles relatives aux demandes de visa ;
- d'assurer le bon déroulement des réunions en apportant son aide aux secrétaires exécutifs scientifiques et aux participants ;
- de traduire les rapports officiels tels que les Comptes rendus des réunions de la CGPM et du CIPM, le Rapport du directeur sur l'activité du BIPM, la Brochure sur le SI et d'autres brochures, ainsi que les pages internet du BIPM.

La **bibliothèque** fait partie intégrante du BIPM ; elle est essentielle au travail scientifique, ainsi qu'aux visiteurs qui se rendent au BIPM pour des réunions ou pour un travail de collaboration.

Suite à une étude critique, le nombre de journaux auxquels le BIPM est abonné a de nouveau été réduit et, dans de nombreux cas, le BIPM est passé à des abonnements électroniques uniquement. Ainsi, malgré l'augmentation du prix des abonnements, le BIPM est parvenu à maintenir les coûts de la bibliothèque à environ 1 % du budget du BIPM.

L'équipe des **Publications**, qui constituait auparavant une section indépendante, a été intégrée à la nouvelle section. Ses responsabilités sont les suivantes :

- éditer et produire les publications officielles du BIPM, comme les Comptes rendus des réunions de la CGPM et du CIPM, le Rapport du directeur sur l'activité du BIPM, et éditer le Rapport annuel aux gouvernements sur la situation administrative et financière du BIPM ;
- éditer et produire d'autres publications en français et en anglais, telles que la Brochure sur le SI ;
- éditer et publier les rapports des réunions des Comités consultatifs ;
- prendre en charge la gestion des pages internet du BIPM et mettre en valeur le site internet comme moyen de promotion du BIPM et de la métrologie en général ;
- éditer *Metrologia* et superviser la production, la publication et la commercialisation du journal, publié sous contrat par l'Institute of Physics Publishing (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) ;

- aider les membres du personnel du BIPM à rédiger des textes en anglais et, en particulier, le personnel scientifique à préparer des articles devant être publiés dans des journaux scientifiques ou soumis pour des conférences ;
- produire d'autres publications du BIPM, si nécessaire.

Le journal à comité de lecture *Metrologia* vise à faire avancer la science de la métrologie. Le BIPM fournit ainsi un service unique supplémentaire car *Metrologia* est un journal destiné principalement à la communauté des laboratoires nationaux de métrologie. *Metrologia* publie des articles contribuant à améliorer de façon significative les mesures fondamentales, notamment des articles faisant progresser les connaissances sur les constantes physiques fondamentales ou portant sur les avancées du Système international d'unités. Au cours des quatre années de 2005 à 2008, le facteur d'impact de *Metrologia* est passé de 1,479 à 1,780 et son lectorat s'est considérablement élargi, de sorte qu'en 2009 le journal était présent dans plus de 2 000 laboratoires dans le monde entier. Outre la version imprimée, un *Technical Supplement* de *Metrologia* est également disponible gratuitement en version électronique : il contient des résumés des rapports de comparaisons clés et supplémentaires publiés dans la KCDB, ainsi que des résumés d'autres rapports d'études pilotes publiés sur le site Web du BIPM, et fournit un lien aux textes complets de ces rapports.

Le **site internet du BIPM** constitue désormais le principal moyen de communication du BIPM avec la communauté de la métrologie dans le monde entier. Des sections spécifiques à accès restreint ont été créées pour près de 80 groupes d'utilisateurs différents (parmi lesquels les Comités consultatifs et leurs groupes de travail) afin de leur permettre d'accéder à leurs documents de travail. Par ailleurs, le site internet est une source d'informations très riche qui suscite l'intérêt d'un public varié composé non seulement des métrologistes des laboratoires nationaux de métrologie, mais aussi des représentants des gouvernements, agences de réglementation, organismes d'accréditation, scientifiques des milieux universitaire et industriel, enseignants et étudiants, ou encore journalistes et historiens. Parmi les nombreux services d'importance fournis par le site du BIPM, on peut citer la liste mise à jour des laboratoires participant au CIPM MRA ou le moteur de recherche dédié à la métrologie couvrant les sites internet de tous ces laboratoires.

Comme la plupart des institutions scientifiques, le BIPM s'appuie fortement sur un **service des technologies de l'information** pleinement opérationnel. En particulier, les bases de données de la KCDB et du JCTLM doivent être accessibles en permanence à la communauté extérieure. Le calcul du Temps atomique international (TAI) et du Temps universel coordonné (UTC) dépend de la fiabilité et de la sécurité des services informatiques du BIPM. Par ailleurs, l'équipe informatique du BIPM a également pour tâches de gérer un grand parc matériel et logiciel destiné à des applications scientifiques, financières et administratives, et de garantir les communications électroniques. Au cours du programme de travail pour les années 2009 à 2012, une étude a été réalisée afin d'examiner les investissements qu'il serait nécessaire d'engager à l'avenir pour disposer d'un équipement à jour et préparer l'éventuelle mise en place de nouveaux services informatiques, tels que la vidéoconférence ou la téléphonie par internet.

Afin d'aider l'équipe informatique, une Commission consultative en matière de technologies de l'information a été créée en 2010 afin d'aider le service des technologies de l'information à faire évoluer l'infrastructure informatique du BIPM.

Au début du programme de travail pour les années 2013 à 2016, la section Communication et Information comptera huit membres du personnel. Il n'est pas nécessaire de recruter de personnel supplémentaire pour le programme de travail pour les années 2013 à 2016.

2.7.4 Système Qualité, santé et sécurité du BIPM

Le BIPM maintient un Système Qualité auto-déclaré qui répond, dans la mesure où cela s'applique au BIPM, aux exigences de la norme ISO/CEI 17025:2005 « *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais* » pour ses activités d'étalonnage et de mesurage. Les parties pertinentes du Guide ISO 34:2009 « *Exigences générales pour la compétence des producteurs de matériaux de référence* » sont mises en œuvre par le Département de la chimie. Des audits internes et externes du Système Qualité sont réalisés et le Système Qualité a été présenté à un groupe d'experts des organisations régionales de métrologie. Le Manuel Qualité a été révisé suite aux suggestions faites par l'expert qualité d'un laboratoire national de métrologie lors d'un examen sur site par les pairs du Système Qualité du BIPM. Aucune réclamation, erreur ou non-conformité majeure n'a été déclarée.

Le Système Qualité est géré par un responsable Qualité également en charge des questions de santé et de sécurité au BIPM.

Le BIPM porte une attention particulière à la santé et à la sécurité des membres de son personnel et de ses visiteurs. Aucun problème de santé ou de sécurité important au BIPM n'a été rapporté et la documentation en matière de sécurité est régulièrement mise à jour.

2.8 Finances, administration et services généraux

Le Département Finances, Administration et Services généraux est responsable de la gestion financière et administrative du BIPM, ce qui comprend :

- l'établissement des comptes annuels et des états financiers du BIPM, des plans à moyen et à long terme, du budget annuel et d'une série de fonctions de gestion financière afin de répondre aux besoins de l'organisation ainsi qu'à ceux des départements scientifiques ;
- la gestion de trésorerie ;
- les questions relatives aux achats ;
- la gestion des ressources humaines, y compris la paye, la formation, la gestion du système d'assurance maladie du BIPM, le contrôle et le remboursement des dépenses de voyage ;
- la gestion de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM ;
- la gestion de toutes les questions juridiques, y compris celles relatives aux Statut, Règlement et Instructions applicables aux membres du personnel (SRI) et aux Statut et Règlement de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM, aux accords tels que les protocoles d'accord et les contrats d'achat, au droit des organisations internationales et au droit international ;
- les relations avec les États Membres et les Associés en ce qui concerne les aspects financiers, juridiques et administratifs ;
- les questions logistiques, y compris les opérations douanières et les questions liées à la maintenance du site ;
- l'organisation logistique, en collaboration avec la section Communication et Information, des réunions, conférences, écoles d'été et autres événements organisés au siège du BIPM.

Au cours des trois dernières années, le Département a conduit des réformes majeures du système de gestion financière et administrative du BIPM ; il est en particulier à noter que :

- des amendements ont été apportés à l'accord de siège du BIPM afin de préciser plus avant les immunités dont jouissent le BIPM et les membres de son personnel. Le 30 juillet 2008, la République française a promulgué une loi ratifiant les amendements à l'accord de siège du BIPM, loi publiée au Journal Officiel de la République française ;
- les Statut, Règlement et Instructions applicables aux membres du personnel du BIPM ont été amendés, l'objectif étant de mettre à jour le Règlement du personnel, afin de l'adapter aux normes sociales actuelles et d'offrir des conditions d'emploi compétitives afin d'attirer et de retenir de nouveaux membres du personnel hautement qualifiés. Ces amendements ont été approuvés par le CIPM les 12 février 2008, 17 mars 2009, 16 octobre 2009 et 15 octobre 2010 respectivement ;
- des amendements aux Statut et Règlement de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM ont été effectués afin d'assurer la pérennité financière de la Caisse de retraite sur le long terme et de proposer des conditions d'emploi compétitives afin d'attirer et de retenir de nouveaux membres du personnel hautement qualifiés. Ces amendements ont été approuvés par le CIPM le 16 octobre 2009 ;
- des amendements ont été apportés au Règlement financier du BIPM et de nouvelles règles comptables ont été mises en place, le BIPM passant au 1^{er} janvier 2010 d'une comptabilité de trésorerie à une comptabilité d'engagement. Ces amendements avaient pour but d'accroître l'efficacité et l'efficience de la gestion financière, de renforcer la responsabilité et la transparence, et d'assurer l'utilisation la plus efficace des ressources. Ils ont été approuvés par le CIPM le 16 octobre 2009.

Par ailleurs, le département assure le bon fonctionnement des services généraux, notamment en assurant l'accueil et la sécurité, en apportant un soutien logistique lors des réunions, ainsi qu'en effectuant l'entretien des locaux, du parc et des jardins.

Le Département Finances, Administration et Services généraux est composé de sept membres affectés à la gestion administrative et financière du BIPM, dont un nouveau poste d'administrateur comptable qui a été pourvu en juillet 2010 afin de répondre à la charge de travail croissante relative à l'adoption d'un nouveau système comptable, et de six membres effectuant les tâches liées aux services généraux.

2.9 Bâtiments et parc

Le BIPM est situé dans le domaine national de Saint-Cloud, sur un site historique concédé sans limitation de durée par le gouvernement français. Le Pavillon de Breteuil, ainsi que les autres bâtiments construits depuis la création du BIPM et les jardins qui l'entourent, doivent donc être entretenus avec le plus grand soin.

L'entretien des bâtiments, datant aussi bien du 17^e siècle (le Pavillon de Breteuil et le Petit Pavillon) que de nos jours, est non seulement coûteux mais fait appel à un large éventail de métiers et de techniques.

Une rénovation majeure des bâtiments du BIPM est régulièrement nécessaire afin de répondre à de nouveaux besoins liés à l'évolution du programme de travail, tel que le réaménagement partiel du bâtiment des lasers en 2010 afin de pouvoir y installer des laboratoires supplémentaires pour la métrologie en chimie ou la rénovation du Petit Pavillon pour y construire des salles de réunions après le transfert de l'atelier de mécanique au Pavillon du Mail

en 2001. Il est également nécessaire de rénover régulièrement les anciennes installations. C'est également le cas de l'infrastructure informatique mise en place au début des années 90 qui doit désormais être mise à niveau et modernisée afin de répondre aux besoins actuels.

Lors du programme de travail pour les années 2013 à 2016, afin de mettre en œuvre le programme proposé de dosimétrie pour la radiothérapie, la construction d'un bâtiment abritant l'accélérateur linéaire clinique sera nécessaire ; ce bâtiment devra respecter les normes de santé et de sécurité dans ce domaine et répondre à des besoins opérationnels.

En 2010, le BIPM a fait réaliser un audit énergétique afin d'améliorer l'efficacité énergétique de ses bâtiments et réduire ses dépenses d'énergie, ceci en réponse à l'augmentation significative des dépenses d'énergie et à la nécessité de faire face à de nouvelles augmentations. Ainsi, un programme d'actions correctives a été élaboré : il sera mis en œuvre au cours du programme de travail pour les années 2009 à 2012 et pendant les dix prochaines années et permettra d'améliorer l'efficacité énergétique des bâtiments du BIPM. Ce programme à long terme prévoit également des travaux de rénovation du Nouveau Pavillon et du Pavillon du Mail qui devront être effectués au cours des prochains programmes de travail ; ces bâtiments ont en effet été construits en 1988 et en 2000 respectivement.

Les laboratoires du BIPM sont équipés de systèmes appropriés de conditionnement de l'air afin de maintenir la stabilité de température et d'humidité nécessaire à la métrologie de précision. L'entretien de tels équipements de conditionnement de l'air adaptés aux laboratoires est une tâche importante qui nécessite une attention continue. De plus, un certain nombre d'équipements, dont les performances sont essentielles pour les activités scientifiques, devront être remplacés car ils utilisent un gaz de refroidissement qui, en 2015, ne sera plus autorisé dans l'Union européenne.

2.10 Voyages et transport d'équipements

Les missions du personnel scientifique et du directeur du BIPM dans les laboratoires nationaux et la participation à des conférences et réunions sur la métrologie constituent une part essentielle des activités du BIPM et seront poursuivies. Elles offrent l'opportunité de rester en contact avec les laboratoires nationaux de métrologie, de maintenir et de mettre à jour les connaissances dans les domaines de la recherche et des besoins en métrologie, de présenter les résultats des travaux du personnel scientifique du BIPM et de promouvoir les activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre. Les voyages pour assister à des réunions avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux et régionaux ont augmenté au cours de ces dernières années, traduisant le nombre croissant de collaborations avec ces organisations et organismes.

Les frais liés aux voyages et au transport d'équipement représentent plus de 3 % du budget annuel. Cela reflète non seulement le nombre de réunions auxquelles des membres du personnel du BIPM participent, mais aussi les coûts des comparaisons internationales effectuées en transportant des étalons de référence du BIPM dans les laboratoires nationaux et en envoyant des matériaux de référence à comparer. Les frais liés aux voyages et au transport d'équipement augmenteront au cours des années 2013 à 2016, en raison notamment des comparaisons de dosimétrie dans des faisceaux de photons aux hautes énergies délivrés par des accélérateurs linéaires, effectuées à l'aide du calorimètre étalon du BIPM.

3. Budget et ressources

3.1. Personnel

Au 1^{er} octobre 2010, le nombre total de personnes équivalent temps plein employées au BIPM était de 81 (y compris trois postes vacants sur le point d'être pourvus), dont 75 membres du personnel permanent, 4 chercheurs associés ainsi que 2 autres engagements de durée déterminée. Les membres du personnel du BIPM sont répartis entre les différents départements et sections, comme le montre l'organigramme de la page 66. Sur cet organigramme figurent également les chercheurs associés engagés pour une durée déterminée (généralement de deux ans), ainsi que les membres du personnel travaillant à temps partiel. L'âge moyen de l'ensemble du personnel au 1^{er} octobre 2010 était de 45 ans (46 ans en avril 2007). Seize nationalités sont représentées parmi le personnel du BIPM.

Bien que le travail du BIPM nécessite un noyau permanent de membres du personnel expérimentés, un certain nombre de postes peuvent être pourvus par des engagements de durée déterminée ou pour une tâche particulière limitée dans le temps. Le BIPM propose donc de continuer à pourvoir une proportion de postes relatifs à des projets par des engagements de durée déterminée, par exemple des postes de chercheurs associés.

Le BIPM est parvenu à attirer un certain nombre de scientifiques envoyés en détachement par leur laboratoire national de métrologie pour de courtes durées, de quelques semaines à plusieurs mois. Le BIPM tient à exprimer sa reconnaissance envers les laboratoires nationaux de métrologie et gouvernements qui lui ont ainsi apporté leur aide. Ces détachements de personnel au BIPM favorisent le transfert de technologie : le BIPM continuera donc à en organiser au cours du programme de travail pour les années 2013 à 2016. Il va sans dire que le BIPM ne peut parvenir à attirer des scientifiques de haut niveau en détachement que si son propre travail présente le même niveau d'excellence.

Organigramme du BIPM au 1^{er} octobre 2010

BUREAU DU DIRECTEUR

M. A. J. Wallard

Directeur

M. M. Kühne

Directeur désigné, sous-directeur

MASSES	TEMPS, FRÉQUENCES et GRAVIMÉTRIE	ÉLECTRICITÉ	RAYONNEMENTS IONISANTS	CHIMIE
M. R.S. Davis M. A. Picard ¹ Mme P. Barat Mme H. Fang Mme C. Goyon-Taillade M. F. Idrees (50 %) ² M. A. Kiss	Mme E.F. Arias Mme A. Harmegnies M. Z. Jiang Mme H. Konaté M. W. Lewandowski Mime G. Panfilo M. G. Petit M. L. Robertsson M. L. Tisserand	M. M. Stock ³ M. M.P. Bradley ⁴ M. R. Chayramy Mme E. de Mirandés ⁴ M. N.E. Fletcher M. R. Goebel M. S. Solve M. B. Rolland	Mme P.J. Allisy-Roberts M. D.T. Burns M. S. Courte Mme C. Kessler Mme C. Michotte ⁵ M. M. Montis Mime S. Picard M. G. Ratel M. P. Roger 1 poste vacant ⁶	M. R.I. Wielgosz Mme T. Choiteau Mme A. Daireaux M. E. Flores Jardines M. F. Idrees (50 %) ² M. R.D. Josephs M. P. Moussay M. M.M Petersen ⁴ Mme J. Viallon M. S.W. Westwood 1 poste vacant ⁴
FINANCES, ADMINISTRATION et SERVICES GÉNÉRAUX	COMMUNICATION et INFORMATION	QUALITÉ, SANTÉ et SÉCURITÉ	COORDINATION et COLLABORATION INTERNATIONALES	ATELIER DE MÉCANIQUE et ENTRETIEN DU SITE
Mme B. Perent Finances et administration Services généraux Mme A. Da Ponte M. C. Dias Nunes Mme M.-J. Fernandes Mme A. Mendes de Matos ⁵ Mme I. Neves M. A. Zongo	Mme F. Joly Mme F. de Hargues Mme N. De Sousa Dias ⁶ Mme C. Fellag-Ariouet ⁵ M. L. Le Mée Mme J.R. Milles Mme C. Planche M. R. Sifton 1 poste vacant	M. B. Coehlo ⁶	M. A.S. Henson ⁷ Mme S. Maniguet ^{5,8} Mme C. Thomas ⁹ M. T. Usuda ¹⁰ Secrétaire exécutif du JCRB ¹¹	M. J. Sanjaime ¹² Atelier Entretien du site M. P. Benoit M. E. Dominguez ¹⁴ M. P. Lemartrier M. C. Neves ¹⁴

1 - Adjoint au directeur du Département des masses
2 - Masses/Chimie
3 - Également responsable du projet de la balance du watt
4 - Chercheur associé
5 - A temps partiel
6 - Engagement de durée déterminée
7 - Responsable des relations internationales
8 - KCDB, également à la chimie
9 - Coordonnatrice de la KCDB, également aux publications
10 - En détachement du NMJ/AIST
11 - A pourvoir par un détachement jusqu'au 31 décembre 2010
12 - Chef de l'atelier
13 - Engagement de durée déterminée
14 - Responsable des relations internationales

3.2 Ressources en personnel demandées

Afin de mettre en œuvre le programme de travail proposé, des ressources en personnel supplémentaires sont nécessaires :

pour la poursuite des activités existantes

- masses et balance du watt : un scientifique, un technicien à mi-temps et un chercheur associé pour une durée de deux ans pour travailler à la future redéfinition du kilogramme et à sa mise en pratique ;

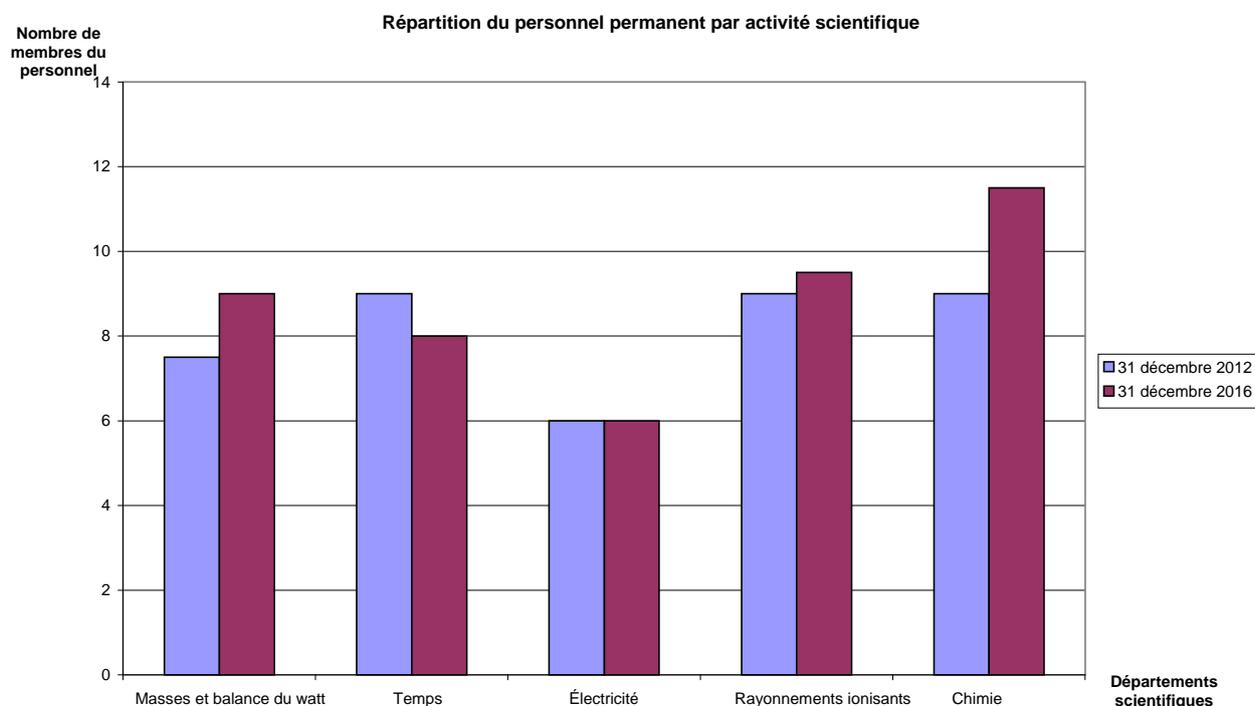
pour l'extension d'activités

- rayonnements ionisants : un technicien à mi-temps afin de participer au fonctionnement de l'accélérateur linéaire ;
- chimie : un scientifique et un technicien afin d'effectuer le programme d'analyse organique de molécules de grande taille utilisées pour le diagnostic et la thérapeutique ; un technicien à mi-temps afin d'assurer le fonctionnement de l'équipement de référence international pour les gaz à effet de serre.

	Scientifiques	Techniciens	Recrutements de durée déterminée	Total
Masses et balance du watt	1	0,5	0,5	2
Temps				
Électricité				
Rayonnements ionisants		0,5		0,5
Chimie	1	1,5		2,5
TOTAL	2	2,5	0,5	5

Au total, il sera nécessaire de recruter 4,5 nouveaux membres du personnel à titre permanent, la poursuite d'activités existantes nécessitant 2 nouveaux membres du personnel et l'extension d'activités 2,5 nouveaux membres du personnel, ainsi que 0,5 personne équivalent temps plein au titre d'un engagement de durée déterminée.

Le graphique ci-après présente la répartition des postes pourvus par des engagements de durée indéterminée et de durée déterminée (équivalent temps plein) par département scientifique, au 31 décembre 2012 et au 31 décembre 2016 :



3.3 Contribution à la Caisse de retraite

Des études actuarielles régulières sont effectuées afin de s'assurer que les actifs de la Caisse de retraite du BIPM sont suffisants pour assurer, sur le long terme, le paiement des droits acquis. La dernière étude actuarielle de la Caisse de retraite du BIPM a été réalisée en 2008 et a conclu qu'en l'absence d'actions correctives programmées, les actifs de la Caisse de retraite du BIPM commenceraient à diminuer de façon significative à partir de 2015, et que la Caisse deviendrait insolvable en 2041.

Cette étude a permis de dégager les points suivants :

- le nombre de pensionnés augmentera de 55 en 2008 à 74 en 2016, avec un pic de 79 retraités en 2033, ce qui signifie qu'il y aura alors plus de retraités que le nombre actuel de membres du personnel en activité (71 au moment de l'étude) ;
- le capital de la Caisse de retraite augmentera jusqu'en 2015 puis commencera à décroître ;
- dès 2041, les actifs ne permettront plus de couvrir le paiement des pensions actuelles et de celles à venir ;
- la valeur actuarielle des actifs est inférieure à celle des engagements actuariels de la Caisse de retraite, il y avait ainsi un déficit actuariel, auquel il a fallu remédier.

Les raisons qui ont conduit à cette situation financière sont principalement l'augmentation de l'espérance de vie de plus de 50 % en 25 ans, et l'abaissement de l'âge de départ à la retraite de 65 ans dans les années 80 à 62 ans en moyenne actuellement.

Afin de remédier à cette situation, le CIPM a décidé en 2009 d'amender les Statut et Règlement de la Caisse de retraite et de prévoyance du BIPM afin d'assurer la pérennité financière de la Caisse de retraite. Les principaux changements, approuvés par le CIPM, sont les suivants : augmentation de l'âge normal de départ à la retraite (il passe de 60 ans à 63 ans pour les membres du personnel recrutés avant le 1^{er} janvier 2010 et âgés de moins de 55 ans, avec des mesures de transition pour les membres de plus de 45 ans ; il est porté à 65 ans pour les membres du personnel recrutés après le 1^{er} janvier 2010), augmentation des cotisations des membres du personnel (de 9 % à 10 % des traitements), et réduction du montant de la pension de retraite pour les membres du personnel recrutés après le 1^{er} janvier 2010. Un certain nombre d'autres amendements ont été adoptés et réduisent de façon significative les avantages annexes pour les membres du personnel recrutés après le 1^{er} janvier 2010. Ainsi, l'étude actuarielle a montré qu'étant donné l'actuel niveau de soutien des États Membres, la pérennité financière de la Caisse de retraite du BIPM serait assurée au moins jusqu'à la moitié du 21^e siècle.

3.4 Budgets des années 2013 à 2016 : dépenses

3.4.1 Récapitulation des dépenses (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Dépenses de personnel	7 336	7 110	7 176	7 490	29 112
Contribution					
à la Caisse de retraite	2 552	2 494	2 529	2 632	10 207
Services généraux	1 457	1 601	1 521	1 462	6 041
Dépenses de laboratoire	1 666	2 447	1 287	1 208	6 608
Bâtiments	3 002	557	569	580	4 708
Divers, imprévus	85	87	88	90	350
Total (A) ⁸ + (B) ⁹	16 098	14 296	13 170	13 462	57 026

⁸ Voir paragraphe 3.4.2.1

⁹ Voir paragraphe 3.4.2.2

3.4.2 Ventilation des dépenses entre celles imputées à la poursuite d'activités existantes et celles imputées à l'extension d'activités (en milliers d'euros)

3.4.2.1 Récapitulation des dépenses imputées à la poursuite d'activités existantes (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Budget opérationnel (C) ¹⁰	12 052	11 921	11 992	12 360	48 325
Budget d'investissement (E) ¹¹	1 073	747	831	741	3 392
Total (A)	13 125	12 668	12 823	13 101	51 717

3.4.2.2 Récapitulation des dépenses imputées à l'extension d'activités (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Budget opérationnel (D) ¹²	381	368	347	361	1 457
Budget d'investissement (E) ¹¹	2 592	1 260			3 852
Total (B)	2 973	1 628	347	361	5 309

3.4.3 Ventilation du budget opérationnel entre les dépenses imputées à la poursuite d'activités existantes et celles imputées à l'extension d'activités (en milliers d'euros)

3.4.3.1 Budget opérationnel pour la poursuite d'activités existantes (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Dépenses de personnel	7 159	6 931	6 990	7 296	28 376
Contribution					
à la Caisse de retraite	2 496	2 431	2 463	2 564	9 954
Services généraux	1 409	1 552	1 511	1 451	5 923
Dépenses de fonctionnement					
de laboratoire	646	659	673	687	2 665
Entretien des bâtiments	257	261	267	272	1 057
Divers, imprévus	85	87	88	90	350
Total du budget opérationnel pour la poursuite d'activités existantes (C)	12 052	11 921	11 992	12 360	48 325

¹⁰ Voir paragraphe 3.4.3.1¹¹ Voir paragraphe 3.4.4¹² Voir paragraphe 3.4.3.2

3.4.3.2 Budget opérationnel pour l'extension d'activités (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Dépenses de personnel	177	179	186	194	736
Contribution à la Caisse de retraite	56	63	66	68	253
Services généraux	48	49	10	11	118
Dépenses de fonctionnement de laboratoire	100	77	85	88	350
Total du budget opérationnel pour l'extension d'activités (D)	381	368	347	361	1 457

3.4.4 Budget d'investissement (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Dépenses de laboratoire					
Équipements nécessaires à la poursuite d'activités existantes	783	451	529	433	2 196
Achat d'un accélérateur linéaire (investissement exceptionnel)		1 200			1 200
Équipements nécessaires à l'extension d'activités	137	60			197
Bâtiments					
Infrastructure	290	296	302	308	1 196
Construction d'un bâtiment de protection pour l'accélérateur linéaire (investissement exceptionnel)	2 455				2 455
Total du budget d'investissement (E)	3 665	2 007	831	741	7 244

3.4.5 Ventilation des dépenses de services généraux (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Chauffage, eau, électricité	309	325	341	357	1 332
Assurances	44	45	46	47	182
Publications	96	69	70	71	306
Frais de bureau	168	171	174	178	691
Voyages et transport de matériel	503	473	441	451	1 868
Réunions	126	302	229	134	791
Bibliothèque	163	167	170	173	673
Bureau du CIPM	48	49	50	51	198
Total	1 457	1 601	1 521	1 462	6 041

3.4.6 Ventilation des dépenses de laboratoire (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Masses et balance du watt	387	273	277	283	1 220
Temps	90	90	92	58	330
Électricité	217	99	101	103	520
Rayonnements ionisants	183	1 386	197	202	1 968
Chimie	537	342	356	293	1 528
Atelier de mécanique	77	79	82	84	322
Services généraux et scientifiques des laboratoires	175	178	182	185	720
Total	1 666	2 447	1 287	1 208	6 608

3.5 Budgets des années 2013 à 2016 : recettes (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Dotation	12 462	12 711	12 965	13 224	51 362
Souscriptions*	287	292	298	304	1 181
Autres recettes	479	586	494	501	2 060
Total (F)	13 228	13 589	13 757	14 029	54 603

* Cette somme correspond aux trente États et entités économiques associés à la CGPM en septembre 2010.

3.6 Récapitulation des recettes et des dépenses (en milliers d'euros)

	2013	2014	2015	2016	4 années
Récapitulation des recettes (F)	13 228	13 589	13 757	14 029	54 603
Récapitulation des dépenses (A) + (B)	16 098	14 296	13 170	13 462	57 026
Solde budgétaire	- 2 870	- 707	587	567	- 2 423

3.7 Flux de trésorerie estimé pour les années 2013 à 2016

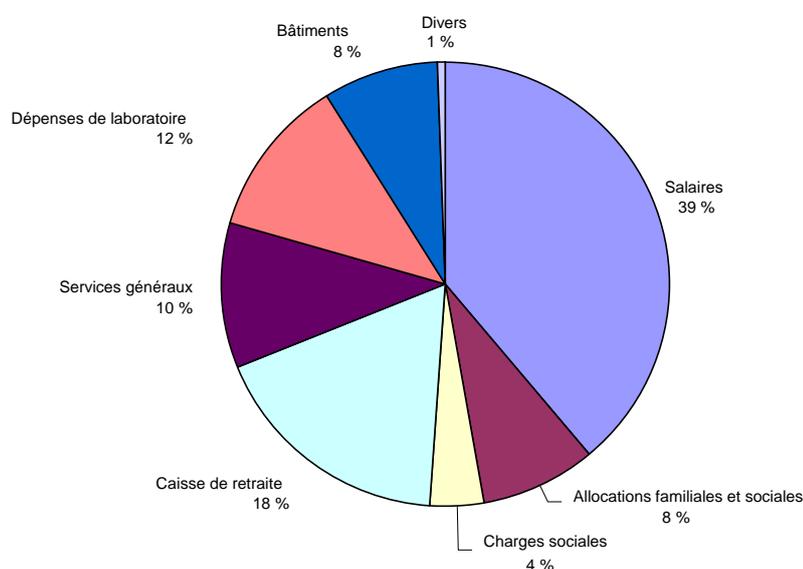
	2013	2014	2015	2016	4 années
Récapitulation des recettes (F)	13 228	13 589	13 757	14 029	54 603
Récapitulation des budgets opérationnels (C) + (D)	12 433	12 289	12 339	12 721	49 782
Budget d'investissement (E)	3 665	2 007	831	741	7 244
Flux de trésorerie net (G)	- 2 870	- 707	587	567	- 2 423
	2013	2014	2015	2016	
Trésorerie estimée à l'ouverture de l'exercice (FR)	7 066	4 196	3 489	4 076	
Flux de trésorerie net (G)	- 2 870	- 707	587	567	
Trésorerie à la clôture de l'exercice (FR)	4 196	3 489	4 076	4 643	

La trésorerie estimée à l'ouverture de l'exercice correspond au fonds de réserve (*FR*) créé par la CGPM en 1901 afin de couvrir les fluctuations de paiement des contributions annuelles des États Membres et les coûts d'infrastructure du BIPM, et de faire face à toute dépense imprévue. Le fonds de réserve est constitué des contributions d'entrée payées par les États accédant à la Convention du Mètre, et des crédits budgétaires correspondant à des dépenses non engagées qui ne sont pas reportées sur le budget des années 2013 à 2016.

Le CIPM reconsidère régulièrement le niveau du fonds de réserve qui, historiquement, a représenté de 40 à 150 % du budget opérationnel annuel. Du fait de la récente amélioration de la situation concernant le paiement des contributions annuelles par les États Membres, il est possible de réduire le niveau du fonds de réserve de façon temporaire en dessous du seuil de 40 %, ce qui permet de disposer d'une trésorerie suffisante pour financer à la fois les activités opérationnelles et le fonds d'investissement, ainsi que de reconstituer partiellement le fonds de réserve durant les quatre années 2013 à 2016.

3.8 Représentation graphique des prévisions de dépenses pour les années 2013 à 2016

Récapitulation des principaux postes et répartition des dépenses de personnel



Annexe : Résumé du document de planification stratégique « Examining options for addressing the needs for dosimetry comparisons and calibrations using a linear accelerator » du 21 mai 2010

Selon les chiffres de l'Organisation mondiale de la santé, le nombre de cas de cancer a doublé dans le monde entre les années 1975 et 2000. Les derniers chiffres indiquent que le nombre de personnes atteintes d'un cancer va encore doubler d'ici 2020, et pratiquement tripler d'ici 2030, avec des projections de 26 millions de nouveaux cas diagnostiqués et 17 millions de décès par an. L'American Cancer Society publie, pour l'Amérique du Nord, des données sur la probabilité pour un individu d'être diagnostiqué d'un cancer et celle d'en décéder. Les statistiques sont sévères : le risque pour un homme de développer un cancer au cours de sa vie est de presque 1 sur 2, et le risque d'en décéder de 1 sur 4 ; ces risques sont légèrement plus faibles pour une femme, ils sont respectivement de 1 sur 3 et de 1 sur 5.

Plus de la moitié des patients atteints d'un cancer sont traités par radiothérapie médicale, principalement par des thérapies utilisant des faisceaux de rayonnement. Bien que l'utilisation des sources de cobalt-60 (^{60}Co) reste importante, les accélérateurs linéaires de type clinique constituent déjà, dans de nombreux pays, l'équipement privilégié pour traiter le cancer. En 2010, plus de 8 000 accélérateurs étaient utilisés dans le monde entier, et ce chiffre ne cesse d'augmenter. Ces accélérateurs fonctionnent à des tensions d'accélération allant jusqu'à 20 MV, voire 25 MV, contre environ 4 MV en termes équivalents pour le ^{60}Co .

Tel que la communauté internationale de la physique médicale en a convenu à la fin des années 50, le BIPM fournit et met au point des étalons de référence en dosimétrie dans des faisceaux de rayons x (jusqu'à 250 kV) aux caractéristiques déterminées, et dans les faisceaux de photons du ^{137}Cs et du ^{60}Co . Il en résulte une aptitude en matière de mesures et d'étalonnages pour le BIPM qui est disséminée depuis les laboratoires nationaux de métrologie et l'AIEA à la communauté de la physique médicale, ainsi qu'aux autres communautés des rayonnements ionisants. Cette aptitude du BIPM a ainsi permis d'étayer la radiothérapie dans les hôpitaux et les cliniques du monde entier depuis cette époque. Toutefois, avec la transition technologique des sources de ^{60}Co aux accélérateurs linéaires de hautes énergies, la CGPM à sa 23^e réunion en 2007 a invité le CIPM à examiner, puis à présenter à la CGPM à sa 24^e réunion en 2011, des options pour répondre aux besoins en matière de comparaisons et étalonnages en dosimétrie fondés sur l'utilisation d'un accélérateur linéaire.

Un tel équipement :

- permettrait aux États Membres qui utilisent des équipements nationaux d'étalonnage aux hautes énergies de comparer leurs aptitudes et de résoudre les erreurs systématiques (puisque le BIPM a déjà mis au point un étalon primaire pour la dosimétrie fondée sur le rayonnement des accélérateurs) ;
- fournirait aux quarante-quatre autres États Membres des déterminations des caractéristiques de leurs étalons nationaux, effectuées dans un faisceau de photons de haute énergie, ce qui permettrait de réduire les incertitudes associées à l'extrapolation des résultats d'étalonnages effectués à de plus basses énergies.

L'AIEA¹³, l'ICRU¹⁴, l'IOMP¹⁵ et l'OMS¹⁶ considèrent que l'acquisition par le BIPM d'un accélérateur linéaire est justifiée : l'utilisation d'un tel équipement permettrait de réduire de

¹³ Agence internationale de l'énergie atomique

¹⁴ International Commission on Radiation Units and Measurements

façon appropriée cliniquement les incertitudes liées aux faisceaux de rayonnement utilisés pour délivrer la dose afin de traiter la tumeur, et de réduire de façon importante le risque d'erreurs. Ces quatre organismes ont écrit des lettres officielles afin d'apporter leur soutien au projet d'installation et d'utilisation d'un accélérateur linéaire sur le site du BIPM.

Au printemps 2010, le BIPM a entrepris une étude¹⁷ afin d'étudier les différentes options pouvant être envisagées. Cette étude a pris pour référence les coûts liés à la poursuite du service actuel (option A) et a évalué comparativement les coûts des deux autres solutions possibles identifiées concernant le projet d'accélérateur linéaire :

- l'option B étudie la faisabilité et le coût de la mise en place d'une aptitude en matière de mesures et d'étalonnages aux énergies d'accélérateurs, en utilisant l'accélérateur déjà installé d'un laboratoire national de métrologie de l'un des États Membres ;
- l'option C étudie la faisabilité et le coût de l'acquisition et de l'installation d'un accélérateur au BIPM à Sèvres, qui sera dédié aux comparaisons aux hautes énergies et aux déterminations des caractéristiques des étalons nationaux. Ce service sera disponible pour l'ensemble des États Membres.

Afin de pouvoir étudier l'option B, une demande a été adressée aux laboratoires nationaux de métrologie qui possèdent un accélérateur répondant aux besoins du BIPM. La meilleure offre reçue pour l'option B provient de la PTB, mais elle ne remplit pas tout à fait les conditions concernant les exigences techniques et le temps d'accessibilité à l'accélérateur. Elle a néanmoins été considérée plus avant. Il a également été nécessaire d'extrapoler les chiffres indiqués pour le coût de l'option B afin de pouvoir comparer le rapport qualité-coût de l'option C sur une base équivalente.

¹⁵ International Organization for Medical Physics

¹⁶ Organisation mondiale de la santé

¹⁷ Document de planification stratégique « Examining options for addressing the needs for dosimetry comparisons and calibrations using a linear accelerator », projet du 21 mai 2010 ; disponible sur demande, uniquement en anglais.

Bien que l'étude ait été terminée, d'autres réductions de coût modérées ont été identifiées à temps et ont pu être intégrées à la présentation faite en mai 2010 aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie. Ces réductions supplémentaires sont également incluses dans le tableau ci-dessous.

	Coût pour la période 2013 à 2016	Coût pour toute la durée de vie de l'équipement 2013 à 2028
	milliers d'euros	milliers d'euros
Option B : utilisation de l'accélérateur linéaire de la PTB, accès de 12 semaines maximum (24 semaines de temps-machine en travaillant à deux équipes)	1 249	5 715
Option C : équipement disponible pendant 28 semaines au BIPM en travaillant à une équipe, extension à 40 semaines envisageable avec peu d'implications financières	4 231	5 697*

**Le coût de l'option C est ramené à 4 597 milliers d'euros sur la période de 2013 à 2028 si le bâtiment de protection est amorti sur 30 ans plutôt que sur 15 ans.*

Une comparaison de l'estimation du rapport qualité-coût a été effectuée entre l'offre de la PTB (option B) d'utiliser l'accélérateur sur 12 semaines en travaillant à deux équipes, et l'utilisation de l'accélérateur du BIPM (option C) sur 28 semaines minimum en travaillant à une équipe. Cette estimation permet de connaître le coût de l'offre de la PTB si ce laboratoire national avait pu proposer le temps d'accès requis à l'accélérateur, c'est-à-dire 28 semaines. En partant de cette base équivalente, le coût de l'option B pour toute la durée de vie de l'équipement s'élève à plus de 8 millions d'euros de 2013 à 2028.

La réponse à la demande faite aux laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre de l'option B :

- n'a pas permis d'identifier de laboratoire national de métrologie en mesure de proposer un équipement répondant complètement aux exigences techniques souhaitées ;
- n'a pas permis d'identifier de laboratoire national de métrologie en mesure de proposer le temps d'accès souhaité ;
- a permis d'identifier une solution envisageable mais non idéale (12 semaines en travaillant à deux équipes à la PTB).

L'étude :

- indique que le modèle proposé par la PTB, nécessitant deux équipes et deux campagnes de six semaines chaque année, occasionne un certain nombre de défis opérationnels ; il limite en particulier la flexibilité des services offerts aux États Membres et augmente le risque de ne pas pouvoir fournir le service car le temps d'accès à l'équipement sera

utilisé à plein et ne laisse pas de marge pour surmonter les problèmes ou retards classiques qui surviennent lors de comparaisons et étalonnages au plus haut niveau international ;

- indique que l'option C présente la plus grande flexibilité lorsqu'il s'agit d'envisager de répondre aux demandes supplémentaires qui sont susceptibles de survenir (avec peu d'implications financières) ;
- indique qu'entre les options B et C, c'est l'option C, qui consiste à installer un accélérateur linéaire sur le site BIPM, qui présente le meilleur rapport qualité-coût, en particulier si une période d'amortissement réaliste est appliquée au bâtiment de protection de l'accélérateur ;
- établit que l'option C implique un investissement significatif pour la période de 2013 à 2016, ce qui constitue un défi pour les États Membres.

Ainsi, après avoir examiné les différentes options, le BIPM est parvenu à la conclusion que l'option C, correspondant à l'installation d'un accélérateur linéaire de type clinique sur le site du BIPM, serait la meilleure solution pour que le BIPM continue à fournir et développer le service le plus approprié pour soutenir les États Membres en ce qui concerne les comparaisons de dosimétrie dans des faisceaux à haute énergie et les déterminations des caractéristiques des étalons nationaux de dosimétrie au cours du prochain programme et de ceux qui suivront. L'option C constitue l'offre qui présente le meilleur rapport qualité-coût à long terme pour les États Membres.

La proposition du BIPM est, de façon générale, de financer l'acquisition de l'accélérateur linéaire et des équipements associés avec la dotation, et de financer en grande partie le bâtiment de protection en utilisant la trésorerie provenant du paiement de la contribution d'entrée par les États devenant Membres, ainsi qu'avec les crédits résultant de dépenses non effectuées qui ne sont pas reportées sur le budget des années 2013 à 2016.

Note

Après cette étude, qui a été présentée aux directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en juin 2010, le BIPM a reçu une autre offre pour l'utilisation de l'accélérateur linéaire du NPL (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord). Cette offre doit être étudiée.



IAEA

Atoms for Peace

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

国际原子能机构

International Atomic Energy Agency

Agence internationale de l'énergie atomique

Международное агентство по атомной энергии

Organismo Internacional de Energia Atómica

REÇU

Le 22 MARS 2010

Professor Andrew J. Wallard

Director

Bureau international des poids et
mesures (BIPM)

Pavillon de Breteuil

F-92312 Sèvres Cedex

France

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

Phone: (+43 1) 2600 • Fax: (+43 1) 26007

Email: Official.Mail@iaea.org • Internet: <http://www.iaea.org>

In reply please refer to: 326-E2.01

Dial directly to extension: (+431) 2600-21653

2010-03-19

Dear Professor Wallard,

I am providing this letter in response to your request regarding the BIPM project to establish absorbed dose to water standards for high energy photon and electron beams.

As you are aware, accuracy of patient dose delivery is vital in radiotherapy. Medical physicists working in hospitals and dosimetry laboratories respond to this need with continued efforts to improve the accuracy of the reference dosimetry. The estimation of the relevant uncertainties provided in IAEA Codes of Practice for Dosimetry showed that the largest contribution to the uncertainty during beam calibration of a radiotherapy machine arises from the large number of steps the medical physicist needs to perform for calibration as well as from the use of different physical quantities and correction factors that need to be applied to determine the reference radiation dose rate.

The most recent international dosimetry protocol (TRS-398, published by the IAEA in 2000) aims at reducing the uncertainty in determining absorbed dose to water in radiotherapy beams — the quantity most often used for beam calibration. As is recommended in this international dosimetry protocol, directly measured beam quality energy correction factors at different high energy photon and electron beam qualities are the preferred option for radiotherapy dosimetry. The implementation of these directly measured beam quality energy correction factors can only be possible if Primary Standards Dosimetry Laboratories (PSDLs) are equipped with linear accelerators (LINACs). The number of PSDLs that have LINACs has been increasing since 2000. Consequently, the establishment of international standards in terms of absorbed dose to water for high energy photon and electron beams using a LINAC at the BIPM will enable these national standards to be compared, and calibrations to be provided for national SSDLs in line with the recommendations of the International Dosimetry Protocol. This work would contribute significantly to improved accuracy in radiotherapy dosimetry and thus benefit cancer patients receiving radiotherapy treatment.

Furthermore, the IAEA and its Member States would benefit from the availability of absorbed dose to water standards for high energy photon and electron beams at the BIPM. Firstly, the IAEA will have access to these beams for the quality control of its IAEA/WHO postal TLD service that checks about 500 radiotherapy beams in the world each year. Secondly, the IAEA can facilitate the direct

calibration of its Member States' national dosimetry standards for these high energy beams. Finally, within the framework of IAEA coordinated research projects, the BIPM facilities could be used to support the dosimetry work that would be required for the revision or preparation of international dosimetry protocols.

Yours sincerely,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'W. Burkart', with a stylized flourish at the end.

Werner Burkart
Deputy Director General
Head of the Department of Nuclear Sciences
and Applications



International Commission on Radiation Units and Measurements, Inc.

7910 Woodmont Avenue, Suite 400, Bethesda, Maryland 20814-3095 USA

Voice +1-301-657-2652 Ext. 31 • Fax +1-301-907-8768

<http://www.icru.org> • email: icru@icru.org

OFFICERS

Hans-Georg Menzel, *Chairman*
CERN
Geneva, Switzerland

André Wambersie, *Vice Chairman*
Université Catholique de Louvain
Brussels, Belgium

Dan T L Jones, *Secretary*
iThemba Laboratory for Accelerator
Based Sciences
Somerset West, South Africa

MEMBERS

Peter Dawson
Hammersmith Hospital
London, UK

Paul M DeLuca Jr
University of Wisconsin
Madison, WI, USA

Kunio Doi
University of Chicago
Chicago, IL, USA

Elena Fantuzzi
ENEA, Istituto di Radioprotezione
Rome, Italy

Reinhard A Gahbauer
Ohio State University Medical Center
Columbus, OH, USA

Barry D Michael
Gray Cancer Institute
Oxford, UK

Herwig G Paretzke
GSF Institut für Strahlenschutz
Neuerberg, Germany

Stephen M Seltzer
National Institute of Standards and Technology
Gaithersburg MD, USA

Hideo Tatsuzaki
National Institute of Radiological Sciences
Chiba, Japan

Gordon F Whitmore, *Consultant to Board*
Ontario Cancer Institute
Toronto, Ontario, Canada

HONORARY CHAIRMAN
André Allisy

HONORARY COUNSEL
W. Roger Ney

SCIENTIFIC EDITOR:
JOURNAL OF THE ICRU
Stephen M. Seltzer

MANAGING EDITORS:
ICRU WEBSITE & ICRU NEWS
Reinhard A Gahbauer
Dan T L Jones

HONORARY EDITOR: ICRU NEWS
Heinrich G Ebert

EXECUTIVE SECRETARY
Patricia L. Russell

**ASSISTANT EXECUTIVE
SECRETARY**
Laura J. Atwel

May 17, 2010

Professor Andrew J. Wallard, Director
Bureau International des Poids et Mesures
Pavillon de Breteuil
F-92312 Sèvres cedex
France

Dear Prof. Wallard:

The International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) wishes to express its strong support for the acquisition by the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) of an electron-accelerator facility that will provide appropriate electron and high-energy x-ray beams to facilitate the comparison of national measurement standards for the dosimetry of these beams used in medical therapy. The ICRU has, since its inception in 1925, striven to develop and harmonize (a) quantities and units of ionizing radiation and radioactivity, (b) procedures for the measurement and application of these quantities in clinical radiology and radiobiology, and (c) physical data needed in the application of these procedures to assure uniformity in reporting.

Early efforts of the ICRU focused on defining basic measurable quantities for the new x-ray beams finding increasing use in medical applications. This work involved decades of numerous ICRU-hosted comparisons of instrument-based national measurement standards, leading to better defined quantities, improved measurements, and convergence to an acceptable level of international agreement on measurement standards. During the 1950s, the ICRU decided that the comparison of national standards could be better carried out by the BIPM as an integral part of its program under the Treaty of the Meter. The ICRU petition to the BIPM resulted in the establishment in 1958 of the Comité Consultatif pour les Etalons de Mesure des Rayonnements Ionisants or the Consultative Committee on Standards for the Measurement of Ionizing Radiations (CCEMRI), which was renamed the Consultative Committee on Ionizing Radiation (CCRI) in 1997.



The success over the more than a half-century of the BIPM program in ionizing radiation has been outstanding, greatly facilitating the improvement and harmonization of measurements of ionizing radiation worldwide. This success directly supports and improves the health and safety of a large fraction of the world population (virtually everyone in the more developed nations) who undergo diagnostic x-ray examinations and in some cases radiotherapy. Radiation therapy is used predominantly to treat cancer; more than half (~60 %) of all cancer patients are treated with radiation. According to a 2008 edition of the *World Cancer Report* from the International Agency for Research on Cancer, cancer will become the leading cause of death worldwide this year, 2010. The projected numbers worldwide for 2030 are 20M to 26M new diagnoses and 13M to 17M deaths. As in other technology areas, radiotherapy has developed significantly over the years, progressing from ⁶⁰Co therapy units to the nearly complete reliance on medical electron accelerators, and more recently including other particle (*e.g.*, proton and carbon-ion) accelerators. The number of these accelerators will need to increase significantly over the next 20 years to handle the large projected number of cancer patients.

Delivering the correct dose of radiation to the cancer site, while largely sparing healthy tissue, is vital for successful cancer treatment. The work of the CCRI has been of inestimable value toward this goal. However, the current facilities of the BIPM include only a ⁶⁰Co unit for its work on the crucial measurements of absorbed dose in radiation therapy, while national primary standards laboratories have been moving on to establish national measurement standards directly for the absorbed dose from the medical accelerator beams now used in radiotherapy. The CCRI has worked to address these technical advancements by developing a suitable standard instrument for measurements in the beams produced by these electron accelerators. However, to continue the successes in ionizing radiation metrology that have long underpinned radiation therapy, the BIPM must have a suitable medical accelerator facility with which to refine their in-house standards and expertise, and with which to conduct international comparisons of national measurement standards for radiation therapy.

To do this requires a relatively modest investment by the Member States of the Treaty of the Meter. The BIPM estimates non-recurrent capital costs to be a bit over \$5M and recurrent (staff and maintenance) costs to be less than approximately \$150k/y. Although such a cost is significant compared to the BIPM budget of some \$15M/y, it pales to insignificance compared to a roughly estimated \$5 – \$6 trillion in global expenditures for healthcare in 2010. Assuming that about 10 % of healthcare expenditures is for cancer and that only a fraction (say, one fourth) of that goes directly for radiation therapy, the capital costs of the BIPM accelerator facility represent a scant 0.004 % of the global expenditures for radiation therapy in one year. The total costs over the projected 16-year life of the accelerator then represents less than about 0.0004 % of the global expenditures for radiation therapy for the same period. Because accurate current data on healthcare expenditures are largely unavailable, these estimates could be in error by significant factors; but their order of magnitude can be expected to be reasonably correct. Surely the benefit of an international facility providing this needed radiation dosimetry traceability is justified on the basis of such modest relative cost. Even recognizing the economic and political impediments to funding by national governments, the *pro rata* amounts involved in the BIPM request are trivial on the scale of Member State budgets.

Sincerely,



Hans-Georg Menzel, Chairman
International Commission on Radiation Units and Measurements



<http://www.iomp.org>

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MEDICAL PHYSICS

Member of the International Union of Physical and Engineering Sciences in Medicine
(Union Member of the International Council for Science)

President

Prof. Dr. Fridtjof Nüsslin
Clinic for Radiotherapy & Rad. Oncology
Klinikum Rechts der Isar der
Technischen Universität München
Ismaninger Str 22
D-81675 Munich, Germany
Tel: +49 (0)89 4140 4517
Tel Mobile: +49 172 7220635
nuesslin@lrz.tum.de

Vice-President

Dr. Kin Yin Cheung
Department of Clinical Oncology
Prince of Wales Hospital
Shatin, Hong Kong, China
Tel: +852 26322110
Fax: +852 26324558
kycheung@ha.org.hk

Secretary-General

Dr. Madan M. Rehani
Ex-Professor of Medical Physics,
Radiation Safety Specialist,
Radiation Protection of Patients Unit,
International Atomic Energy Agency (IAEA),
VIC, PO Box 200, A-1400, Vienna, Austria
Tel.: +43-1-2600-22733,
Fax: +43-1-26007-22733
sg.iomp@gmail.com

Treasurer

Dr Slavik Tabakov, CSci, FHEA, FIPEM
Reader in Medical Physics,
Programme Director for
MSc in Medical Engineering and Physics
Dept. Medical Engineering and Physics
King's College London - School of Medicine
Guy's and St Thomas' Hospital
London SE5 9RS, United Kingdom
tel. & fax +44 (0)20 3299 3536
slavik.tabakov@emerald2.co.uk

Professor A.J. Wallard
Director
BIPM
Pavillon de Breteuil
92312 SEVRES cedex
France

October 13, 2010

Dear Professor Wallard

IOMP Support for the proposal for a BIPM accelerator dosimetry reference facility

The IOMP sent a message to you in 2009 expressing its support of the BIPM in setting up an international reference facility for radiotherapy dosimetry in megavoltage accelerator beams. I am now writing formally to confirm this support and to emphasize that international traceability is crucial for confidence in radiotherapy doses for patients worldwide.

We represent over 18 000 medical physicists working in 80 countries and the majority of these scientists are directly involved in radiotherapy physics of which dosimetry is a vital part. We are particularly concerned that dosimetry in developing countries should be traceable and we rely heavily on the IAEA programs, in particular the IAEA/WHO dosimetry audits, to confirm this.

Unfortunately, the evidence is that the complexity of multistage protocols together with the use of generic energy-correction factors result in differences in dosimetry that border on the unacceptable. The BIPM should be equipped with the necessary international reference to provide direct calibrations in megavoltage beam of national standards for the IAEA and the Member States. This dosimetry would then be transferred directly to the hospitals by their national metrology system. This direct traceability would provide a much more satisfactory solution as it

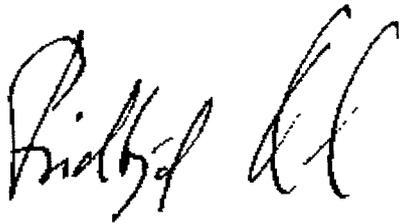
Ian Wolstencroft, CPFA
IOMP Administrative Secretary
Fairmount House, 230, Tadcaster Road, York, YO24 1ES, United Kingdom
Tel: +44 1904 610821
Fax: +44 1904 612279
Email: ian@ipem.ac.uk

would reduce the expanded uncertainties on the final beam calibration data from 3 % to 2 %. This reference beam dosimetry is the basic input to the treatment planning systems and so, perhaps of even more importance, it should reduce the probability for calibration errors in dosimetry.

Reducing uncertainties and errors in this way can only be beneficial to the six million patients that are currently treated using radiation beams each year. Although only a small fraction of this number is as yet treated in the developing countries, with the explosion in the number of cancer cases predicted by the WHO and the IAEA for developing countries over the next 10 years, a shortened, more direct route to the SI gray should enable an additional 400 000 patients each year to have positive outcomes following their treatment with accelerator beams – a significant number I am sure you will agree.

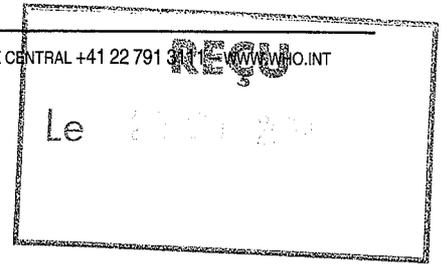
I trust that our arguments will help to convince your Member States of the importance of this future reference facility for all countries around the world and in particular for those in various stages of development to ensure that their patients have an equal opportunity for the correct treatment, wherever in the world they live.

Yours sincerely



Professor F. Nüsslin
President

Ian Wolstencroft, CPFA
IOMP Administrative Secretary
Fairmount House, 230, Tadcaster Road, York, YO24 1ES, United Kingdom
Tel: +44 1904 610821
Fax: +44 1904 612279
Email: ian@ipem.ac.uk



Tel. direct: +41 22 791 4387
Fax direct: +41 22 791 4836
E-mail : groths@who.int

In reply please
refer to: EHT-DIM-SG/gbi

Your reference:

Dr A.J. Wallard
Director
BIPM
Pavillon de Breteuil
12 bis Grande Rue
F-92310 Sèvres
France

24 September 2009

Dear Dr Wallard,

Having been made aware of the suggestion of the secretariat of the BIPM to extend the dosimetry standards to megavoltage photon and electron beams as are now used in clinical radiotherapy throughout the world, WHO wishes to take the opportunity to welcome this suggestion. SI traceability is fundamental to the quality services offered under the SSDL network and the TLD programme run jointly between IAEA and WHO.

The IAEA/WHO Network of Secondary Standards Dosimetry Laboratories (SSDL Network) was established in 1976 as a joint project between IAEA and WHO. At present, it includes 80 laboratories and 6 SSDL national organizations in 67 Member States, of which over half are developing countries.

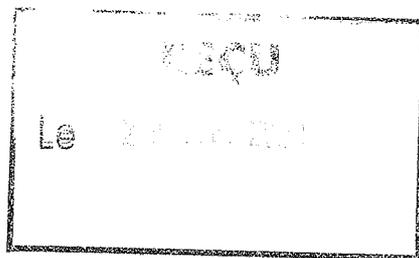
The SSDL network also includes 15 affiliated members (Primary Standard Dosimetry Laboratories, PSDLs) and 5 collaborating organizations; these supply support to the Network.

The SSDL project has the responsibility to verify that the services provided by the national laboratories follow internationally accepted metrological standards, including also the traceability for radiation protection instruments. IAEA's support is accomplished first with the transmission of calibration factors for ionization chambers from the BIPM or PSDLs through the IAEA's Dosimetry Laboratory.

For more than 30 years, the IAEA's dosimetry programme has operated a service to validate the calibration of radiation beams in developing Member States using the IAEA/WHO TLD postal dose quality audits. Originally the TLD (thermoluminescent dosimetry) service was developed for Co-60 therapy units, and since 1991 it provides audits of high-energy photon beams produced in clinical accelerators. The TLD service also monitors activities of SSDLs in radiotherapy since 1981, and it has recently been extended to auditing radiation protection standardization in SSDLs.

.../2

Dr A.J. Wallard
Sèvres



24 September 2009

EHT-DIM-SG/gbi

In both programmes, for hospitals and for SSDLs, small TL dosimeters are distributed by mail to the participants for irradiation and upon their return, they are read in the IAEA's Dosimetry Laboratory. The TLD dose is calculated in the DMRP Section and is compared to the dose stated by the participant. The interpretation of individual TLD results involves also detailed analysis of the dosimetry procedures reported by the participants. When discrepancies occur, a follow-up action is organized to resolve the problems and correct dosimetry at the participating institutions.

The aim of QA audits in dosimetry for SSDLs is to check the implementation of the dosimetry code of practice in order to assure proper dissemination of dosimetry standards to the end users, such as radiotherapy hospitals and radiation protection institutions. In the two parallel TLD audit programmes for the SSDLs, for radiotherapy dosimetry (Co-60 and high-energy photon beams) and for radiation protection dosimetry (Cs-137 irradiators), the dose levels differ 1000 times. The service is provided in two irradiation runs per year, each run involving 30 SSDLs active in radiotherapy dosimetry and 15 SSDLs active in radiation protection dosimetry. Due to the IAEA/WHO TLD programme high quality of dosimetry practices is assured in the SSDLs.

For these two services, the SSDL network and the TLD programme, WHO is directly dependent upon the quality of the work carried out by BIPM. The suggestion to extend the facilities at the BIPM to include megavoltage dosimetry is thus emphatically supported. Megavoltage dosimetry would assure the worldwide dissemination and SI traceability of absorbed dose to water in high-energy beams, a quantity that is essential for the correct delivery of radiotherapy prescriptions, a vital component of cancer treatment.

Yours sincerely,

Dr Steffen Groth
Director
Essential Health Technologies

Activités (A) proposées

Département des masses

- M-A1 Mettre en place et maintenir une balance du watt pleinement opérationnelle
- M-A2 Conduire une comparaison clé de balances du watt
- M-A3 Établir et maintenir la valeur moyenne appropriée de l'ensemble des nouveaux étalons de masses
- M-A4 Maintenir les équipements de dissémination utilisant des artefacts de masse
- M-A5 Maintenir les équipements de mesure
- M-A6 Poursuivre les services d'étalonnage internes
- M-A7 Finaliser l'équipement d'étalonnage de l'humidité
- M-A8 Poursuivre les activités de coordination

Département du temps

- T-A1 Stabilité de fréquence et exactitude du TAI
- T-A2 Publication des valeurs de $[UTC - UTC(k)]$
- T-A3 Renforcement de l'exactitude des liaisons horaires par la détermination des caractéristiques des retards des équipements GNSS des laboratoires
- T-A4 Activités de coordination
- T-A5 Représentations secondaires de la seconde
- T-A6 Services internes

Département de l'électricité

- E-A1 Comparaisons internationales d'étalons primaires de tension, de résistance et de capacité, et étalonnages correspondants
- E-A2 Mise au point d'un étalon de tension en courant alternatif pour des comparaisons internationales
- E-A3 Mise au point d'un étalon d'impédance pour améliorer les mesures de la constante de von Klitzing
- E-A4 Soutien à la balance du watt
- E-A5 Activités de coordination

Département des rayonnements ionisants

- RI-A1 Dosimétrie
- RI-A2 Radionucléides
- RI-A3 Activités de coordination

Département de la chimie

- C-A1 Équivalence internationale des étalons de gaz pour le contrôle de la qualité de l'air et la surveillance du changement climatique
- C-A2 Équivalence internationale des calibrateurs primaires organiques dans les domaines de la chimie clinique et de la médecine de laboratoire, de l'analyse des aliments, de l'analyse de l'environnement, de la médecine légale et de la pharmacie
- C-A3 Aide au CCQM et au JCTLM, et activités de coordination et de collaboration internationales dans les domaines de la métrologie en chimie et des biosciences

Coordination et collaboration internationales

- IL-A1 Coordonner et soutenir le travail des dix Comités consultatifs créés par le CIPM
- IL-A2 Organiser et soutenir des ateliers et écoles d'été
- IL-A3 Soutenir le CIPM MRA
- IL-A4 Coopérer avec les organisations intergouvernementales et organismes internationaux
- IL-A5 Communiquer et sensibiliser
- IL-A6 Créer de nouvelles opportunités



Bureau International des Poids et Mesures

General Conference on Weights and Measures

24th meeting (17-21 October 2011)

Note on the use of the English text

To make its work more widely accessible the International Committee for Weights and Measures publishes an English version of its reports.

Readers should note that the official record is always that of the French text. This must be used when an authoritative reference is required or when there is doubt about the interpretation of the text.

Table of contents

List of delegates and invitees 9

Proceedings, 17-21 October 2011 361

Agenda 368

- 1 Presentation of credentials by Delegates 371
- 2 Opening of the meeting 371
- 3 Address on behalf of His Excellency the *Ministre des Affaires Étrangères et Européennes de la République Française* 371
- 4 Reply by the President of the International Committee for Weights and Measures 373
- 5 Address by the President of the *Académie des Sciences de Paris*, President of the 24th meeting of the General Conference 374
- 6 Nomination of the Secretary of the General Conference meeting 376
- 7 Establishment of the list of Delegates entitled to vote 377
- 8 Approval of the agenda 379
- 9 Report of the President of the CIPM on the work accomplished since the 23rd meeting of the General Conference on Weights and Measures (November 2007 – September 2011) 379
 - 9.1 Introductory remarks 381
 - 9.2 Progress on Resolutions since the 23rd meeting of the CGPM 382
 - 9.3 The Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes (CIPM MRA) 386
 - 9.4 The Consultative Committees 387
 - 9.5 Workshops 388
 - 9.6 Summer School 390
 - 9.7 Consultative Committees and the redefinition of some base units of the SI 391
 - 9.8 The Joint Committees 392
 - 9.9 Collaboration with OIML, ILAC and ISO and other intergovernmental organizations and international bodies 392
 - 9.10 World Metrology Day 393
 - 9.11 Meetings of NMI Directors 394
 - 9.12 Meeting of representatives of States Parties to the Metre Convention 394

- 9.13 The work of the BIPM **395**
- 9.14 Administration and Finance **402**
- 9.15 Conclusion **405**
- 10 Relations with intergovernmental organizations and international bodies **405**
 - 10.1 Reports on relations with the IAEA, OIML, WMO, WHO, CIE and ILAC **406**
 - 10.2 Initiatives to strengthen collaboration between NMIs and national accreditation bodies **412**
- 11 Report of the CIPM on the possible redefinition of a number of base units of the SI and initiatives to improve the accuracy and traceability of measurements related to climate change **413**
 - 11.1 Forthcoming changes to the International System of Units, the SI **413**
 - 11.2 Metrology, climate change and the carbon economy **417**
- 12 On the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM **418**
- 13 Programme of work at the BIPM and financial implications **422**
 - 13.1 Programme of work at the BIPM for the years 2013-2016 **422**
 - 13.2 Annual dotation of the BIPM **429**
- 14 Nomination of members of the Working Group on the Dotation of the BIPM **429**
- 15 Discussion on the programme of work and funding options **430**
- 16 Report on the implementation of the CIPM MRA **434**
- 17 Report on issues related to Associates of the General Conference **435**
 - 17.1 On the status of Associate State of the General Conference **435**
 - 17.2 On the acceptance of Economies as Associate of the General Conference **435**
- 18 On the exclusion of States Parties to the Metre Convention having financial arrears for more than six years **437**
- 19 On rescheduling agreements between the CIPM and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears **438**
- 20 On a convention on the privileges and immunities of the BIPM **443**
- 21 Initial report from the Working Group on the Dotation of the BIPM **444**
- 22 Discussion on the Draft Resolutions **445**
- 23 Reports of the Presidents of Consultative Committees **453**
 - 23.1 Consultative Committee for Length **453**
 - 23.2 Consultative Committee for Mass and Related Quantities **456**
 - 23.3 Consultative Committee for Electricity and Magnetism **466**
 - 23.4 Consultative Committee for Thermometry **469**
 - 23.5 Consultative Committee for Time and Frequency **482**
 - 23.6 Consultative Committee for Photometry and Radiometry **487**

- 23.7 Consultative Committee for Ionizing Radiation **493**
- 23.8 Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry **498**
- 23.9 Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration **516**
- 23.10 Consultative Committee for Units **521**
- 24 Final report from the Working Group on the Dotation of the BIPM **523**
- 25 Votes on resolutions **524**
- 26 Renewal of half of the CIPM **527**
- 27 Other business **529**
- 28 Closure of the 24th meeting of the CGPM **530**

Resolutions adopted by the General Conference on Weights and Measures at its 24th meeting (2011) 531

- On the possible future revision of the International System of Units, the SI **532**
- On the importance of international collaboration so as to place measurements to monitor climate change on an SI traceable basis **537**
- Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2015 **539**
- On the status of Associate State of the General Conference **540**
- On the acceptance of Economies as Associate of the General Conference **542**
- On financial arrears of States Parties to the Metre Convention **543**
- On rescheduling agreements between the International Committee for Weights and Measures and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears **544**
- On the revision of the *mise en pratique* of the metre and the development of new optical frequency standards **546**
- On the adoption of a common terrestrial reference system **547**
- On the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM **548**

Appendix A Convocation of the General Conference on Weights and Measures (24th meeting) 551

Appendix B Programme of work and budget of the BIPM for the four years 2013-2016 603

List of acronyms used in the present volume 669

**Proceedings of the 24th meeting
of the General Conference
on Weights and Measures
17-21 October 2011**

Agenda

The final agenda is adopted as follows:

- 1 Opening of the meeting.
- 2 Address by His Excellency the *Ministre des Affaires Etrangères et Européennes de la République Française*.
- 3 Reply by the President of the CIPM.
- 4 Address by the President of the *Académie des sciences de Paris*, President of the General Conference.
- 5 Presentation of credentials by Delegates.
- 6 Nomination of the Secretary of the General Conference.
- 7 Establishment of the list of Delegates entitled to vote.
- 8 Approval of the agenda.
- 9 Report of the President of the CIPM on the work accomplished since the 23rd meeting of the General Conference.
- 10 Report on relations with intergovernmental organizations and international bodies:
 - 10.1 Reports from organizations and bodies which include the International Organization of Legal Metrology (OIML), the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), the World Health Organization (WHO), the World Meteorological Organization (WMO), the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC), the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the International Commission on Illumination (CIE);
 - 10.2 Initiatives taken to strengthen the collaboration between National Metrology Institutes and National Accreditation Bodies.
- 11 Report of the CIPM on the possible redefinition of a number of base units of the SI and initiatives to improve the accuracy and traceability of measurements related to climate change:
 - 11.1 Forthcoming changes to the International System of Units, the SI;
 - 11.2 Metrology, climate change and the carbon economy.
- 12 On the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM.
- 13 Programme of work at the BIPM and financial implications:
 - 13.1 Programme of work at the BIPM for the years 2013 to 2016;
 - 13.2 Annual dotation of the International Bureau of Weights and Measures.
- 14 Nomination of members of the Working Group on the dotation of the BIPM.
- 15 Report on the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement.

- 16 Report on issues related to Associates of the General Conference:
 - 16.1 On the status of Associate State of the General Conference;
 - 16.2 On the acceptance of Economies as Associate of the General Conference.
- 17 On the exclusion of States Parties to the Metre Convention having financial arrears for more than six years:
 - 17.1 On the exclusion of the Republic of Cameroon;
 - 17.2 On the exclusion of the Dominican Republic;
 - 17.3 On the exclusion of the Islamic Republic of Iran;
 - 17.4 On the exclusion of the Democratic People's Republic of Korea.
- 18 On rescheduling agreements between the International Committee for Weights and Measures and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears.
- 19 On a Convention on the privileges and immunities of the BIPM.
- 20 Reports of Presidents of Consultative Committees:
 - 20.1 The Consultative Committee for Length;
 - 20.2 The Consultative Committee for Mass and Related Quantities;
 - 20.3 The Consultative Committee for Time and Frequency;
 - 20.4 The Consultative Committee for Electricity and Magnetism;
 - 20.5 The Consultative Committee for Thermometry;
 - 20.6 The Consultative Committee for Photometry and Radiometry;
 - 20.7 The Consultative Committee for Ionizing Radiation;
 - 20.8 The Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry;
 - 20.9 The Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration; and
 - 20.10 The Consultative Committee for Units.
- 21 Proposals by Delegates.
- 22 Renewal of half of the CIPM.
- 23 Votes on all Resolutions.
- 24 Other business.
- 25 Closure of the meeting.

1 Presentation of credentials by Delegates

The Convocation required that details of the composition of each delegation be sent to the BIPM at least two weeks before the opening of the meeting of the General Conference on Weights and Measures (hereinafter CGPM or General Conference). On arrival, Delegates were required to present their credentials from their Government.

2 Opening of the meeting of the General Conference on Weights and Measures

The first session of the 24th meeting of the General Conference on Weights and Measures was opened, on behalf of Prof. Carpentier, President of the *Académie des Sciences de Paris*, by Prof. Bordé, physicist and member of the *Académie des Sciences de Paris*.

The opening was followed by a declaration, given on behalf of His Excellency the *Ministre des Affaires Étrangères et Européennes de la République Française*, by the *Secrétaire général*, Mr Sellal.

3 Address on behalf of His Excellency the *Ministre des Affaires Étrangères et Européennes de la République Française*

Mr Sellal, *Secrétaire général* of the *Ministère des Affaires Étrangères et Européennes de la République Française*, gave the following speech:

Mr President, Ladies and Gentlemen,

In the name of Mr Alain Juppé, Minister for Foreign and European Affairs, and in that of the Government of the French Republic, I have the great honour and pleasure to welcome you today to Paris on the occasion of the opening of this 24th meeting of the General Conference on Weights and Measures.

For over 135 years, France has had the honour of being the depository of the Metre Convention, signed in Paris by 17 States, with the aim of establishing a world-wide authority in the field of metrology.

The principal task of the International Bureau of Weights and Measures was, at the outset, to conserve the prototypes of the metre and kilogram.

This mission remains without a doubt relevant today and has never stopped evolving. More than ever, the increase in exchanges, scientific and technical developments and the emergence of global issues require common references and frameworks available to all.

Globalization, as we all know, brings at the same time increasing diversity and a need for convergence.

Because of their complexity, their technical nature and the interrelationships which define them, the economic, environmental and social challenges with which the world is confronted nowadays cannot be addressed, discussed and certainly solved or mastered at the political level without the contribution of science and the active participation of scientists.

Diplomacy also needs rigour, references which are as indisputable as possible, and measures which may strengthen confidence.

There is indeed a growing demand for reliable, recognized, comparable measurements and results at the international level. We are deeply convinced that an efficient international regulatory system is not possible without common frameworks. This is what we have felt during the preparations for the G20 summit which will take place in France in a few weeks and, in that context, I cannot help but think about the relevance of the message of your Conference, whatever the distance that may seem to separate the world of physics from the world of finance.

The history of your organization seems to be based on a two-fold objective, that of achieving objectivity and universality. On the one hand, it is a question of obtaining the highest accuracy and rigour in defining units. On the other hand, it is essential to seek to promote the development of these units and secure acceptance as universally as possible.

It is in this spirit that, a little more than ten years ago, in October 1999, the directors of the National Metrology Institutes of 38 Member States of the BIPM, and the representatives of two international organizations, signed an Arrangement of mutual recognition of national measurement standards (CIPM MRA).

This Arrangement meets the increased need for a transparent and comprehensive tool capable of providing users with reliable quantitative information about the equivalence of services provided by the National Metrology Institutes. To encourage the widest possible participation in the CIPM MRA, the CGPM established a new status – the category of Associate of the CGPM – enabling States and economic entities to demonstrate their competence in the field of measurement.

So what are the issues of metrology today?

Metrology is little known to the general public and remains one of the essential bases of our daily life, as only measurement enables us to participate in world-wide industry, the environment and health. It is therefore vital for our societies that metrological methods, instruments and standards adapt with the evolution of our societies.

Recently, the alignment of time scales used by global navigation systems to the international references of the BIPM has enabled exact positioning everywhere on Earth and its immediate environment. Similarly, unification and traceability measurements of greenhouse gases have stimulated studies linked to the global climate.

The new areas of physics and engineering continue to require study and projects that take account of dimensions at the nanoscale and increasingly high speeds. New applications in industry continue to generate demands for specific measurements and new units.

The most pressing concerns for the next few years will be to respond, through precise and traceable measurements, to problems associated with the environment, biotechnology, medicinal testing, and food safety and health.

Finally, your work will involve a step forward in translating the old units based on artefacts into references to fundamental constants.

This shows the modernity, the inventiveness and the spirit of change that define your organization, one of the oldest international organizations in the world, as the conservation of what is most essential, i.e. common units, requires constant adaptation, in this case the new expression of these units and measures.

Mr Dumas, former Minister, and Permanent Secretary of the *Académie des Sciences*, who represented France at the Diplomatic Conference of the Metre of 1875, admitted that the International Bureau of Weights and Measures, to ensure the task that was entrusted to it, must be “endowed with a staff of special, experienced men who, working in continuity with instruments with which they were familiar, could put in to their measurements the method, the follow-through and the precision required”.

Since that year 1875, the International Committee for Weights and Measures has met 100 times, associating with its work leading scientific figures including several Nobel successes, and has accompanied, and sometimes even preceded, the tremendous upheavals in physics and technology.

I am convinced that your work and the Resolutions that will be proposed and adopted during this meeting of the General Conference will continue, in the same spirit that drove its founders, to serve the interests of science, the international community and, as it could probably have been said on the adoption the metre on 26 March 1791, all Mankind.

Thank you.¹

4 Reply by the President of the International Committee for Weights and Measures

Dr Inglis, President of the International Committee for Weights and Measures (hereinafter CIPM or International Committee), replied to the address given by Mr Sellal on behalf of His Excellency the *Ministre des Affaires Étrangères et Européennes de la République Française*. He recalled that the world recognizes the role France has played in the world of metrology, not only as the depository for the Metre Convention, but also as a catalyst through the establishment and development of the BIPM. Mr Sellal made reference to science as one of the most powerful driving forces of globalization. Science is also fundamental to the advancement of measurement, and indeed, metrology or the science of measurement goes hand-in-hand with advancement in new or emerging technologies; particularly the areas of environment, biotechnology and medical testing. Dr Inglis believed that the representatives of the seventeen nations that signed the Metre Convention would have been surprised to see the progress that has been made since 1875, however there is still much to be done. He thanked the minister for his encouraging words and again Mr Sellal, for his address.

¹ Unofficial BIPM translation.

5 Address by the President of the *Académie des Sciences de Paris*, President of the 24th meeting of the General Conference

Prof. Bordé replied with a short speech, given on behalf of Prof. Carpentier, President of the *Académie des Sciences de Paris*, who was delayed.

Secrétaire général, Ladies and Gentlemen, Delegates, President of the CIPM, Director of the BIPM, my dear colleagues, I have, on behalf of the *Académie des Sciences*, the privilege and the great pleasure of welcoming you as representatives of the rapidly-evolving international metrology community. You have a two-fold mission:

- On the one hand, your role is to maintain the universality of the International System of Units, the SI, and even to take it forward, by being attentive to the needs of the scientific community and in light of its most recent discoveries. Today, metrology is based on the most advanced physics and, in turn, its progress promotes and inspires the most fundamental aspects of modern science. For example, the velocity of neutrinos, which was recently the most debated topic in the media, is mainly an issue of time and space metrology.
- On the other hand, it is your responsibility to help society meet all its needs to quantify and control a number of factors and hazards that impact our daily life. Today, metrology covers an extremely wide range of topics, such as environment, climate, health, energy, trade, industry, safety, resources, transport, navigation, communication, time, geodesy etc.

I would like to briefly develop these two points to show where we stand now.

The system of units is quickly progressing towards a new era where it will be based on a set of fundamental constants, thanks in particular to quantum physics. In a general way, we are witnessing the emergence of quantum metrology, in electricity with the Josephson and quantum Hall effects or the single-electron tunnelling effect, and in atomic physics with the use of cold atoms in atomic interferometry. This quantum metrology makes the transition from the microscopic world to the macroscopic world possible. Maxwell's dream of redefining our system of units from the universal properties of the microscopic world is becoming a reality.

Most of the current base units, as is the case for the metre, could therefore be linked to the second by fixing the value of a fundamental constant: the Planck constant for the kilogram, the Boltzmann constant for the kelvin, the Avogadro constant for the mole and the vacuum impedance or the electron charge for the ampere. The definition of the second could also evolve in the future given the development of optical clocks and measurements of frequencies using femtosecond pulse lasers. The extraordinary progress made in the measurement of time, a factor of ten every ten years in the accuracy of atomic clocks, drives the progress of metrology and is taking metrology to the summit of science.

We know that the International System of Units, the SI, is not fixed, but necessarily evolves with our increasing understanding of the physical world and rapid progress in technology. It is your duty to guide and steer this evolution in the right direction: that of a greater coherence and greater universality, to make the SI benefit from the richness of today's science.

This profound change must be done in agreement with the scientific community; it is the prerequisite so that future metrology transversally underpins all science and becomes a truly universal language.

To demonstrate the interest which the *Académie des Sciences* has for your field of endeavour and to set an example for others to follow, the *Académie des Sciences* created a Standing Committee on 'Science and metrology', chaired by Prof. Christian Bordé and Prof. Jean Kovalevsky. It includes among its members two of the recent Nobel Laureates from the field of metrology, Prof. Claude Cohen-Tannoudji and Prof. Theodore Haensch. The mission of this committee is to guide, at the highest level, the scientific reflection on metrology. However, it is also the role of the whole scientific community at the international level, to continuously contribute to the progress of metrology. Therefore, metrologists and the BIPM, through the Consultative Committees, should remain open to widely consult this community on the key questions they face today.

The BIPM has a strong presence through the scientific excellence of its researchers and the ambitious projects it undertakes. These enable the BIPM to stay at the forefront of research in fundamental metrology. I will mention two examples which I consider to be a priority.

The Mass Department, responsible for maintaining and disseminating the unit of mass, the kilogram, is developing an original and highly relevant experiment with a cryogenic watt balance. This watt balance can be seen as a clock that directly measures the de Broglie-Compton frequency associated with the kilogram and therefore makes it possible to redefine the unit of mass from the Planck constant.

The Electricity Department, among other things, is in charge of the realization of the volt and the ohm via the Josephson and quantum Hall effects (particularly on graphene). It is working on a calculable capacitor (a Lampard standard), which represents a unique and outstanding realization of the vacuum impedance. A comparison with the von Klitzing resistance allows us to obtain the fine structure constant, provided, however, that our understanding of the quantum Hall effect is correct.

Such efforts are absolutely necessary for the BIPM to maintain the required competence to orchestrate discoveries and technologies at the highest level.

Besides these technical aspects of metrology, the needs of society as regards measurements are increasingly urgent whether in economic life or the daily life of each of us, in particular in medicine and the environment. The current news in France constantly points this out: accidents in dosimetry with the radiation given to hospital patients, the greenhouse effect and global warming, excess ozone at ground level and a deficit in the stratosphere, increasing levels of noise pollution in our environment... In these areas, the BIPM has an important role to play to ensure traceability and credibility of measurements. These many challenges, such as those related to climate and health, should be addressed from an international perspective.

For example, the Ionizing Radiation Department of the BIPM assures the international equivalence of measurements in dosimetry and radioactivity. The BIPM has a cobalt-60 source which is used to compare primary dosimetry standards and calibrate secondary standards. A key project in the next programme of work is the installation of a linear accelerator (LINAC) at the BIPM to have the capacity to measure the absorbed dose in water of photon beams at high energies. The use of such equipment would reduce the uncertainty from 2.2 % to around 1 % in primary measurements, resulting in a significant improvement throughout the entire traceability chain down to the LINACs used in hospitals

to treat cancer. A number of international organizations support this project which has an important impact on society.

It is essential for us to give our thanks to the BIPM for the quality of its work on the harmonization of world metrology, resulting from the CIPM Arrangement and the BIPM key comparison database. It is also necessary to underline the indisputable value of the research undertaken at the BIPM and, in general, of the unique BIPM equipment which serves as international references.

Wherever possible, it is important to recall that the BIPM is an international and neutral organization, which means that the scientific projects the BIPM implements are undertaken to the benefit of all Member States, at shared costs and with total impartiality, as provided for in 1875 (to this end, please re-read the speech that Jean-Baptiste Dumas, prominent member of the *Académie des Sciences*, made during the session of 23 March 1875 of the diplomatic Conference of the Metre, on the creation of the BIPM). This neutrality does not prevent scientific collaboration with the best teams in the world.

With all the required prudence, it is your responsibility to continue this effort and find the right path that ensures the continuity and the renewal of our system of units, while maintaining traceability and being attentive to the needs of society. In that regard, I wish you a productive and successful conference.²

Upon his arrival Prof. Carpentier, President of the *Académie des Sciences*, gave a short speech. He underlined the importance that the *Académie des Sciences* attaches to the General Conference on Weights and Measures and was very honoured to be in the rue de Prony, where its 24th meeting was being held. Marie Riche de Prony (1755-1839) was a mathematician and a great engineer as well as a member and president of the *Académie des Sciences*. He participated in the calculations necessary for the construction of the Eiffel tower. Prof. Carpentier passed the presidency of the CGPM meeting to Prof. Bordé and wished the Delegates a successful meeting.

Prof. Bordé thanked Prof. Carpentier and added a few comments on M. de Prony's role in metrology. He was '*commissaire des poids et mesures*' (in charge of weights and measures) at the *Institut de France* and was entrusted with the mission of linking the unit of mass, as it was just defined by the *Académie des Sciences*, with the former unit of mass, the *mare*. He therefore played an essential role in establishing the kilogram.

6 Nomination of the Secretary of the General Conference meeting

The President of the CGPM meeting opened the proceedings and proposed Dr Kaarls, Secretary of the CIPM, as Secretary of the General Conference meeting. Dr Kaarls was elected with no objection.

² Unofficial BIPM translation.

7 Establishment of the list of Delegates entitled to vote

As Secretary of the General Conference meeting, Dr Kaarls welcomed the delegates of Member States to the 24th meeting of the CGPM. Having examined the credentials of the Delegates, Dr Kaarls proceeded to establish a list, by State, of those Delegates entitled to vote on behalf of their State, asking the head of each delegation to respond indicating the presence of the delegation. The list, in French alphabetical order, was as follows:

South Africa	M. Motuku
Germany	S. Halldorn
Saudi Arabia	N.A. Molla
Argentina	J. Valdés
Australia	L. Besley
Austria	G. Freistetter
Belgium	J.-M. Poncin
Brazil	H. Siqueira Brandi
Bulgaria	V. Tudjarov
Canada	D. Wayner
China	C. Pu
Croatia	D. Zvizdic
Denmark	M. Kjær
Spain	J.A. Robles Carbonell
United States of America	P. Gallagher
Russian Federation	V.N. Krutikov
Finland	T. Hirvi
France	C. Lagauterie
Hungary	P. Pákay
Israel	G. Deitch
Italy	A. Carpinteri
Japan	Y. Miki
Kazakhstan	G. Lesbekova
Kenya	J. Kioko
Malaysia	A. Abidin
Mexico	H. Nava-Jaimes
Norway	E. Stokstad

New Zealand	T. Armstrong
Netherlands	A. van Spronsen
Poland	J.M. Popowska
Portugal	M. Filipe
Republic of Korea	M. Kim
Czech Republic	M. Holeček
Romania	M. Buzoianu
United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	R. Gunn
Serbia	V. Živković
Singapore	L. Chong
Slovakia	L. Gocníková
Sweden	H. Nilsson
Switzerland	C. Bock
Turkey	S. Süer
Uruguay	C. Santo

Of the fifty-five Member States, forty-two were represented³ and the majority required for voting on the Resolutions is twenty-two.

Dr Kaarls welcomed the representatives of the Associates of the CGPM and read the list of Associates represented in French alphabetical order: Albania, Belarus, Bosnia and Herzegovina, Hong Kong (China), Montenegro, Peru, Slovenia, Chinese Taipei, Tunisia, Ukraine, Viet Nam and Zimbabwe.

He also welcomed representatives of the European Commission, International Atomic Energy Agency (IAEA), International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), International Organization of Legal Metrology (OIML), World Health Organization (WHO), and World Meteorological Organization (WMO).

Finally, Dr Kaarls mentioned some practical information, and asked all Delegates to complete the various forms required for the visits to the laboratories of the BIPM later in the week. He also briefly mentioned the arrangements for the receptions to be hosted by the German Ambassador on Tuesday 18 October and the Netherlands Ambassador on Thursday 20 October.

³ As the delegation of Egypt (head: A.B. Shehata) duly presented credentials during the third session, the number of represented Member States then increased to 43.

8 Approval of the agenda

The President of the CGPM meeting asked Delegates if they had comments on the revised agenda which was circulated in June 2011 and included an additional point for discussion on the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM. He also mentioned some changes to the starting times for the morning sessions on Tuesday 18 October and Friday 21 October, which were brought forward to 9.00 am. There were no comments or objections and the revised agenda was approved.

9 Report of the President of the CIPM on the work accomplished since the 23rd meeting of the General Conference on Weights and Measures (November 2007 – September 2011)

Dr Inglis, President of the CIPM, presented the following report.

In conformity with Article 7 of the Regulations Annexed to the Metre Convention, it is my pleasure, as President of the International Committee for Weights and Measures (CIPM), to report on the work accomplished since the 23rd meeting of the General Conference on Weights and Measures (CGPM), held in November 2007.

However, before doing so, I would like to make a few preliminary comments.

First, I would like to welcome the four new States Parties to the Metre Convention and the twelve new Associates of the CGPM. Since the 23rd meeting of the CGPM, three previous Associates took the step of becoming States Parties to the Metre Convention – Kazakhstan, Croatia and Kenya. Saudi Arabia joined as a State Party to the Metre Convention on 11 February 2011. The twelve new Associates of the CGPM are: Bangladesh, Bolivia, Bosnia and Herzegovina, Georgia, Ghana, Mauritius, Montenegro, Paraguay, Peru, Seychelles, Zambia and Zimbabwe. I am sure the CGPM joins with me in welcoming all these States. The increasing number of States Parties to the Metre Convention and Associates of the CGPM is testimony to the importance of the Metre Convention and increases the formal international impact of the International System of Units (SI). It also means that more National Metrology Institutes (NMIs) are able to sign the Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes (CIPM MRA) and this, of course, increases the number of NMIs and other Designated Institutes (DIs) that accept calibration and measurement certificates from each other and helps reduce technical barriers to trade. Associate status is, as was intended by the CGPM when it created the special status of Associate, a stepping point for States to become Members and it is particularly pleasing to see three Associates taking this step. We will return to this important issue later in the agenda.

By way of clarification, I draw the attention of the CGPM to the special case of Peru, currently an Associate of the CGPM. Peru was a founding Member of the Metre Convention, signing in 1875 and remaining a member until 1956 when the Government of Peru sent a note to the French Embassy in Lima informing of their wish to withdraw. In consequence, Peru was not considered a Member State from 1960. In 2008 it sought to become an Associate. As Delegates

will remember, Resolution 5 adopted by the CGPM at its 23rd meeting in 2007 stated that ‘an application to become an Associate of the CGPM will not be considered from States which were previously a State party to the Metre Convention’. It might, therefore be thought that this prohibited Peru from becoming an Associate. However, Resolution 5 does not provide for retroactive effect, it applies only to the States that were Members at the time of the adoption of the Resolution or which cease to be Members after the adoption of Resolution 5. Peru was not a member at the time of adoption of the Resolution and, based on legal advice, the CIPM therefore decided that Peru could become a Member or an Associate if it so wished. In consequence, Peru became an Associate on 28 May 2009.

Next, I would like to pay tribute to my predecessor Prof. Göbel, whom I succeeded as President of the CIPM on 15 October 2010 immediately after the 99th meeting of the CIPM. Prof. Göbel resigned as President under the applicable rules as the last Director of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), Prof. Wallard, retired on 31 December 2010, and was succeeded by Prof. Kühne. Prof. Göbel and Prof. Kühne are both of German nationality, and Article 9 of the Regulations annexed to the Metre Convention provides that the President and the Secretary of the CIPM and the Director of the BIPM shall belong to different countries. Prof. Göbel was a distinguished President and under his leadership and wise guidance, the CIPM has developed strong policies on the work of the BIPM and its management, which are two of the most important responsibilities entrusted to it by the CGPM. As you will soon hear, the past four years have been very active with key decisions and debates about science, especially the potential redefinition of units of the SI, and administrative and policy matters. Prof. Göbel has steered the CIPM with skill, tact, and diplomacy as well as with a high degree of scientific commitment. He has indeed set a high standard and I shall do my best to follow his example.

I would also like to thank all the current members of the CIPM, as well as those who have retired since the 23rd meeting of the CGPM for their contributions over the past four years. All have played important roles as members of the CIPM and as Presidents of Consultative Committees (CCs). Whilst it is perhaps wrong of me to single out one of many, I would like to express my special thanks to the CIPM Secretary, Dr Kaarls. The Secretary’s role is crucial and Dr Kaarls continues to fulfil this role with energy, enthusiasm, commitment and distinction.

I formally draw the attention of the CGPM to the following members of the CIPM who have retired since the 23rd meeting of the CGPM: Dr M.S. Chung, Dr Gao Jie, Dr G. Moscati and Dr H. Semerjian. We welcomed a number of new members: Dr K.H. Chung, Dr Y. Duan, Dr W.E. May and Dr H.O. Nava-Jaimes.

It is with sadness that I report the recent deaths of four former CIPM colleagues: Myung Sai Chung, Jan de Boer, Sigfrido Leschiutta, Daheng Wang, and the death of Pierre Giacomo, former Director of the BIPM.

- Myung Sai Chung was a member of the CIPM from 1996 to 2007 and President of the Consultative Committee for Length (CCL).
- Jan de Boer was a member of the CIPM from 1953 to 1994. He served as President of the Consultative Committee for Thermometry (CCT) from 1960 to 1968 and as President of the Consultative Committee for Units (CCU) from 1967 to 1990. In 1962 he was elected Secretary of the CIPM, a post he held until 1989. He was elected an honorary member of the CIPM in 1994.
- Sigfrido Leschiutta was a member of the CIPM from 1997 to 2006 and President of the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) from 1997 to 2006.

- Daheng Wang was a member of the CIPM from 1979 to 1992. He was the first member of the CIPM of Chinese nationality.
- Pierre Giacomo joined the BIPM as *physicien chercheur principal* in 1966. He was appointed by the CIPM as Deputy Director in 1968 and as Director Designate in 1976. He became Director of the BIPM in 1978, a post he held until his retirement in 1988. Upon his retirement, he was elected Emeritus Director of the BIPM by the CIPM.

I mentioned above that Prof. Andrew Wallard, the former BIPM Director, retired on 31 December 2010. I would like to thank Andrew for his stewardship of the BIPM over the period 2004 to 2010, and acknowledge his significant and valuable contribution, particularly in the area of administrative and structural change and the international liaison that has led to the increased membership referred to earlier.

9.1 Introductory remarks

The BIPM's mission is to achieve world-wide uniformity of measurement. There is almost no area of science and society in which international confidence in traceable measurement and an understanding of uncertainty does not have an important role to play. This simple message was brought home vividly and enthusiastically during the symposium which took place in October 2009, to celebrate and mark ten years since the creation of the CIPM MRA. I shall return to this event later in my report but, having attended the meeting, I was left in no doubt that the international community placed great importance on the work of the BIPM. Support for its mission came from NMIs, intergovernmental organizations (IGOs) and international bodies, from trade organizations, industry and from economists who stressed the importance of measurement in the world economy.

In this meeting of the CGPM, I hope that we shall concentrate on how to make the BIPM's mission still more effective and to strengthen the ability of the BIPM to respond to the needs of the international community.

The CIPM has worked with the staff of the BIPM to set an effective and well-targeted strategic work programme for the next quadrennium. The work I shall report to you and the programme of activities that will be presented to you by the Director of the BIPM, strongly features the BIPM's response to the Great Challenges facing the world. Under Prof. Göbel's early lead the CIPM has debated the needs of climate change, of energy dependence, of food quality, and of the medical community as well as other important trends in science and engineering which require accurate measurement. It continues to plan for major changes in the definition of a number of base units of the SI and to ensure that the BIPM's laboratory work is at the forefront of science and technology and relevant to the needs of the NMIs and our partners in the international community. The BIPM's scientific work is centred on the management of comparisons of national standards and the maintenance of international reference facilities which are available to all States Parties to the Metre Convention and which are essential for confidence in the accuracy of national measurements. The approach to our work in the CIPM has been to set priorities, mindful of limited resources. We try to concentrate on what we consider to be essential continuing and emerging activities and as a result hard decisions have had to be taken. In some areas, this means cutting activities and in others, we have adopted an approach which monitors events and which plans for the intervention and involvement of the BIPM when the time is right, mindful always of the long lead-times involved in establishing new areas of expertise.

Before leaving my introductory points, I should make a remark about the terminology used in relation to the Metre Convention. There is often confusion between the name of the intergovernmental organization itself and the headquarters with its Director and staff. This results in particular from the fact that the Metre Convention was signed on 20 May 1875 whereas the law of intergovernmental organizations only formally developed later due to the increase in number of such organizations in the 20th century. Several years ago the CIPM received legal advice that the entity ‘BIPM’ is in fact the intergovernmental organization which was created by the Metre Convention and formally includes two organs, the CGPM and the CIPM. States which adhere to the Metre Convention become Members of the BIPM and Parties to the Metre Convention. The expressions ‘States Parties to the Metre Convention’ and ‘Member States of the BIPM’ are, from a legal point of view, synonyms. The CIPM has discussed this advice and has chosen to adopt the expression ‘States Parties to the Metre Convention’ and to use the term BIPM to refer to the premises in an attempt to reduce the confusion. We are progressively adapting the reports of the BIPM with the correct legal terminology used internationally.

9.2 Progress on Resolutions since the 23rd meeting of the CGPM

The CIPM has paid attention to a number of key Resolutions adopted by the CGPM at its 23rd meeting.

Resolution 1 addressed the importance of collaboration between the NMIs and Accreditation Bodies. The BIPM’s role in this context is to work at the international level with the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). I am pleased to report that a joint Working Group of the BIPM and of the ILAC recommended the use of a common definition of ‘Calibration and Measurement Capability (CMC)’ rather than the traditional ‘Best Measurement Capability’ which had been used in the accredited sector. This was discussed with, and welcomed by, the NMI Directors. In 2007, the ILAC General Assembly accepted the recommendations of the Working Group, as did the CIPM. It helps avoid confusion in the market place and provides for a harmonized approach to uncertainty claims. The BIPM and the ILAC continue to address matters of common interest such as the processes used by accreditors for the updating of scopes of NMIs that choose accreditation as a way of complying with the requirements of the CIPM MRA. Here, there are opportunities for accreditors to take advantage of the review of CMCs carried out under the CIPM MRA so as to avoid double reviews. The ILAC and the BIPM are also working on policy statements on traceability, as well as an ILAC document on how accreditors should take account of the uncertainties of the CMCs in the key comparison database (KCDB). The aim is to avoid a situation in which laboratories could be accredited with a smaller uncertainty than the NMIs through which they take traceability to the SI. This situation needs to be monitored so as to increase confidence in the uncertainty statements on calibration certificates issued by accredited laboratories.

Resolution 2 is related to the report on ‘Evolving needs for Metrology in Trade, Industry and Society and the Role of the BIPM’. This has been widely welcomed by a number of NMIs as a key planning document and one that helped draw attention to the important topics which needed the attention of the NMIs and the BIPM. Since the 23rd meeting of the CGPM, the CIPM believes that the vast majority of its 2007 report remains valid and that there is no reason to produce a substantial new report. In the meantime, Consultative Committees have taken on the job of drawing up strategy documents that reflect the major challenges in their areas and I commend these to you as state of the art reviews. Some States Parties to the Metre Convention

have also drawn up statements of their own metrology needs and these are available to the metrology community in the same way as the Report presented to you in 2007. There may be a case for a wide review in the future but at the moment, the CIPM believes that adequate information on metrology trends is widely available.

Resolution 3 – on the dotation of the BIPM – requested the Director of the BIPM and the CIPM to prioritize the activities proposed in the 2009-2012 programme of work. This was needed to reduce the programme of work to meet the dotation voted by the CGPM at its 23rd meeting.

At its meeting in 2008, the CIPM therefore considered the BIPM Director's prioritization proposals as well as his assumptions on possible increases in income: essentially the addition of two States Parties to the Metre Convention and a net increase of five in the number of Associates.

There was clear agreement on the top priority activities in mass metrology and the related activity to develop a watt balance, which will be necessary for realizing the proposed redefinition of the kilogram.

Other high priority areas agreed by the CIPM were to maintain the work on time scales and to realize an international reference facility for high photon energy dosimetry to meet the traceability needs for radio-therapeutic cancer treatment in States Parties to the Metre Convention. Priority was also given to an expansion in the field of organic chemistry to higher molar masses to meet the increasing needs in areas such as clinical medicine, pharmaceuticals, and food safety.

A number of activities were, inevitably, stopped. Others were delayed and some activities were considered for the 2013-2016 programme of work which the BIPM Director will present to this meeting.

Among the cuts and reductions agreed by the CIPM were:

- the service to NMIs for the filling of iodine cells used in stabilized lasers was closed during 2008
- some frequency standards used in the internal frequency standard service were not replaced at the end of their lives
- the project for a travelling voltage standard for electrical comparisons at NMIs was re-scheduled to save staff resources
- extension of the BIPM's reference facilities for measurements on alpha particle emitters was postponed
- several projects on gas metrology, some of relevance to climate change, were cancelled or postponed
- significant overhead savings were realized through economies, reorganization of support services and, yet again, delays to building maintenance.

Subsequently and through the successful efforts of the BIPM to encompass more additional States Parties to the Metre Convention than predicted, through additional voluntary financial support in cash and through other support such as secondments and the formation of joint activities, these decisions have been re-visited, and the BIPM has been able to bring forward a number of activities that had previously been deferred. I would like to thank the relevant NMIs and Governments that have agreed to support the BIPM in this way.

Resolution 4 referred to the relevance to trade of the CIPM MRA. Although no decision has been taken on the BIPM's request for observer status at the World Trade Organization (WTO) Committee on Technical Barriers to Trade, there have been some positive indications in recent months that there is likely to be a decision by the WTO on this request. On the other hand, the BIPM has worked with the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO), which has fully appreciated the relevance of the CIPM MRA to its mission on trade and sustainable development. As a result, the UNIDO has, with advice from the BIPM, sponsored a number of programmes, largely in developing countries, to help prepare them to become Associates of the CGPM and Signatories of the CIPM MRA. The symposium to celebrate ten years of the CIPM MRA that was held in October 2009 also served to draw attention of many of the main beneficiaries of the CIPM MRA to its value and use. I must also draw the attention of Delegates to the fact that the World Meteorological Organization (WMO) signed the CIPM MRA on 1 April 2010. I shall say more about this later but their signing of the CIPM MRA represents a great step forward and will help ensure that the vital challenges of climate change adopt best metrological practice.

Resolutions 5 and 6 dealt with the status of Associate States and Economies and the results of the CIPM's considerations of these Resolutions appear in Draft Resolutions for this meeting of the CGPM.

Resolution 7 decided, *inter alia*, that the BIPM should undertake a limited programme of outreach to alert NMIs of States in development and transition to the benefit of becoming a State Party to the Metre Convention or an Associate of the CGPM. This has been successful and, as I have already reported, there are four new States Parties to the Metre Convention and twelve new Associates. To a great extent, their joining was stimulated by the efforts of the BIPM staff. Contacts are being pursued with a number of other States and I believe that the BIPM's efforts as well as its cooperation with other intergovernmental organizations and international bodies have successfully helped to raise the profile of the Metre Convention and the benefits of, in particular, the CIPM MRA. The CIPM welcomed the secondment of staff members from the National Institute of Standards and Technology (NIST), United States of America, and the National Metrology Institute of Japan (NMIJ) to support the work on this activity. More recently, and in the light of the additional income resulting from new States Parties to the Metre Convention, an international liaison officer has been recruited for an indefinite-term. This is, I believe, an important task for the BIPM so that the influence of the Metre Convention and the SI can be extended. The more States that can be convinced that their NMIs and other DIs should participate in the CIPM MRA, the more confidence existing States Parties to the Metre Convention, with whom they trade, can have in their measurements associated with exports. A greater number of States Parties to the Metre Convention, in conformity with the Metre Convention's global approach, also enhance the ability of the BIPM to deliver, through their contributions, a programme of work which can address more of the needs articulated by NMIs and others at no additional cost to the existing Members. The CGPM has always recognized that the accession of new States to the Metre Convention increases the demand on the BIPM together with its expenses. For this reason it has always taken the total contributions of all States Parties to the Metre Convention, including the contributions from new Member States that have acceded to the Metre Convention since the previous meeting of the CGPM, as the starting point for the calculation of the re-evaluated dotation.

Resolution 8 addressed the issue of financial arrears of States Parties to the Metre Convention of more than six years. The BIPM has worked hard to reduce the arrears from a number of Member States and to enter into rescheduling agreements with the defaulting States Parties to the Metre

Convention. However, at the time of writing, these States are still in this situation and, in accordance with this Resolution, Draft Resolutions F invite the CGPM to take a decision with regard to their exclusion.

Resolution 9 drew attention to the progress being made with optical frequency standards and the need for more accurate time and frequency transfer methods for their comparison, in particular over long-distance, if their full potential was to be realized. Current time and frequency transfer techniques were not adequate. In order for this new generation of frequency standards to be useful they have to be compared remotely. Progress in NMIs tracked by the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) on this issue continues and some very impressive performance figures have been reported; time and frequency transfer using ‘dark’ fibre have shown that it is possible to transfer time over several hundreds of kilometres with a stability of 10^{-16} (averaging over 1 second). Further progress is expected in the years to come especially on the vital need for cross-continental time transfer at the 10^{-17} or 10^{-18} level so as to take full advantage of the potential of optical clocks for greatly improved timekeeping and for a potential redefinition of the second which may be possible within the next decade.

I should also report to the CGPM on **Resolution 10** on the symbol for the decimal marker which was adopted by the CGPM at its 22nd meeting (2003). The Resolution advocated that the symbol should either be the ‘dot’ or the ‘comma’ depending on customary usage in the countries concerned. The BIPM Director at the time, together with the President of the Consultative Committee for Units (CCU), wrote to the Secretary Generals of the International Organization for Standardization (ISO) and the International Electrotechnical Commission (IEC) drawing their attention to the Resolution and suggested that the Resolution be applied to the production of ISO/IEC standards in order to improve their acceptance world-wide and to avoid potential confusion. This interaction between the BIPM and the ISO and IEC management has continued regularly but unfortunately, from our point of view, the Resolution has not been adopted. ISO and IEC continue to use the comma as a decimal marker in documentary standards, regardless of the language of publication.

ISO and IEC have also pointed out that a survey conducted by the US National Committee of the International Electrotechnical Commission (USNC/IEC) confirmed that industry in the United States of America does not have any concerns about the use of the comma in English language versions of ISO and IEC Standards.

ISO and IEC made a commitment, however, that the issue of decimal markers will continue to be reviewed. It may well be that, in the future, new publication technologies (e.g., extensible mark-up language, XML) could facilitate the selection of either point or comma markers at the time of publication. Such functionality could persuade the ISO Technical Management Board (ISO/TMB) and IEC Standardization Management Board (IEC/SMB) to revise their publication policies, but for the moment, there is not expected to be any change in this regard.

One notable exception to this practice was, however, in the publication of ISO/IEC Guides 98 and 99, respectively the *Guide to Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM) and the *International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology* (VIM) but this was at the express wishes of the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) of which ISO and IEC are, of course, members.

The **remaining Resolutions** adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007) largely dealt with matters related to the SI and its relevance, among other areas, to climate change. These issues will be addressed later in the meeting.

9.3 The Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes (CIPM MRA)

At the time of drafting this report, the CIPM MRA has eighty-six signatories from NMIs, and three signatory intergovernmental organizations. It is clear to the CIPM that the CIPM MRA is a strong factor in attracting new States Parties to the Metre Convention and Associates of the CGPM as it gives them international recognition of their measurement capabilities as well as the ability to participate in the world metrology system. The symposium to mark ten years of the CIPM MRA also drew attention to its success. There can be no doubt that the CIPM MRA, as stated by UNIDO, “helps developing countries to show compliance if they want to trade globally” and that, according to the Boeing Corporation “the beautiful MRA has saved us money and made us more effective”. In the words of the WMO, it addresses the problem of “how you can take decisions on climate change when large uncertainties exist in the measurements”. The CIPM therefore regards the work of the BIPM in the area of the CIPM MRA and the BIPM key comparison database (KCDB), as being of high priority.

I want to reassure the CGPM, if such reassurance is needed, that the processes of the CIPM MRA are tough. No NMI gets its CMCs into the KCDB without a rigorous and deep review of them and the related quality systems by peers from around the world. Also, once a CMC is established the capability must be maintained. An NMI cannot simply continue to rely on a past good result. There are now several examples of NMIs of all sizes and degrees of experience that have had CMCs removed, usually temporarily, when either the quality system approval by the relevant Regional Metrology Organization (RMO) has lapsed, was removed, or where other problems have emerged. The CIPM MRA’s reputation stands or falls on the integrity and validity of the data in the KCDB. The CIPM and the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB) are committed to excellence in this area.

It was also clear that the original text of the CIPM MRA is now referring to outdated quality standards or to events which were to happen in the original ‘transition period’ and it did not include the new definition of calibration and measurement capability agreed by the CIPM and adopted by the ILAC. In addition, a number of the processes described have had further details added by the CIPM or the JCRB. After discussions between NMI Directors and the Director of the BIPM, the CIPM agreed that an Addendum to the CIPM MRA that updates references to outdated standards should be drafted. This was presented to a meeting of NMI Directors in May 2011. All signatories present at the meeting agreed on the wording for a limited addendum and the revised Addendum has been circulated for written approval by all CIPM MRA signatories. During this meeting, further opinions were sought as to whether a more thorough revision reflecting current operational practice, especially in regard to the role of the JCRB and the review of quality systems by RMOs, would be welcome. The conclusion from the meeting was that this should not proceed at this time but should be considered further at future meetings of NMI Directors.

The CIPM has, in the last few years, clarified the role of the JCRB by specifying its executive functions in relation to the CIPM’s policy responsibilities. The CIPM has also approved a number of documents to ensure the most efficient means of operation.

The emergence of a new RMO has required the CIPM to set a policy on approval of new RMOs for the purposes of the CIPM MRA. In 2009, the CIPM approved the Intra-Africa Metrology System (AFRIMETS) organization as the successor to the Southern African Development

Community Cooperation in Measurement Traceability (SADCMET). The CIPM is acutely aware that the CIPM MRA demands significant resource inputs from the NMIs and the RMOs and thanks all concerned for their support.

9.4 The Consultative Committees

I shall not go into detail on the activities of the ten Consultative Committees (CCs) as that is the responsibility of each of the Presidents and they will present their own reports to you later in the meeting. However, there are a few common points that I would like to draw to your attention.

Since the 23rd meeting of the CGPM, the CIPM has discussed the issue of metrology in materials science and engineering. A small number of NMIs have activities in this field and the CIPM commissioned one of its members, Dr Seton Bennett, then Deputy Director of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland's National Physical Laboratory (NPL), to review the situation and any potential role for CIPM and to report back to the CIPM. The report made a number of recommendations which the CIPM is implementing. It considered that the formation of a new Consultative Committee with responsibility for this area of activity was premature but that the existing Committees could initially undertake a number of actions. One recommendation in the report was that there should be a number of comparisons in areas of priority and strategic importance. The results would help to evaluate the current situation and assess whether more attention to traceability to the SI could improve consistency of measurement results. The assistance of the Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS) organization was recommended. VAMAS is a group of experts, which encourages international collaboration on pre-standardization materials research. The BIPM therefore entered into a Memorandum of Understanding with VAMAS in June 2008, under which VAMAS would identify priority actions in selected areas and issues for study in consultation with appropriate Consultative Committees of the CIPM.

All Consultative Committees (except the Consultative Committee for Units) have been developing their Working Group or sub-committee structure so as to deal as effectively as possible with issues relating to the CIPM MRA. The CIPM does not insist on a common structure, as this is best left to the way in which individual Presidents and Committees wish to deal with the topics. For example, the Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry (CCQM) deals with its CMC reviews in an annual meeting, whereas others have some form of a CMC Working Group that monitors the review work of the RMOs continuously during the year. CMC or Key Comparison Working Groups are also generally responsible for specifying the coverage of CMCs, identifying and working on the detailed protocols for key comparisons, and also reviewing and giving provisional approval for comparison reports. The CIPM approved new Rules of Procedure for CCs and Working Groups, including criteria for membership, at its 98th meeting in October 2009.

At the request of the CIPM, most CCs have formed Working Groups on strategy to identify the challenges that face each topic area and to propose what needs to be done to address them. In some cases, this may involve action by the BIPM; in others the Consultative Committee will address recommendations to the NMIs – often for a co-ordinated activity. These strategies are freely published and may well help individual NMIs formulate their own programmes.

Consultative Committees also advise the CIPM on the priorities for activities to be undertaken by the BIPM and review the uncertainties associated with the BIPM's calibration and measurement services. These uncertainties are now included on the relevant pages of the KCDB

as a way of providing greater transparency and assisting assessors or reviewers of NMIs' measurement services in their evaluation of uncertainties, where the NMI in question takes traceability to the SI through the BIPM.

The CC reviews of the BIPM's work provide the CIPM with an excellent independent assessment of the quality, relevance and effectiveness of the BIPM's laboratory and coordination work and advise the CIPM on priorities. The CIPM itself takes great account of this advice when formulating proposals for the BIPM's programme of work to the CGPM and without the support of the CCs the CIPM would not take any proposals further.

The CCs are greatly aided in all aspects of their work by the presence of observers at their meetings from other relevant organizations or by individuals who have a liaison role between the CCs and other bodies. The CIPM has been keen to see such liaisons increase in recent years and this has, of course, the additional benefit of drawing the attention of other bodies to the importance of traceable measurement and evaluation of uncertainties.

9.5 Workshops

A clear trend in recent years is that of an increase in the number of Consultative Committee workshops on specific topics. In many cases, observers or guests from other organizations with an interest in the topic have been invited with a view to stimulating co-operation or participating in co-ordinated programmes. Workshops may also help identify the needs of particular bodies for comparisons, which can be considered by the CCs when they formulate their strategies or programmes of work. A further issue of common interest to CCs, and where there have been a number of workshops, is that of the statistical analysis of key comparisons and in particular the linking of CIPM or BIPM key comparisons with those carried out by the RMOs.

There is another especially valuable function of workshops, namely to open up new areas of application of the core concepts of traceability to the SI and of uncertainty. The driving force here is that the BIPM can cooperate with other organizations and debate the issues of best measurement practice. In nearly all cases, this has resulted in collaboration in which BIPM expertise and experience is combined with the specialist knowledge of the partner organization in the field of application. The greatest success has been achieved in the field of chemical metrology with joint initiatives in food, biosciences, pharma and bio-pharma topics, sports drug testing and forensics.

Of the workshops initiated by the BIPM, three stand out in particular.

The **first workshop** I will mention was held in November 2009 on Physiological Quantities and SI units and concerned the interaction of various forms of radiation with the human body and the state of the traceability of such measurements to the SI. The complicating factor in this field is that whereas we can make careful physical measurements on the radiations, their precise biological or physiological effects on the body are more difficult to evaluate. The aim of the workshop was to bring together those concerned with traceable, reliable and comparable measurement, with those responsible for writing and applying specification standards and/or health and safety legislation. The workshop also aimed to identify potential challenges and the next steps.

The workshop gathered together 70 people from about 22 countries. Most attendees either worked in NMIs, or were active in Technical Committees or Working Groups of International Committees, Institutions or Unions such as ISO, IEC, International Commission on Illumination

(CIE), International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), International Union of Pure and Applied Physics (IUPAP), etc.

In general, the approach adopted in estimating the effects of various forms of radiation on the human body is to make measurements on various parameters associated with the radiation concerned and then to estimate or model the effect on the human body through an ‘action spectrum’, which relates physically measurable parameters to their biological effects on, or in, the body.

The general observations from the workshop were:

- measurement uncertainty is generally not always well established
- biological relevance and suitability are not always satisfactory
- there are limitations in the application of models, for instance to low-level effects or in case of saturation effects
- the JCGM WG on uncertainty could be invited to develop appropriate guidance regarding modelling of ‘action spectra’ into the planned GUM supplement on ‘modelling’.

Following up on this workshop, the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR) has created a task group to act as a discussion forum for technical aspects related to THz metrology and to advise the CCPR on technical matters related to THz measurement quantities requiring SI traceability. A repeat event will be held in a few years to evaluate progress.

The **second workshop**, held in February 2010, assessed the current state of nanoscience and metrology. A number of NMIs are active in this area although with relatively limited programmes. The BIPM took the view that it was timely to hold an international workshop to help identify the challenges and priorities and to assign various actions to the BIPM or to NMIs.

The workshop brought together scientists from the NMIs and industry with experts from the regulatory and standards development community and approached the very broad topic of nanotechnology by focusing on eight topical areas: toxicological testing; nanobiology; aerosols; microscopy; surface analysis; thin films and coatings; mechanical metrology; and electrical and magnetic applications and measurements. The workshop addressed the focal question of the meeting: ‘What activities are required to establish an effective international infrastructure for metrology at the nanoscale?’

The full report, available on the BIPM website, includes a comprehensive summary of the discussions on this question, including the drivers for work on the topic, technical issues and barriers to progress, status and needs for traceability to the SI, as well as the anticipated use and need for reference materials and documentary standards. Briefly, however, it can be said that the principal drivers for international involvement are: environment, health and safety, supporting and defining an appropriate regulatory framework, and encouraging and fostering industrial and therefore economic advantage. One principal barrier to progress was the long lead time required to develop research into innovation.

The current and potential applications of nanotechnology are vast, and there is a great deal of work required to advance the state of the science to ensure the safe and responsible introduction of these new technologies. There will, I expect, be a follow up workshop within a few years but, as far as the specific case of a proposal for activity on nanoscience in the BIPM’s 2013-2016 programme of work is concerned, the conclusion was that this is premature.

The **third workshop** was a joint event between the BIPM and the WMO that addressed the role of metrology and climate change, and how satellite-based, ground-based, and other monitoring techniques can be improved by the adoption of best-practice metrology. Led by a series of high-level expert speakers, parallel discussion sessions helped create a great deal of commitment from colleagues in the meteorological community to take much greater advantage of the expertise that is found in NMIs.

For the BIPM, the workshop represented a significant milestone because, although there have been many working-level contacts in a variety of different disciplines between the metrologists and parts of the observation networks – the Global Atmosphere Watch (GAW) programme and the Global Climate Observing System (GCOS) networks for example – the workshop provided the opportunity to complete a long negotiation when the CIPM MRA was signed by the WMO Secretary General, Michel Jarraud.

The general conclusions of the workshop were:

- Measurement results from climate monitoring and earth energy balance by remote sensing from satellites as well as ground-based methods and observation should, where practical, be traceable to the SI so as to help provide continuous, quality-assured data sets over the long term.
- The meteorological community should continue to specify its measurement needs and that these should be formally communicated to NMIs.
- The WMO, the BIPM, the NMIs and academic communities should work together to meet stated requirements for measurement standards with accuracies and uncertainties that meet the needs of climate scientists and modellers and, where relevant, legislators and regulators.
- Calibrations of instruments used by the meteorological community should be made at all stages in space missions as well as for earth-based projects and that the NMI community should be involved in the planning and execution of the calibrations.

The WMO and the BIPM have established a common strategy to identify the need for accurate measurements and to ensure that the recommendations of the workshop are fully followed up, implemented and monitored. The result is a commitment to collaborate by two intergovernmental organizations with a global reach to tackle the metrology and measurement issues in one of the major challenges facing the world at the moment. A report on the workshop was circulated very widely, including to governments, intergovernmental organizations, NMI Directors, the International Panel on Climate Change (IPCC), and the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

9.6 Summer School

Whilst not strictly speaking a workshop, and although the CIPM was not directly involved, I should also draw the attention of the CGPM to the highly successful Summer School held at the BIPM headquarters in 2008. During two weeks of hard work some 90 students nominated by the NMIs attended over 40 lectures, including those from three Nobel Prize winners, with a mixture of theory and experiment, chemistry and physics and views on both the current and possible future versions of the SI. The Summer School also provided an opportunity to establish interaction between the metrologists of the future. The feedback has been excellent and the CIPM suggested that the BIPM may hold a similar event in a few years time.

9.7 Consultative Committees and the redefinition of some base units of the SI

It is clearly essential for me to report on the work in hand to prepare for redefinitions of a number of base units of the SI. Individual Consultative Committee Presidents will of course report in detail and the President of the CCU will give an overview of the current situation. As a result of intensive discussions over the past few years, there is now firm consensus in favour of a redefinition of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole based on fixed numerical values of the Planck constant, h , the elementary charge, e , the Boltzmann constant, k , and the Avogadro constant, N_A , respectively.

There is also agreement that the CODATA group will provide these numerical values at the time of the redefinition, so they will therefore represent the best available data.

Despite some impressive progress made during recent years in the NMIs, the CIPM, based on advice from the CCs and the criteria they have set for acceptable confidence in the values of the constants, has decided that there is not yet an adequate degree of convergence between the results from watt balance experiments and those from the International Avogadro Coordination (IAC) Project to give confidence in the selection of a value for the Planck constant.

All these points have been included in Draft Resolution A which sets out the CIPM's intentions but which does not propose a redefinition. The CIPM does not believe that the criteria set for a redefinition have yet been met and so any firm proposals are premature. However, it is broadly of the opinion that there may be enough clarity for proposals to be made to States Parties to the Metre Convention in 2015⁴. If not, then there may have to be a re-appraisal of the situation. Assuming the necessary scientific progress is made, the way forward is clear. In addition to the scientific progress, two other steps are essential. First, for each of the redefined units, there must be a clear *mise en pratique* – that is to say a clear set of instructions describing officially approved alternative ways, in which a realization of the definition is made. These are being prepared by the BIPM staff and the Consultative Committees. Secondly, there needs to be agreement and clarity on the role of the BIPM after a redefinition of the kilogram. Our current thinking is that, although some NMIs will be able to realize the new definition of the kilogram at the highest levels of accuracy, the vast majority of mass dissemination networks will continue to rely on traditional artefact standards. The BIPM is therefore planning, in its current as well as its future programme of work, to continue to provide States Parties to the Metre Convention with a mass calibration service. This will be based on traditional platinum-iridium mass standards as well as a new generation of metallurgically and metrologically improved mass standards which will constitute realizations of the new definition.

There is also the clear need for the BIPM to take the lead in piloting key comparisons of primary realizations of the kilogram.

From the point of view of the routine user, the CIPM believes that it is essential to make this transition as seamless and smooth as possible and urges NMIs to take appropriate steps to publicize and spread information about possible redefinitions amongst the scientific community, international scientific unions, intergovernmental organizations and international bodies as well as the general public.

⁴ Following the adoption of Resolution 3 'Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2015', the next meeting of the CGPM will be held in 2014.

9.8 The Joint Committees

The report on the Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) will be made by the President of the CCQM and I have already commented on the work of the JCRB. However, in addition, the BIPM also collaborates with a number of bodies in the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). The two main outputs of this Committee are the GUM and the VIM. Details of the work of these two Working Groups of the JCGM can be found in the Director's Annual Reports on the Activity and Management of the BIPM and all I want to do here is to draw the attention of the CGPM to the fact that the GUM and VIM, both regarded as key metrological documents, are available as free downloads from the BIPM's website. The GUM Working Group is developing its series of supplements to address best practice in a number of important areas of uncertainty in measurement such as in conformity assessment and the VIM Working Group, which published its third edition in 2008, remains active in a number of sub-projects. The work of the two Working Groups of the JCGM is monitored annually in a meeting of the Member Organizations of the JCGM (BIPM, IEC, IFCC, ILAC, ISO, IUPAC, IUPAP and OIML) according to the revised JCGM charter.

Furthermore, the BIPM has been involved with a number of other organizations in a Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization (JCDCMAS) which had the objective of trying to coordinate the aid programmes of Member Organizations in developing countries. This original aim has proved to be over-ambitious and, at the instigation of the BIPM, the Committee has revised its terms of reference and now pursues a more modest programme of information exchange. In a related event in March 2009, the BIPM organized a forum for NMIs active in providing advice, assistance or aid for developing countries. The forum was a useful opportunity to air views on how best to carry out such work but participants recognized that these programmes were largely driven by the political policies of the countries concerned and that close coordination would not be possible. Despite this, a similar event may be held in a few years time to share best practice.

On 18 July 2011 the BIPM and WMO created a joint liaison group. The main task of this group is to develop the recommendations prepared during the 2010 WMO-BIPM workshop on 'Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty' into action points that can be followed up by the joint liaison group. The first meeting of that group will be held in early 2012 at the BIPM headquarters. The group will meet annually with a teleconference in between. It is envisaged that a follow-up workshop will be held in 2014.

9.9 Collaboration with OIML, ILAC and ISO and other intergovernmental organizations and international bodies

A major issue which occupied the work of the CIPM for some time was the relationship between the BIPM and the OIML. As the CGPM will recall, this has been a regular topic of discussion over the years and the last time it was formally raised, the CGPM and the International Committee of Legal Metrology (CIML) took the view that major change was not timely. In March 2008, a meeting of the bureau of the CIPM and the CIML Presidential Council discussed a paper prepared by the Directors of the BIPM and of the International Bureau of Legal Metrology (BIML). Essentially, the Directors reviewed methods of developing and strengthening co-operation between the two organizations, including the possibility of a relocation of the BIML to the BIPM site and a merger of the two organizations. The Directors

pointed out that if Member States wished this closer relationship to be pursued, with possibly even a merger of the two organizations in the long term, there were likely to be significant costs in the short term. The Directors believed that administrative issues could be solved if the two organizations committed themselves to this vision. The bureau of the CIPM took a positive attitude, and was prepared to ask for further work. However, at that time the CIML took the view that any such proposal, which would involve the use of the OIML assets to help fund a move, would be difficult to justify in the absence of quantifiable benefits or any compelling reasons for a merger. The two organizations therefore left matters as they were.

The issue was raised again after considerable discussions during the CIML meetings of 2009 and 2010 and the bureau of the CIPM again met with the Presidential Council of the CIML. It was noted that there is a wide spectrum of views among the OIML Member States which ranged from total opposition to general encouragement for a detailed examination of the case for *rapprochement*.

No further formal moves on *rapprochement* were considered appropriate but there was a clear decision to cooperate closely, such as on a joint seminar with UNIDO on World Metrology Day, collective working on the AFRIMETS/UNIDO project, and the drafting of a number of application area information documents. In addition, the BIML has been kept apprised of progress on the redefinition of units, particularly the kilogram.

For many years, the BIPM has held annual tripartite liaison meetings with the OIML and the ILAC. Several policy documents such as the 2006 tripartite declaration on the importance of MRAs and the joint 2005 BIPM/ILAC statement on the roles and responsibilities of NMIs and nationally recognized accreditation bodies have been produced. It became increasingly obvious that this collaboration could be strengthened with the participation of the ISO, thereby bringing together all the key bodies associated with what some refer to as ‘MAS’ – metrology, accreditation and standardization. ISO joined the meeting for the first time in March 2010, and all four bodies agreed to cooperate to generate a common policy on the importance of traceability.

The BIPM enjoys ‘A’ liaison status with a number of ISO technical committees such as CASCO and ISO 229 on nanotechnologies. With the appointment of its international liaison officer, the BIPM strengthened its activities in this area. Other collaborations are with ISO REMCO, the World Anti-Doping Agency (WADA) and the Codex Alimentarius.

9.10 World Metrology Day

I must comment on the success of the ‘World Metrology Day’ initiative. This has developed significantly over the years and the annual event is now a partnership between the BIPM and OIML with support from the NMIs, and particularly from PTB. Posters and literature are produced in a large number of languages, which many NMIs use to promote metrology nationally. In addition, there have been joint BIPM/OIML publications on the application of metrology, explaining the importance of its application in specific areas such as climate change, transportation and energy. Together with the BIPM’s web pages, I believe the BIPM is taking the necessary steps to promote metrology internationally and to aid NMIs in their own promotional work.

9.11 Meetings of NMI Directors

Meetings of NMI Directors have been held at the BIPM headquarters for more than ten years. The purpose of the meetings is to update Directors on developments at the BIPM, inform them of plans for future programmes of work and to seek their advice and input. The early meetings focused mainly on developments in the CIPM MRA but more recently the focus has been on development, guidance and advice on the BIPM's programme of work. Since the last meeting of the CGPM, meetings of NMI Directors were held on 14 November 2007, 7 October 2009, 2-3 June 2010 and 25 May 2011. There was no meeting of Directors in 2008 and the 2009 meeting coincided with the symposium to celebrate ten years of the CIPM MRA. The CIPM has benefited enormously from the feedback and advice received at these meetings and intends to continue the pattern of holding these meetings on an annual basis or as close to annually as possible.

9.12 Meeting of representatives of States Parties to the Metre Convention

A meeting of representatives of States Parties to the Metre Convention to discuss the programme of work and the corresponding budget for 2013-2016 was held at the BIPM headquarters on 26-27 May 2011. Three government-initiated Draft Resolutions related to the Metre Convention and governance issues were also presented and discussed at the meeting. Discussion of these issues provided valuable feedback to the CIPM on the concerns of a number of delegations and, with the encouragement of representatives of States Parties to the Metre Convention, led the CIPM to initiate an additional Draft Resolution, Draft Resolution N, for consideration during this meeting of the CGPM.

The representatives of States Parties to the Metre Convention held a closed session (without the presence of any CIPM members who were not part of government delegations and without any BIPM staff members) to discuss the BIPM's programme of work for 2013-2016 and four funding scenarios. Outcomes from the closed session were summarized as follows:

- “All States strongly support and appreciate the Metre Convention and the work of the BIPM, noting that it is moving forward, for example with the development of the CIPM MRA.
- The range of views stretched from support for scenario I and II to a desire for a less than scenario IV with the majority tending to be around III or IV. Some States Parties to the Metre Convention indicated that they are willing to support the BIPM with additional voluntary contributions. Other States Parties to the Metre Convention expressed their view that such contributions should not incur continuing obligations.
- There was unanimous support for a new and stronger strategic direction for BIPM with a clear idea of priorities, developed jointly between States Parties to the Metre Convention, NMIs and the CIPM.
- Some States Parties to the Metre Convention question the current balance between coordinating activities and scientific and technical work and whether it is still appropriate for the future.
- A key aspect of the new strategy will be consideration of the appropriate roles of the BIPM, Regional Metrology Organizations and NMIs.

- One interesting recommendation was that BIPM should consider whether it would be appropriate to charge for some of their services and to share costs for joint activities with other organizations.
- Discussions on the modernization of governance structures should be in parallel with strategic developments.
- There was a strong feeling that changes should not wait until the next scheduled meeting of the CGPM in 2015⁵.”

Overall the meeting proved to be very successful and was seen as a valuable communication forum that should be held on a regular basis, perhaps annually.

9.13 The work of the BIPM

The final substantial part of my report considers the work of the BIPM. The Metre Convention entrusts the CIPM with the supervision of the work of the BIPM’s management, laboratories and international liaison. It is a demanding task as, essentially, it ensures that the work carried out is consistent with the wishes and decisions of States Parties to the Metre Convention at successive meetings of the CGPM. States Parties to the Metre Convention are kept informed annually through the report of the Director on the Activity and Management of the BIPM, and the *Rapport Annuel aux Gouvernements des Hautes Parties Contractantes sur la situation administrative et financière du BIPM*. This is the BIPM’s formal communication to Governments and contains a great deal of financial information. It is a long and complex document and as a result of comments made by a number of Delegations at the 23rd meeting of the CGPM, the BIPM has launched a new short newsletter which reports in brief on key issues of interest to policy makers.

My task is now to summarize a number of these issues and developments for you.

Let me start with the scientific work performed at the BIPM since the last meeting of the CGPM.

Mass

The Mass Department continues to maintain the BIPM’s mission in relation to the SI kilogram. The Department will ensure that the kilogram continues to be disseminated and that coherence and traceability of the world-wide mass metrology system will be preserved after the kilogram is redefined. In terms of calibrations, the Mass Department facilities have been improved with the refurbishment of the laboratory, the acquisition of a new 1 kg vacuum mass comparator and construction of an automatic mass comparator for mass standards ranging from 1 g to 100 g. Since 2007, 60 mass certificates have been issued, four special studies for NMIs undertaken and ten mass calibrations for BIPM use performed.

Volume determination at the 1 kg level has been ensured by using a hydrostatic weighing apparatus with bi-distilled water. To reduce uncertainty, successful tests have been carried out in a water bath using two 500 g cylinders of single-crystal silicon; the final goal is to substitute a fluorocarbon liquid for water, relying on the Si cylinders to standardize the density of the fluorocarbon. A set-up for volume determination for masses below 100 g has been purchased to allow the BIPM to calibrate special masses for internal needs. Since 2007, 16 volume certificates

⁵ Following the adoption of Resolution 3 ‘Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2015’, the next meeting of the CGPM will be held in 2014.

have been issued, two special studies for NMIs conducted and two volume calibrations for the BIPM performed.

The Mass Department continues to provide a Pt-Ir prototype manufacturing service for NMIs and the BIPM. Since 2007, 11 prototypes have been fabricated. Prototype fabrication, which is essential for mass dissemination, to existing and new States Parties to the Metre Convention involved mass adjustment, as well as mass, volume and volume magnetic susceptibility calibration.

Sales of the BIPM magnetic susceptometer apparatus continued. Calibrations of volume susceptibility were conducted for 23 NMIs. Calibrations of BIPM manometers with respect to the pressure balance maintained in the Mass Department continued with 127 certificates issued since 2007, approximately 31 per year. All mass calibrations performed comply with the Quality Management System (QMS) ISO/IEC 17025:2005.

To prepare the *mise en pratique* for the future new definition of the kilogram and to participate in the determination of the Avogadro constant and the Planck constant the Mass Department undertook studies of water sorption effects on the surface of artefacts and of mass contamination under vacuum by vacuum gauge. The Department carried out mass comparisons with sorption artefacts under the umbrella of the CCM WGM-TG1 and other mass comparisons under the framework of the International Avogadro Coordination (IAC) of natural Si spheres and isotopically-enriched ^{28}Si spheres with a final uncertainty target within 5 μg . Bilateral comparison of test masses used in the NPL watt balance was conducted to investigate the discrepancy in the value of the Planck constant obtained by NPL and NIST watt balances.

The Mass Department began assembling a pool of artefacts in anticipation of the redefinition of the kilogram. The average mass of the pool of artefacts will help to ensure the stability of the BIPM mass reference, which will be used for dissemination of the mass unit. The average mass of the pool of artefacts must be traceable to the future new definition of the kilogram. This will require comparisons with primary realizations of the 'new' kilogram. This ensemble of about twelve artefact masses will include artefacts fabricated using Pt-Ir alloy, single-crystal silicon, and stainless steel. A study to monitor the mass stability as a function of the storage conditions is ongoing in order to determine the best storage conditions. One set of artefacts will be stored under vacuum (at about 1 mPa), two other sets under a chemically inert gas such as nitrogen or argon, and a final set in ambient air. The outlet gas will be monitored for oxygen, water and hydrocarbons at the level of parts in 10^6 . The residual gas in the vacuum storage system will also be monitored at the same level. The containers have been fabricated by the BIPM workshop and the network linking the containers to the gas sources, sinks and analysers is under construction.

A trilateral cooperation between the NPL, METAS and the BIPM is planning the following projects:

- Methodology to link mass standard weighing under vacuum against mass standard remaining in air.
- Surface analysis by XPS of samples in stainless steel, Pt-Ir, single-crystal Si and Au alloy.
- Mass comparisons in vacuum or inert atmosphere of suitable artefacts transported under conditions similar to the conditions of the desired comparisons.
- Study effectiveness of cleaning methods employed, including plasma jet hydrogen or oxygen (developed by METAS), UV light and ozone (UVO \times) exposure (developed by NPL), conventional BIPM cleaning methods, and the solvent used for the Avogadro project (developed by NMIA).

The Mass Department successfully installed a glovebox and vacuum transfer system to enable successful loading of artefacts stored under vacuum or in inert atmosphere into the vacuum mass comparator.

The Mass Department continues its cooperation with the European Association of National Metrology Institutes (EURAMET) for research into the magnetic properties of mass standards and its collaboration with the European Space Agency on the Laser Interferometer Space Antenna (LISA) programme in magnetic properties fields. The torsion balance experiment was terminated and the set-up has been transferred to the University of Birmingham, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. Consultative Committee work is ongoing and the Department continues as coordinator for mass measurements in the IAC. Collaboration continues with colleagues on the watt balance project.

Watt balance

The watt balance is one of the BIPM's most important projects, which was given highest priority in the 2009-2012 programme of work. This project, together with the pool of artefacts, is essential for the BIPM's future responsibility for mass metrology after the redefinition of the kilogram. Work on the watt balance is carried out in collaboration with other scientific Departments of the BIPM, the largest contribution coming from the Mass Department. Since the last meeting of the CGPM, two additional posts have been created for an assistant and a physicist, and a postdoc was contracted for two years to work on the watt balance.

The BIPM watt balance is based on a novel concept in which the dynamic and static measurements are carried out simultaneously. These measurements are made sequentially in conventional watt balances. This makes the BIPM experiment insensitive to magnetic field drifts and reduces sensitivity to coil misalignments, although it requires innovative design features. In addition to this novel measurement mode, the BIPM watt balance can also operate in the conventional way, with two separate measurement phases, which allows the BIPM to demonstrate the validity of its concept.

Significant progress has been made on the watt balance:

- A guest scientist from the NMIJ, Japan, built a highly stable current source, with a relative current drift of only 2 parts in 10^9 per minute.
- The design of the magnetic circuit has been completed. It was carefully chosen to reduce the level of electromagnetic perturbations detected by the coil. The system will be fabricated and assembled in early 2012.
- Work has started on a dedicated Josephson voltage standard for the voltage measurements.
- An original procedure to align the coil and the magnetic field with respect to the direction of gravitational acceleration has been developed. This alignment will be dynamically maintained during coil movement with a new mechanism, integrated into the suspension.
- A new laboratory with two large concrete foundations, one for the watt balance, the other for a gravimeter, is now ready. Absolute gravimetry measurements during the International Comparison of Absolute Gravimeters (ICAG-2009) and mapping of the spatial variations will allow the BIPM to determine the local gravitational acceleration at the position of the test mass once the experiment has been moved to the new location.

In early 2009 the first measurements of the Planck constant were made, although the uncertainty was still relatively large. In 2010, a series of measurements of the Planck constant were carried

out over a five week period. Results obtained were in agreement with the CODATA value to 5 parts in 10^6 , well within the estimated uncertainty of 5 parts in 10^5 . With this result, published in 2010, the BIPM joined NIST, NPL and METAS as the only groups with published results of watt balance experiments.

The present uncertainty is dominated by contributions from various critical alignments. Application of the BIPM's new alignment procedure will reduce this uncertainty. A new three-axis interferometer will allow more accurate velocity measurements, which will also contribute to reducing the uncertainty.

Relocation of the watt balance to the concrete foundation in the new laboratory should take place during the first half of 2012. The vibration level on this foundation is considerably lower than at the present location, which will reduce the noise level of the measurements. The move to the new laboratory will provide the opportunity to install the watt balance in a vacuum enclosure which has been available since April 2011. With all these improvements, an uncertainty of the order of 1 part in 10^6 is expected to be reached in early 2012.

One of the objectives of the first determinations of the Planck constant was to compare the results obtained by the new BIPM approach of simultaneous measurement with those obtained in the conventional way. At present we can state that both agree within the experimental reproducibility of 5 parts in 10^6 .

The approach of simultaneous measurements presents interesting advantages, but leads to the difficulty of how to dissociate the induced voltage in the coil from the undesired voltage drop as a consequence of the current flowing across it. One possibility would be to use a superconducting coil, in which the resistive voltage drop would be zero. A feasibility study was carried out to investigate the behaviour of a superconducting coil, with support from NIST, and to explore some of the engineering difficulties of a cryogenic watt balance. Construction of a small-scale superconducting moving coil system was started at the end of 2010.

Work will continue on the present room-temperature instrument until it has reached its uncertainty limits. The target is to reach an uncertainty below 10^{-7} by 2015. A decision will be taken during the 2013-2016 programme of work whether to construct a cryogenic system. Such a system would need to be developed in parallel with the room-temperature experiment.

Time

The Time, Frequency and Gravimetry Department became the Time Department on 1 January 2011. The Time Department has achieved an improvement of a factor between 2 and 3 in the statistical uncertainty of linkage to Coordinated Universal Time (UTC) for about 25 % of the participating laboratories with the introduction of the clock comparisons using a combination of the phase and the code of the Global Positioning System (GPS) signal. The method is called GPS PPP, and was officially introduced in the calculation of UTC in September 2009. There has been an improvement of the systematic uncertainty of UTC with continuous relative calibration campaigns of Global Navigation Satellite System (GNSS) equipment in participating laboratories, and with coordinated campaigns in RMOs. A PhD on absolute calibration of GNSS equipment is almost complete, with excellent results. Calibration of Global Navigation Satellite System (GLONASS) receivers followed by the introduction of clock comparisons by GLONASS observations since November 2009 has been achieved. This is the first step towards the implementation of multi-system time comparisons for UTC. A method of combined GPS-GLONASS links for improving the clock comparisons for UTC has been developed, with official inclusion in BIPM *Circular T* since 1 January 2011. A monthly extrapolation of

TT (BIPM) for applications requiring a time scale with improved long-term stability and highest accuracy has been implemented and published. A parabolic model for the frequency prediction of clocks in UTC is under development, and is at present being integrated into the software; the result will stop the drift observed in the last few years between the *Echelle Atomique Libre* (EAL) and International Atomic Time (TAI) or Terrestrial Time (TT). There has been a reduction (about one week) in the delay in publication of BIPM *Circular T* due to the implementation of an automated procedure for data submission and retrieval. Comparison of absolute gravimeters ICAG-2009 was defined as a key comparison.

The Time Department's international liaison activities continued, with leadership at the International Committee for GNSS on issues related to time references for GNSS operations.

Electricity

The work of the Electricity Department has focused on the comparison of electrical primary standards of NMIs, to enable them to test their own unit realizations by comparison against stable and well-characterized BIPM reference standards. The Department provided an increasing number of on-site comparisons of Josephson voltage standards at a rate of 2-3 per year in response to requests from NMIs and to obtain the smallest possible uncertainties. In 2009, fifteen NMIs of States Parties to the Metre Convention declared their interest in participating in such a comparison. Working with the BIPM in this way helps NMIs improve their own voltage standards. To guarantee the continuity of this programme, a new transportable Josephson standard is under development.

Several NMIs have requested that the BIPM resume on-site comparisons of the quantized Hall resistance (QHR), which have been carried out on five previous occasions between 1993 and 1999. The number of QHR systems world-wide is increasing and comparisons using wire-wound resistors as transfer standards are limited by their inherent stability. A direct comparison between two QHR systems allows a reduction in the uncertainty by at least a factor of ten. A new transportable QHR cryostat has been constructed and the electronics will be modernized during 2011.

In addition to on-site comparisons, the Department organized comparisons of resistance, capacitance and voltage standards through an exchange of transfer standards.

One of the on-site Josephson comparisons was extended to carry out a comparison between the BIPM's new-generation programmable Josephson voltage standard and the LNE's conventional Josephson array voltage standard. Both arrays were found to be in excellent agreement within an exceptionally small relative uncertainty of less than 1 part in 10^{10} . This demonstrated the suitability of new, programmable arrays for metrological applications.

The NPL invited the BIPM to carry out a joint comparison of the QHR of the new two-dimensional material graphene and GaAs. Agreement was found within an uncertainty in the order of 1 part in 10^{10} , which represents the most accurate measurement of the QHR of graphene obtained so far. Since the electronic properties of graphene and GaAs are very different, this is an important universality test of the QHR. This important scientific result is also relevant for the future realization of electrical units through the quantum Hall effect. The properties of graphene might also allow the future development of a much more compact transportable QHR system for on-site comparisons.

A calculable capacitor developed in cooperation with the NMI of Australia will be used as primary standard for the capacitance unit, the farad. The instrument is designed to reach an uncertainty of the order of 1 part in 10^8 which has never been achieved before. A calculable

capacitor allows the direct realization of a SI electrical unit with the smallest uncertainty. The objective is to measure the von Klitzing constant, R_K , in SI units, which is of importance in the context of the planned redefinition of four of the SI base units. The first measurements will be carried out in 2011.

The Electricity Department supports the development of the BIPM watt balance by the development of a dedicated Josephson voltage standard and general consultancy on electrical measurements.

Ionizing Radiation

The Ionizing Radiation Department launched three new ongoing comparisons. Accelerator dosimetry comparisons, using the transportable BIPM calorimeter, began in 2009 with participation from Canada, Germany and the United States of America. The calorimeter also provides a new determination of absorbed dose to water in the BIPM ^{60}Co reference facility. The mammography comparison facility was completed in 2009 with the construction and validation of a new primary standard free-air chamber and the installation and characterization of a Mo-target x-ray tube. The first comparisons were made with Japan, the United States of America and Germany, and national standards for China and Italy have been characterized. The first BIPM ongoing brachytherapy comparisons, using transfer standards, in the Netherlands, France and the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland were enabled by secondees and visiting scientists from Mexico, Denmark, South Africa and the Netherlands. The BIPM has developed and improved all of its primary standards for air kerma in photon beams, in particular through robust volume determinations, measurements and Monte Carlo calculations. The consequent changes have been approved by the CCRI and published. The ICRU and the CCRI are considering BIPM studies of the I -value for graphite and the W -value for air that have implications for air kerma standards world-wide. The BIPM has also worked closely with Australia, Mexico, Portugal and Egypt on the development of their primary standards. A total of thirty-four dosimetry comparisons have been made, including a comparison at kilogray dose levels, and twenty-eight reports published including three papers for a special issue of *Metrologia*. In addition, eighty-nine national dosimetry secondary standards have been characterized and calibrated, including those for the IAEA/WHO measurement service.

Fifteen countries regularly send ampoules of radioactive material to the BIPM for ongoing activity comparisons using the International Reference System (SIR), for which forty-seven comparisons have been made and twenty results already published. The new SIR measurement system was fully adopted in 2009. Impurity levels were measured for nineteen of the radionuclides submitted for these comparisons. The SIR has been extended to short-lived radionuclides by developing the SIR Transfer Instrument, which has already been used in the United States of America, Republic of Korea and Japan for measurements of $^{99\text{m}}\text{Tc}$, the radionuclide most commonly used in medical imaging. An extension to SIR to include pure beta emitters is progressing well and a pilot study in 2011 will use the BIPM liquid-scintillation techniques for the measurement of ^{63}Ni samples from six laboratories. Studies of ^{237}Np , ^{241}Am , ^{85}Kr and ^{177}Lu were made in support of CCRI activity comparisons and the BIPM has piloted and participated in the ^{55}Fe and ^3H comparisons and analysed the ^{85}Kr and ^{241}Pu comparisons. In addition, the BIPM has modernized its equipment for primary measurements and successfully participated in a CCRI comparison of uncertainty evaluation piloted by the IRA-METAS and the NPL.

Responsibility for the calibration of standard platinum resistance thermometers (SPRTs) for the BIPM was transferred to the Ionizing Radiation Department, which conducted a bilateral SPRT

comparison with the LNE-INM, updated the quality system and ran two calibration campaigns for other BIPM Departments.

Chemistry

The Chemistry Department continues to work on international equivalence of gas standards for air quality and climate change. It completed twenty-eight comparisons of National Ozone Reference standards against the standards maintained by the BIPM (the majority within the framework of the ongoing key comparison BIPM.QM-K1): these demonstrated a five-fold improvement in the consistency of standards world-wide and performance levels reaching those required for the long-term monitoring of surface ozone. The Department coordinated the first international comparisons of nitrogen dioxide gas standards (CCQM-K74 and CCQM-P110), required for global monitoring and mitigation of air pollution from vehicle emissions. Thirty-six results from seventeen NMIs were compared and the reference value was provided by the BIPM's Primary Nitrogen Dioxide Facility. The BIPM organized a coordinated comparison and workshop on the use, performance and limitations of spectroscopic methods (FTIR) for accurate and traceable gas measurements. A laser-based ozone reference standard and a gas phase titration facility were developed and new measurements of the ozone cross-section within the Hartley band provided new reference data for the improvement of the accuracy and consistency of long-term atmospheric ozone monitoring. The Chemistry Department continued the development and validation of methane in air standard comparison facilities and formaldehyde primary standard facilities at the BIPM headquarters, in preparation for its coordination of international comparisons (CCQM-K82 and CCQM-K90) required to ensure accurate long-term monitoring of greenhouse gases and related atmospheric processes.

The Chemistry Department's work on international equivalence of primary organic calibrators for health, food, forensics, pharmaceuticals and environmental monitoring included:

- Completion of three BIPM coordinated comparisons on organic primary calibrators (CCQM-P20.f, CCQM-K55.a, CCQM-K55.b) for a therapeutic drug (digoxin), a steroid hormone (estradiol) and a pesticide (aldrin). Comparison (CCQM-K55.c) on the antibiotic chloramphenicol was started. The BIPM comparisons have led to fifty-seven results being submitted from participating NMIs in support of their measurement capability claims for organic primary calibrators and as a basis for their traceability claims in the organic field.
- Development and approval of a comparison model for small molecule organic primary calibrators based on classification by molecular weight and polarity, allowing the number of organic primary calibrator comparisons required to underpin all organic small molecule CMC claims to consist of an ongoing group of three comparisons. In this way, the BIPM coordinated comparisons are now considered to underpin the 1121 CMCs related to organic analytes currently published in the KCDB.
- Development and validation of measurement methods for the value assignment of primary calibrators for small molecules including drugs, steroids, pesticides, antibiotics and amino acids. Feasibility studies on mass balance and alternative methods for the purity assignment of large molecules including angiotensin and insulin were started. Knowledge transfer of these activities through BIPM coordinated CCQM comparisons led to significant improvements in performance amongst participants in BIPM coordinated comparisons.

The Chemistry Department continues to support the JCTLM and liaison with intergovernmental organizations. This work included:

- A redesign of the JCTLM database and nomination and review processes to make them consistent with the newly published harmonized standards for Certified Reference Materials and Reference Measurement Procedures (ISO 15193:2009 and ISO 15194:2009).
- Extensive collaboration with the WMO to organize the WMO-BIPM workshop on ‘Measurement Challenges for Global Observation System for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty’.
- Collaboration and knowledge transfer to WMO Expert groups on NO_x, Volatile Organic Compounds (VOCs) and Ozone Cross-Section to develop and improve measurement standards and reference data.

9.14 Administration and Finance

I would firstly like to inform you of a number of amendments to the Headquarters Agreement of the BIPM or *Accord de Siège*. This Agreement between the CIPM and France sets out the relations between the BIPM and France, its host State, necessary for the fulfilment of the mission of the BIPM on the French territory. The 1969 version of the *Accord de Siège* did not address all the issues considered necessary for the BIPM to achieve this mission. Therefore we negotiated an amendment to the *Accord de Siège* with the French Government.

Essentially, the amendments agreed between the CIPM and the French Government provide for inviolability of the BIPM’s archives, jurisdiction immunity with some exceptions and some limits to exemptions which relate to relations between staff members and third parties as well as limitations related to property and assets. The CIPM approved the texts, as described in the report of the 96th meeting of the CIPM in November 2007. The French Republic adopted a law ratifying the amendments to the Headquarters Agreement of the BIPM which was published in the *Journal Officiel de la République française* on 30 July 2008.

I wish to thank the French Government for the adoption of these amendments.

In February 2008, following a number of presentations and discussions during its meeting in November 2007, the CIPM approved, unanimously, a new set of Regulations, Rules and Instructions (RRI) applicable to the staff members of the BIPM. They also include, for the first time, a Code of Conduct applicable to BIPM staff members. The new RRI updated the BIPM Staff Rules and now correspond to modern standards and help attract, recruit and retain high quality staff.

A major feature of the new terms and conditions of employment is that there are provisions for the settlement of disputes between staff and the BIPM concerning their conditions of employment in accordance with the Amendment to the Headquarters Agreement, which provides for the recognition of the jurisdiction of an international administrative tribunal, the Administrative Tribunal of the International Labour Organization (ILOAT), after the internal appeals procedure has been exhausted. The Director of the BIPM held a number of discussions with staff representatives in the course of preparing the new RRI and the transition between the former and the current provisions has gone well.

The CGPM will be well aware of recent events in the financial world and the effect that this has, amongst other things, had on the pension provisions for employees in national enterprises and international organizations. Since the last meeting of the CGPM, the CIPM has carried out one of its regular reviews of the BIPM’s Pension Regulations and actuarial study of the BIPM Pension Scheme, mainly to ensure that the assets of the BIPM Pension Scheme will allow

payments of accrued pension rights in the long term. As a result, the CIPM has adopted amendments to the provisions of the Regulations and Rules of the BIPM Pension and Provident Fund for staff recruited before 1 January 2010, as well as a modified set of provisions for staff recruited after that date. This revision became all the more important as the retirees and staff members life expectancy has increased constantly over the last decades. It is higher today than ever before and the number of retired staff members is soon expected to exceed the number of active staff members.

These amendments were discussed, revised and then implemented. The main amendments were related to the increase of the normal retirement age, an increase in the rate of the staff contribution and a reduction in the amount of the retirement pension for staff recruited after 1 January 2010 as well as a reduction in some side benefits. The CIPM believes that these amendments should ensure the sustainability of the BIPM Pension Fund for many years to come, with projections out to 2050.

The BIPM's terms of employment must be competitive and a reasonable salary and benefits package must be offered by the BIPM in order to attract and retain highly qualified staff. A review compared BIPM salaries with those in other intergovernmental organizations, the French public and private sectors and a number of NMIs. The results indicated that the BIPM is generally competitive and there was no case for any substantial change. Nevertheless, the CIPM took advantage of the review to make a number of changes to the grade ranking structure so as to reflect market conditions and provide for appropriate salary progression for staff members during their career.

The Director reported to the CIPM on reorganization of the Staff Commissions, the number of which was reduced from six to four. The CIPM also received reports on the creation of a new Health and Safety Committee and the training of several staff members to act as experts in a number of specific areas. Much of the BIPM's safety documentation has been re-written and I am pleased to say that the BIPM has a very good record on safety with no serious incidents reported.

As a further reform, the BIPM management has implemented a change to the BIPM accounting system to move from cash accounting to an accrual accounting system using the IPSAS (International Public Sector Accounting Standards), designed for the general purpose financial statements of all public sector entities.

This was strongly encouraged by the bureau of the CIPM and by the CIPM itself in order to increase the effectiveness and efficiency of the financial management of the BIPM, to reinforce accountability and transparency, and to ensure the most effective use of resources. As a result, the BIPM has developed new accounting rules and policies, implemented starting with the 2010 financial statements. In order to compare the 2010 accounts with the 2009 accounts, the 2009 financial data were restated in accordance with the new rules and policies. Thus, the full four-year period of the current programme of work can be dealt with on the same accountancy basis. The new accounting system makes the BIPM's financial management more transparent for States Parties to the Metre Convention. It also clarifies the use of the BIPM's Reserve Fund and of the Capital Investment Fund (CIF). Essentially the Reserve Fund protects the BIPM from fluctuations in payment of annual contributions from States Parties to the Metre Convention and the CIF aims to support the infrastructure of the BIPM and includes depreciation of equipment, any other additional capital investment needed, and any unexpected expenses.

The administrative and staff-related reforms I mentioned above have been a major challenge for the BIPM. The reforms bring the BIPM into line with current best practice and the CIPM

believes that most of any management and internal policy changes needed have now been achieved and implemented successfully.

The pattern of the staffing of the BIPM has changed somewhat over recent years and the past Director, as well as the current Director, pursued a policy of ensuring a balance between appointments on a permanent basis and appointments on a fixed-term basis. This policy has been supported by the CIPM. Staff members appointed on a permanent basis are needed to provide continuity for the core activities of the programme of work while staff members appointed on a fixed-term basis can provide the special skills needed to implement specific projects. This flexibility has proven to be a great success, especially when combined with a number of secondments from NMIs and elsewhere. Since the last meeting of the CGPM, the BIPM has hosted a total of 17 secondees during various terms representing on average three full time equivalent staff per year. The benefits of a secondment programme are clear: enhanced collaboration and understanding between the BIPM and NMIs as well as an opportunity for NMI staff to gain a unique experience of world metrology.

As the CGPM will be aware, the CIPM draws up the annual budget in the year before its implementation, based on a proposal from the Director. The CIPM ensures that there is proper provision for a balanced budget and that the BIPM's Reserve Fund is adequate to deal with fluctuations in payments of annual contributions from States Parties to the Metre Convention. I am happy to report that 99 % of the dotation was settled during the period 2008-2010, as well as 81 % of the additional discretionary contribution. However, with the current difficult economic situation being experienced by a number of States Parties to the Metre Convention, the BIPM is presently faced with increasing overdue payment of 2011 contributions. The BIPM's budget is being well managed and will achieve balance for the period. However, as will be seen from the draft budget proposals and the proposed programme of work for the next quadrennium, a number of infrastructure investments are needed, such as renovation of buildings postponed either from the last programme or as a result of the prioritization exercise. There would also be significant future expenditure if the BIPM is to fully accomplish its mission and respond to the needs of NMIs of the States Parties to the Metre Convention as detailed in the programme of work for 2013-2016.

The BIPM maintains a quality system based on ISO/IEC 17025:2005 for its measurement services. Internal and external audits are, of course, a regular activity but in the interests of transparency, details of the quality system were also presented to RMO experts during a special meeting in March 2008. A number of useful suggestions were made and the BIPM re-wrote some of its high level policy documentation. The BIPM recruited a full time quality, health and safety officer in 2009 and a substantial revision of the BIPM's quality manual was made in October 2010. The CIPM receives regular reports from the Director on the quality system and is satisfied that it is operating effectively and efficiently. A further development was that the uncertainties associated with the BIPM's calibration and measurement services were published on its website with a link to them from appendix C of the KCDB, in a style that was similar to the CMCs published by NMIs. The uncertainties associated with the BIPM's calibration and measurement services were also reviewed by the relevant Consultative Committee.

A number of refurbishments and renovations have taken place since the last meeting of the CGPM, notably the redesign and refitting of the old mechanical workshop into a series of meeting rooms and the renovation of the laser building, allowing the transfer of the time laboratory from the Observatoire and the creation of two additional laboratories for the Chemistry programme of work.

Finally, I should like to draw your attention to the increased efforts made by the BIPM staff to report on the work of the BIPM. The scientific publication record of the staff is impressive and the CIPM has noted a number of more general publications which have done much to raise the profile of metrology.

9.15 Conclusion

It is never easy, especially in difficult global financial times, for Governments to support science and scientific organizations, particularly international scientific organizations. Inevitably, it must come down to an assessment of value and prioritization for individual States. In the case of the BIPM I believe the impact that some 70 people make for the benefit of States Parties to the Metre Convention represents extraordinarily good value, particularly bearing in mind the shared nature of the costs. There is real work to be done in meeting the current needs of States Parties to the Metre Convention and addressing the Grand Challenges ahead. The BIPM can add real value by addressing key global aspects of these needs. In your consideration of the work programme and budget options during the course of this meeting of the CGPM I urge you to consider the benefits and the return on investment for your individual State in reaching your decision on funding for the proposed programme of work. I commend to you the proposed programme of work which has been thoroughly reviewed, prioritized by the CIPM, considered by two meetings of NMI Directors and further prioritized by the CIPM.

In conclusion, as CIPM President, I thank again my CIPM colleagues for the work that they do in support of the BIPM and for the benefit of all States Parties to the Metre Convention. I thank the large number of talented scientists that serve on our Consultative Committees and provide such valuable advice to the CIPM, and also their parent institutions for their continued support. Finally, I thank and acknowledge the BIPM staff for their outstanding contributions, and their untiring effort and dedication that makes it possible for the BIPM to achieve so much with such limited resources.

The President of the CGPM meeting thanked Dr Inglis, the President of the CIPM, for his report and opened the meeting for discussion.

There were no comments.

10 Relations with intergovernmental organizations and international bodies

Dr Kaarls outlined the increasing importance of the collaboration between the BIPM and a variety of intergovernmental organizations and international bodies. He introduced speakers from the IAEA, OIML, WMO, WHO, CIE and ILAC.

10.1 Reports on relations with the IAEA, OIML, WMO, WHO, CIE and ILAC

International Atomic Energy Agency

Dr Meghzifene, Head, Dosimetry and Medical Radiation Physics Section, Human Health Division, International Atomic Energy Agency (IAEA), gave a short speech on the relations between the BIPM and the IAEA on behalf of the Director General of the IAEA. He gave an overview of the BIPM support to the IAEA in the field of dosimetry, specifically in establishing traceability, and also scientific and technical support from the BIPM. Details of the IAEA-BIPM collaboration were mentioned, as was the BIPM linear accelerator (LINAC) project.

The position of the IAEA in the international metrology system for radiation dosimetry was presented. The primary standard laboratories are at the top of the traceability scheme. The second level consists of Secondary Standards Dosimetry Laboratories (SSDLs). The bottom level consists of end-users. The IAEA is a SSDL. Typically, the IAEA gets its traceability from the BIPM and transfers it to the SSDLs Network and then directly on to end-users.

In terms of BIPM support, the IAEA calibrates its reference standards for radiotherapy and radiation protection dosimetry at the BIPM headquarters every two to three years. As a measure of the impact of these calibrations, the IAEA calibrated 46 reference standards for its SSDLs at the IAEA in 2010. The total number of countries traceable to the BIPM through the IAEA is 39. Most of these countries use IAEA standards to provide traceability to the end-users. In 2010, approximately 1300 calibrations were carried out by SSDLs for end-users using the 46 reference standards that had been calibrated by the IAEA using the few IAEA reference standards that had been calibrated at the BIPM.

The second service for traceability is reference irradiations for dosimeters used in networks for the purpose of checking the verification and implementation of dosimetry protocols. These thermoluminescent dosimeters (TLDs) are sent to the IAEA Member States, especially to hospitals and SSDLs. The reference irradiations are provided by the BIPM as an external quality assurance measure.

As an example of the collaboration between the BIPM and the IAEA, the BIPM provides the chairperson for the Scientific Committee of the IAEA/WHO Network of SSDLs and participated in the preparation of the IAEA/WHO SSDL Charter. The BIPM also took part in the preparation of dosimetry protocols and guidelines. The BIPM and IAEA also collaborate in the areas of nuclear data and activity measurements.

Dr Meghzifene commented on the proposal for a LINAC at the BIPM. The International Code of Practice for Radiation Dosimetry states that direct calibration of dosimeters in terms of absorbed dose to water in LINAC beams is the preferred option. This Code of Practice is used by 80 % of countries world-wide. The IAEA believes that the BIPM LINAC project would enhance dosimetry at the end-point by allowing direct provision of the calibrations.

Dr Meghzifene completed his presentation by showing an extract from the IAEA letter to the BIPM in support of the LINAC project from Werner Burkart, Deputy Director General, Department of Nuclear Science and Applications, IAEA. *“The number of Primary Standard Dosimetry Laboratories (PSDLs) that have LINACs has been increasing since 2000. Consequently, the establishment of international standards in terms of absorbed dose to water for high energy photon and electron beams using a LINAC at the BIPM will enable these national standards to be compared and, calibrations to be provided for national SSDLs in line with the recommendations of the International Dosimetry Protocol. This work would contribute*

significantly to improved accuracy in radiotherapy dosimetry and thus benefit cancer patients receiving radiotherapy treatment”.

The President of the CGPM meeting thanked Dr Meghzifene for his presentation.

Dr Bock (Switzerland) asked whether the IAEA could provide any financial support for the BIPM LINAC project. Dr Meghzifene replied that he considered that unfortunately this was not realistic since transfer of funds from one intergovernmental organization to another is difficult to justify. However, the IAEA sent a letter of support to the BIPM to recognize the added value of the BIPM project to the Member States of the IAEA from a technical and scientific point of view.

International Organization of Legal Metrology

Mr Mason, President of the International Committee of Legal Metrology (CIML), gave a short speech about the relationship between the BIPM and the International Organization of Legal Metrology (OIML).

Mr Mason commented that the CIML, the executive organ of the OIML, held its 46th meeting in Prague, Czech Republic, on 11-14 October 2011. New appointments at the OIML since the start of 2011 were Mr Mason, President of the CIML, and Mr Patoray, Director of the International Bureau of Legal Metrology (BIML). Mr Patoray has, since his appointment, addressed management, financial and operational issues that the OIML had experienced in previous years.

One of the main topics of the 46th meeting of the CIML has been to develop a new strategy for the OIML. This is a testament to the new way of working within the organization; the whole process took only seven months from start to finish. The CIML re-examined the strategic direction of the OIML and its mission statement. In the end, very little was changed, but there is increased emphasis on certain aspects, in particular infrastructures and international cooperation. The OIML has restructured its objectives to clarify its processes and the relevance of its strategy to its work, particularly its priorities.

The OIML has six objectives:

1. to emphasize the OIML’s role as a standards making body. The text of the OIML strategy makes no explicit mention of the BIPM in its first objective, but the BIPM is cast in the context of the total infrastructure of metrology standards, conformity assessment and accreditation.
2. to provide its own mutual recognition system. Again there is no direct mention of the BIPM, but the CIPM MRA is used as a model for the mutual recognition systems which the OIML has put in place and continues to develop.
3. to represent the interests of legal metrology among international organizations and first and foremost among these are the organs of the organization created by the Metre Convention and this is explicitly acknowledged in the strategy.
4. to assist members of the legal metrology community world-wide, with particular emphasis to those communities in the developing world. No specific reference is made to the BIPM, but to carry this work forward the OIML will have to work through RMOs, specifically the Regional Legal Metrology Organizations. Clearly, the experience of the BIPM in working with RMOs will be very relevant to this work.
5. to cooperate with other metrology bodies to raise awareness of the contribution of a sound metrology infrastructure, including legal, scientific and industrial, which is of particular

relevance to the needs of developing countries. There is an explicit mention of the need to work in conjunction with the organs of the organization created by the Metre Convention.

6. to improve its own effectiveness and efficiency in identified areas, which is an internal objective. Clearly there are strong parallels with the challenges the BIPM faces in coping with the need to improve efficiency and effectiveness with limited resources.

Mr Mason commented that there were two other points to draw attention to:

- the CIML at its 46th meeting adopted Resolution 14 concerning collaboration between the OIML and the BIPM. The Resolution acknowledges the new collaboration era at all levels between the OIML and BIPM. The resolution requests to intensify the cooperation with the BIPM with regard to operational activities, which is already fruitful, and to pursue further discussions concerning a possible co-location.
- the CIML at its 46th meeting also adopted Resolution 25 concerning its input into work on preparing for the introduction of New SI base units. Its Member States and relevant technical committees are particularly encouraged to participate in this work.

In conclusion, Mr Mason stated that the OIML is an organization moving forward with new confidence. It is tackling issues that have seemed difficult for many years. Mr Mason added that he is looking forward to the OIML and BIPM working ever more closely together for their mutual benefit. The final part of the OIML strategy is entitled 'Working with others' and there is an explicit reference to working in cooperation with the organs of the organization created by the Metre Convention. Mr Mason urged Delegates to read the whole of the OIML strategy.

The President of the CGPM meeting thanked Mr Mason for his presentation.

Dr Richard (Switzerland) commented on the new level of cooperation between the BIPM and the OIML, stating that this represented a new beginning. He urged the BIPM and the OIML to move forward with greater cooperation and rapprochement and to explore the possibility of creating one, unified organization, and to review the analysis of the CIML at its 46th meeting to assess progress on the cooperation. Mr Mason stated that although there is much agreement, the BIPM and OIML should only seek to achieve what is achievable.

World Meteorological Organization

Dr Zhang, Director, Observing and Information Systems Department, World Meteorological Organization (WMO) gave a speech about the relationship of the BIPM and the WMO. Dr Zhang thanked the CGPM for its kind invitation on behalf of the Secretary-General of the WMO, Mr Jarraud. Dr Zhang introduced the WMO, a specialized agency of the United Nations operating under the economic and social council. It has 189 member countries and the Secretariat is based in Geneva.

He spoke about the collaboration with the BIPM. The joint WMO-BIPM workshop on 'Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty' was held at the WMO headquarters in Geneva, Switzerland, from 30 March to 1 April 2010. The workshop covered a very clear topic and recommendations were formulated.

One of the greatest achievements of the WMO over the last 60 years has been the implementation of the Global Observing System. Under the World Weather Watch programme and Global Observing System it operates satellite and ground measurement systems, which

include physical and chemical measurements. There are more than 10 000 ground measuring stations and 20 operational satellites.

Dr Zhang commented that there has been an improvement in the performance indicators for weather forecasting since the 1980s. Weather forecasting over three, five and seven days is now very reliable. However, there are great challenges to be faced on climate change and related severe weather disasters.

A historic event for the WMO was the World Climate Conference 3 (WCC3) held in 2009. At this event, there were calls for an agreement to establish a global framework for climate services. This was identified as a key priority for the next financial period of the WMO at the World Climate Congress, held earlier in 2011.

The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) report on the continued increase in greenhouse gases highlighted that in the field of measurement there is a lot of uncertainty. The WMO will rely on the BIPM to solve this problem.

Since 2000, the BIPM and the NIST have maintained the WMO-GAW Central Calibration Laboratory (CCL) for *in situ* ozone measurement. In the area of trace gas standards for reactive gases important in air pollution, ozone depletion and climate change, there are several areas of collaboration between the BIPM and the WMO. In 2009, a CCL for atmospheric VOCs was established between the BIPM and the WMO as part of the WMO Global Atmosphere Watch (GAW) observing system. There have been some problems because of the large number of compounds involved, which means that the task exceeds the capacities of a single laboratory or institution. The solution has been to share the responsibilities among several metrology laboratories. Four NMIs agreed to form the CCL. Dr Zhang thanked the NMIs involved for their collaboration.

Carbon Tracking Information Services using observations and inversion modelling will be needed by policy makers, industry, scientists, and the public to make informed decisions in implementing carbon mitigation measures post-Kyoto protocol. The WMO-BIPM collaboration especially with regard to trace gases still faces many challenges.

The WMO and the BIPM have established a common strategy to identify the need for accurate measurements and to ensure that the recommendations of the 2011 joint workshop are fully followed up, implemented and monitored. Dr Zhang completed his presentation by commenting that he is aware of the financial difficulties facing all organizations, including the WMO, but climate change is an international concern common to all countries and he urged all delegations to continue to support work in this area and the ongoing collaboration between the BIPM and the WMO.

The President of the CGPM meeting thanked Dr Zhang for his presentation.

World Health Organization

Ms Velazquez, Coordinator Diagnostic Imaging and Medical Devices Unit, Essential Health Technologies, World Health Organization (WHO), gave the following speech about the relationship between the BIPM and the WHO.

“Good morning Mr President of the International Committee for Weights and Measures and Mr Secretary of the General Conference on Weights and Measures, and Member States. I am pleased to be here to address the General Conference and to report on the very important value that the work of the International Committee for Weights and Measures brings to the World Health Organization, and therefore to the delivery of health services globally through more than

10 000 types of health technologies, including drugs and medical devices, that require accurate measurements for diagnostics and treatment of diseases. On behalf of the Director General of the WHO, I confer to you the following message.

The WHO is the directing and coordinating authority for health within the United Nations system. It is responsible for providing leadership on global health matters, shaping the health research agenda, setting norms and standards, articulating evidence-based policy options, providing technical support to countries and monitoring and assessing health trends. The standardization of measurement is of increasing importance to human health and safety. The WHO welcomes the work of the BIPM to help meet public health challenges of the 21st century.

The WHO and global health delivery systems benefit directly from the work carried out by the BIPM in several areas including ionizing radiation metrology, where traceability is fundamental to the services offered under the Secondary Standards Dosimetry Laboratories (SSDL) network run jointly between the International Atomic Energy Agency and the WHO. The Network is responsible for verifying that the services provided by national laboratories follow internationally accepted metrological standards.

The WHO welcomes the BIPM's work on dosimetry comparisons for mammography and high dose rate brachytherapy. These two medical technologies, along with cobalt pumps and linear accelerators, are core technologies for diagnosis and treatment of cancer which has increased even in the population of developing countries. Unfortunately, cancer is now a leading cause of death world-wide and accounted for more than 7.6 million deaths in 2008. More than 70 % occur in low and middle income countries.

The BIPM has proposed a move toward the use of a linear accelerator to calibrate national measurement standards using high-energy photon dosimetry. This move is strongly supported by the WHO, as it could lead to more precise delivery of radiotherapy for cancer treatment through more precise radiation measurements and instrumentation, and ultimately, save lives through effective treatment.

The BIPM is also impacting public health in the area of *in vitro* diagnostic (IVDs) devices. The WHO actively encourages industry to ensure metrological traceability of calibrator and control material values, consistent with Global Harmonization Task Force guidelines on regulations for medical devices. This effort is supported by the BIPM through the database of Reference Measurement Systems for Laboratory Medicine, which promotes the appropriate use of higher order reference materials and methods. This is critical to achieve consistency of industrial production and comparability of diagnostic test results across different products and laboratories. Greater consistency and comparability of IVDs can lead to more accurate diagnosis and more effective monitoring of diseases such as HIV/AIDS and cardiovascular disease.

The BIPM initiative to develop international facilities for the physical-chemical value assignment of large molecules, particularly insulin, is of great interest to the WHO. Creating an international standard for biosynthetic human insulin could improve the quality and consistency of insulin production. This is more relevant than ever, given a move towards the production of biosynthetic insulin by generic manufacturers and a lack of guidelines for insulin testing. The incidence of diabetes is rising globally and there is a need for low-cost and reliable supplies of insulin for effective treatment.

On 19 September 2011, a high level meeting of the General Assembly of the United Nations addressed the subject of Prevention and control of non-communicable diseases which include diabetes, cardiac diseases and cancer, where the BIPM's work is providing important international references for accurate measurements in diagnostics and treatment.

In closing, I would like to thank the BIPM for the invitation to address the conference today. It is our hope that the BIPM and the WHO will continue to collaborate as issues of metrology and public health increasingly intersect, through the effective use of health technologies in the global health services.”

The President of the CGPM meeting thanked Ms Velazquez for her presentation.

International Commission on Illumination

Dr Hengstberger, the immediate past President of the International Commission on Illumination (CIE), made a presentation about the relationship between the BIPM and the CIE.

The CIE has had a close relationship with the BIPM for almost a century. The cooperation is through the SI unit of the candela. The candela definition provides the central means of measuring light. However, the candela only allows the accurate measurement of light at one wavelength. For other wavelengths, an international standard is needed for the properties of the human eye and how it sees light at different wavelengths. This work is conducted by the CIE, an international standards organization, in close cooperation with the International Organization for Standardization (ISO) and the International Electrotechnical Commission (IEC).

Around 80 % of information about our environment is gained through our eyes, therefore lighting is very important. Approximately 20 % of all electrical energy generated is used for lighting, requiring significant investment in power stations and distribution networks. However, a considerable amount of the light generated is wasted.

The CIE is working on the development of an international lighting quality and energy efficiency network. This network includes lighting designers through the International Association of Lighting Designers (IALD) and Professional Lighting Designers Association (PLDA) as well as the Lighting Urban Community International (LUCI). The International Dark-Sky Association (IDA) and the International Astronomical Union (IAU) also cooperate in the network to represent the views of those concerned with light pollution. The Global Lighting Forum (GLF) cooperates in the network to represent the top 5000 lighting manufacturers, who have a combined turnover of \$50 billion per year.

The CIE held a conference in Vienna, Austria, in 2010 that focused on lighting quality and energy efficiency. It was felt that huge savings can be made in the energy spent on lighting through the use of new light sources and by better measurements. All light measurements, up to now, have been made using instruments which represent the light-adapted human eye in daylight. There is also a standard for the dark-adapted human eye applicable to starlight. Until now, there has been an important omission in the intermediate area of modelling light under street lighting conditions. The CIE developed a new model and standard for street lighting in 2010. The potential now exists, through the use of these standards, to reduce energy used on lighting. Vision models and measurements can have a huge economic impact. The CIE therefore values its relationship with the BIPM.

The CIE and the CIPM signed a cooperation agreement in April 2007 in the area of quantities, units and standards for invisible optical radiation such as light, infrared and ultraviolet radiation.

The President of the CGPM meeting thanked Dr Hengstberger for his presentation.

International Laboratory Accreditation Cooperation

Mr Unger, Chair of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) made a presentation about the relationship between the BIPM and the ILAC.

Mr Unger commented that there are grand challenges ahead, which are effectively marketing challenges. Disseminating metrological traceability of measurements is not well understood by the outside world. It is a challenge for the metrology community to market this issue.

Cooperation between the ILAC and the BIPM has been ongoing for ten years. The ILAC is very appreciative of the work and input of the BIPM. Cooperation between the organizations has resulted in joint statements and the resolution of the problem resulting from the use of two different concepts “Best Measurement Capability” (“BMC”) and “Calibration and Measurement Capabilities” (“CMC”). The standard ISO/IEC 17011 that the ILAC uses makes reference to “Best Measurement Capability” while the CIPM MRA makes reference to “Calibration and Measurement Capabilities”. The ILAC and the BIPM agreed in 2007 that the concepts “Best Measurement Capability” and “Calibration and Measurement Capabilities” were identical, and thus that the acronyms “BMC” and “CMC” were to be considered as synonymous terms, corresponding to the same concept. It should be noted that the ILAC had problems convincing some accreditation bodies that this is the case. There is ongoing work on understanding exactly what a Calibration and measurement Capability represents in terms of scope of accreditation. The cooperation and input of the BIPM in this area is greatly appreciated.

The ILAC is working with RMOs and NMIs on how to integrate the accreditation process with the peer evaluation process, where there is a need for both. The ILAC is trying to minimize the duplication of work. This involvement of NMIs in the accreditation process is essential in disseminating traceability at the working level. The ILAC has expressed an interest in working with other organizations with which the BIPM cooperates.

The close cooperation between the ILAC and the BIPM is appreciated by both parties and the Memorandum of Understanding (MoU) will be extended for a further three years in the next few months. A declaration on metrological traceability between the ILAC, OIML, BIPM and ISO will be signed in the near future. A policy on uncertainty in calibration results (ILAC document P14) has been established, but the ILAC document P10 on measurement traceability policy requires more discussion before it is passed. Input from the BIPM is critical for this document.

The President of the CGPM meeting thanked Mr Unger for his presentation.

10.2 Initiatives to strengthen collaboration between NMIs and national accreditation bodies

Dr Kaarls gave a short presentation on the initiatives to strengthen the collaboration between NMIs and national accreditation bodies. The presentation focused on how cooperation is an essential element of the traceability chain. The CIPM MRA played a central role in cooperation. He highlighted the cooperation between the BIPM and the ILAC, in particular the CIPM/ILAC MoU which was signed in 2001. The CIPM MRA and the ILAC Arrangement have resulted in harmonization of terminology and a common definition of CMCs. It has also led to harmonized policies and guidance especially on measurement uncertainties and accreditation of NMIs and DIs. Further harmonization of CMCs is being considered.

The President of the CGPM meeting thanked Dr Kaarls for his presentation.

11 Report of the CIPM on the possible redefinition of a number of base units of the SI and initiatives to improve the accuracy and traceability of measurements related to climate change

11.1 Forthcoming changes to the International System of Units, the SI

At the start of session two on Monday 17 October Prof. Mills, President of the Consultative Committee for Units (CCU), gave an introduction to Draft Resolution A on the possible future revision of the International System of Units, the SI. He commented that Draft Resolution A is a proposal for a possible future revision of the SI and that a vote to accept the Resolution would not mean that the CGPM is committed to making the proposed changes. Prof. Mills gave a summary of the New SI and details of the history of Draft Resolution A.

Discussions on the redefinitions of a number of units of the SI have preoccupied the metrology community for a number of years. The key issue is the definition of the kilogram, still the only artefact-based unit, which would be placed on a more stable basis through a redefinition based on a fixed numerical value for a fundamental constant of nature, namely the Planck constant. When there is satisfactory experimental agreement on the experimental results needed for such a redefinition, then the General Conference will be asked to take decisions on the redefinitions of the kilogram and also of a number of other base units of the SI, among them the kelvin. Indeed there are several recent experimental measurements which would enable the kelvin to be redefined using the Boltzmann constant.

A revision to the SI which would result from redefinitions of the units of mass (kilogram), temperature (kelvin), electric current (ampere) and amount of substance (mole) will bring a number of scientific advantages, such as the ability to disseminate measurements of voltage and resistance, which would be directly traceable to the SI.

However, and despite some impressive progress made during the last year in the NMIs, there is not yet an adequate degree of convergence between the results from watt balance experiments and those from the International Avogadro Coordination (IAC) project so as to give confidence in the selection of a numerical value for the Planck constant as the basis for a redefinition of the kilogram. Both approaches are, however, expected to continue to produce new results over the next few years. The CIPM will keep the situation under review and, at the appropriate time, and with the advice of the relevant Consultative Committees, make proposals on the redefinitions to the CGPM.

In any redefinition of a unit, metrologists endeavour to ensure that the transition is as smooth as possible and that any consequences for next-stage users are minimized. However, there are still significant risks that too early an adoption of a numerical value for the Planck constant, based only on the data available at the moment, may lead to significant effects which would impact on high level practical and legal metrology. To wait for more results from ongoing independent experiments will help build confidence in the numerical value of the Planck constant to be adopted and ensure adequate uncertainty of the result. Thus the uncertainty associated with the mass of the international prototype of the kilogram after the redefinition, as well as with independent national primary realizations of the mass unit, will not create problems for practical mass metrology. Under these circumstances, the CIPM considers that a redefinition in 2011 is

premature and is eager to evaluate new results as they appear, so that suitable agreement is achieved in time for the meeting of the CGPM in 2015⁶.

Any change to the SI must be justified and effectively communicated to a wide range of stakeholders. This obviously includes the metrology community but there is still a need to engage with learned societies, user groups in specialized areas of measurement, accreditors, the legal metrology community, educators and the general public. Learning from past lessons, when changes to unit definitions have been made, the task needs sustained effort by the BIPM and NMIs to ensure that users are well prepared and reassured when the redefinition is made.

The resolution of two major issues is also essential.

The first is the work which is under way to draw up ‘recipes’ which can be used internationally to realize the definitions in a practical way. An example of these so called ‘*mises en pratique*’ is the way the metrology community dealt with the realization of the definition of the unit of length using a fixed numerical value of the speed of light in 1983. The Consultative Committees of the CIPM are working on this challenging issue for the four base units to be redefined, and agreement needs to be reached before redefinitions are made.

The second issue is the question of how mass will be disseminated world-wide after the redefinition of the kilogram. Most metrologists expect that a number of NMIs will continue to maintain watt balances, and possibly silicon-based realizations, but this depends, in turn, on the agreed *mise en pratique*. However, watt balances, whilst they are expected to be one of the most accurate techniques for realizing the definition of the unit of mass, need to be compared regularly so as to underpin and ensure the robustness of the world-wide system of mass dissemination. The proposals from the international scientific community are that:

- The BIPM should maintain a long-term commitment to a watt balance operating at the highest level.
- The BIPM should support the determination of the best realization of the new definition based on all available data and, thereby, to maximize the compatibility amongst local realizations made by various NMIs as well as by the BIPM.
- The BIPM will be asked to pilot key comparisons of the realization of the definition of the mass unit through watt balances operating at the highest level of accuracy. For this purpose, the BIPM will coordinate the circulation of a number of highly stable and well-characterized artefacts which are known to be stable in the short term (several years). These will validate national realizations using a watt balance and maintain confidence in the SI.
- The BIPM should maintain the long- and short-term stability of the world-wide mass unit dissemination by means of a pool of international mass standards which offers a weighted mean mass which is more stable than the mass of the current unique single international prototype of the kilogram.
- The BIPM should continue to provide calibrations of national mass standards using traditional mass standards which are more than adequate for national needs and for which related weighing technology is well established.
- Other NMIs need, in so far as they are able, to commit to improving and operating watt balances for the foreseeable future.

⁶ Following the adoption of Resolution 3 ‘Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2015’, the next meeting of the CGPM will be held in 2014.

There are few, if any, practical consequences of a delay for next-stage users and so, the CIPM believes, there is every reason to wait and be confident of success. The CIPM is, however, of the opinion that it is now the time to announce to a wider public audience the proposal for the redefinition of the SI: this is expressed in Draft Resolution A.

Dr Inglis made a few comments in support of adopting Draft Resolution A. He stated that Draft Resolution A has been widely discussed and the CIPM is aware that there are different views on the proposed definitions, for example with ongoing discussions in the analytical chemistry area. However, there is overall support from the scientific community. Dr Inglis stressed that the CGPM was not being asked to vote on a change to the SI, but to vote to take note of the intention to revise the definitions.

Prof. Mills read the text of Draft Resolution A, ‘On the possible future revision of the International System of Units, the SI’. He noted a typographical error in the following bulleted point:

- that the molar mass of carbon 12 $M(^{12}\text{C})$ will be exactly $0.012 \text{ kg mol}^{-1}$ but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of N_{A} just before redefinition and that subsequently its value will be determined experimentally.

The correct version of the text is:

- that the molar mass of carbon 12 $M(^{12}\text{C})$ will be exactly $0.012 \text{ kg mol}^{-1}$ but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of $N_{\text{A}}h$ just before redefinition and that subsequently its value will be determined experimentally.

Prof. Mills commented that the changes to the SI are going to happen and will be a stimulus to science.

The President of the CGPM meeting then opened this agenda item for discussion. He commented that the vote is on the intention to change the SI, and not on the constants to be chosen. He added that the formulation of the definitions should contain more physics and more explanations.

Dr Miki (Japan) suggested the insertion of a sentence to the ‘invites’ section of Draft Resolution A, after the second bullet point:

- [The CGPM invites] the CIPM to continue the work to search for improved formulation (or words) for the definition of the SI units in terms of fundamental constants with a more easily understandable description (or words) for the users in general.

Dr Miki stated that this would help make the definitions more understandable. Prof. Bordé commented that there are plans to improve the way in which the New SI is communicated to the wider public and that the addition of this sentence will be examined by a small team during the meeting of the CGPM.

The delegations of Argentina, Brazil and the Russian Federation expressed their support for the Japanese proposal.

Dr Hun Young So (Republic of Korea) asked about the arrangement with CODATA with regards to the proposed changes to the SI and the relation with each Consultative Committee (CC) for fixing the constants. Prof. Mills replied that CODATA carried out its previous adjustment in 2010 and the next is scheduled for 2014, with publication in 2015. It produces its revisions on a four-year cycle. However, if the CIPM decides to go ahead with the changes to

the SI in 2013, CODATA will consider holding a special meeting to carry out its next adjustment sooner.

Prof. Thor (Sweden) enquired if the definitions of the SI base units should be formulated as the explicit-constant type or the explicit-unit type. He expressed a preference for explicit-unit definitions and commented that there is no world-wide consensus on the methods to define the units. A decision on this issue is therefore not required now. Prof. Thor suggested that the CIPM should further study different options to redefine base units of the SI and report to the CGPM at its next meeting on how units should be defined. Prof. Mills commented that the formulation of the units has been discussed over the last eight years in many committees and, although there is not unanimous support, the majority has expressed a preference for the changes as proposed in Draft Resolution A.

Prof. Bordé gave his support to Draft Resolution A. He, however, suggested that it would be useful to have explicit definitions to help explain the New SI to the general public. He also commented that although this has been discussed for many years, not everyone is convinced by the proposed redefinitions and there is room for further discussion. Physicists for example have not yet given their point of view. Prof. Mills answered that discussion on alternative ways of wording the definitions will continue and will dominate the next meeting of the CCU in 2013. The vast majority of interested parties are in favour of the proposals in Draft Resolution A.

Dr Steele (Canada) referred to the second bullet point under ‘invites’ in Draft Resolution A:

- [The CGPM invites] the CIPM to make a proposal for the revision of the SI as soon as the recommendations of Resolution 12 of the 23rd meeting of the General Conference are fulfilled, in particular the preparation of *mises en pratique* for the new definitions of the kilogram, ampere, kelvin and mole

He commented that there is no requirement to develop a *mise en pratique* for the redefinition of the mole in the chemistry community and the CCQM. Dr Steele asked if Draft Resolution A could be amended to drop this requirement. Prof. Mills replied that the Interdivisional Committee on Terminology, Nomenclature and Symbols (ICTNS) of the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) gave unanimous support to the redefinition of the mole at the last IUPAC General Council meeting in Glasgow, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, in 2009. Dr Steele acknowledged this support but stated that there is a need for a separate *mise en pratique* for the implementation of the redefined mole that is not on the same footing as the redefinitions of the kelvin, ampere and kilogram. Dr Kaarls, as President of the CCQM, commented that the CCQM is in support of the redefinition of the mole. The drafting of the text of the *mise en pratique* of the new definition of the mole is an ongoing activity. Dr Kaarls acknowledged that there are some objections from within IUPAC.

Dr Steele enquired what will be the strategy of the BIPM for making sure that the stakeholder community is able to adopt and implement the New SI and how will the BIPM engage with the parties most affected by the proposed changes to the SI i.e. educators, academia, instrument manufacturers, etc. Prof. Kühne replied that there is a need to pass Draft Resolution A to create awareness among the general public about the proposed changes to the SI and to be informed of any concerns, problems or opinions relating to Draft Resolution A in due time.

Dr Zvizdic (Croatia) commented that Croatia was in favour of the changes to the SI but expressed concerns over the fact that the redefinitions were based on a set of empirical numbers to be fixed. He suggested avoiding fixing numerical values which may prove to be wrong in the future. Prof. Mills replied to this question on how to fix the value of fundamental constants by quoting the example of the kilogram. The present definition of the kilogram fixes the mass of the

international prototype of the kilogram (IPK) to be one kilogram exactly with zero uncertainty, $u_r(m_{\text{IPK}}) = 0$. The Planck constant is at present experimentally determined, and has a relative standard uncertainty of 4.4 parts in 10^8 , $u_r(h) = 4.4 \times 10^{-8}$. In the new definition the value of h would be known exactly in the new units, with zero uncertainty, $u_r(h) = 0$. But the mass of the international prototype of the kilogram would have to be experimentally determined, and it would have a relative uncertainty of about $u_r(m_{\text{IPK}}) = 4.4 \times 10^{-8}$. Thus the uncertainty is not lost in the new definition, but it moves to become the uncertainty of the previous reference that is no longer used. Dr Zvizdic commented that he did not question this explanation but he emphasized the need to make the redefinitions simple and understandable. Prof. Mills agreed and stated that the CCU would welcome suggestions for new ways of expressing the definitions.

Dr Besley (Australia) asked if the CCU intended to include in the New SI a reference to the definition of the quantities to which the units apply. Prof. Mills answered that defining quantities is a very difficult exercise. Chemists for example may not be familiar with the quantity associated with the mole, i.e. amount of substance. He commented that the name ‘amount of substance’ for chemical measurements creates discomfort in the chemical community but the efforts over ten years to find a better name have not been fruitful. Prof. Mills stated that ‘amount of substance’ is not perfect, but added that ‘chemical amount’ or ‘amount concentration’ are possible alternatives but neither has caught on.

Dr Richard (Switzerland) expressed the strong support of the Swiss delegation for the Japanese proposal and stated that stakeholders in Switzerland, in particular the *Académies des Sciences*, were consulted and that they expressed their full support for the proposed revision contained in Draft Resolution A. He encouraged NMIs, the BIPM and the OIML to continue their advocacy efforts to raise awareness among user communities about the proposed changes and to continue dialogue with the few holding opposing views. He therefore requested adding the International Organization of Legal Metrology (OIML) to the last bulleted point of Draft Resolution A listing the parties involved. Prof. Mills commented he had no objections to the suggestion.

Dr Steele (Canada) asked for clarification on the triggers to implement the New SI since there is agreement on principles but not on practicalities. Prof. Kühne replied that the CCU is the body that will make the recommendation since it is composed of all the relevant international organizations involved in the work. Prof. Mills confirmed the ability of the CCU to discuss the issue and reach a conclusion.

11.2 Metrology, climate change and the carbon economy

Dr Kaarls gave a presentation on metrology, climate change and the carbon economy. The CIPM and the WMO signed a MoU in 2002 to work towards ensuring that climate change measurements are based on units that are traceable to the SI. The BIPM and WMO have worked together on the Global Atmosphere Watch (GAW) programme, a global network that monitors climate change. The measurements involved often detect very small trends and all data needs to be comparable. The measurements are from platforms on land, sea and in space and the data are integrated into modelling systems. The GAW programme is well organized and relies on the support of NMIs and the BIPM. There is a long-standing relationship between the BIPM, the CCQM and the GAW programme. Atmospheric ozone is one of the most observed compounds in climate change monitoring and it is measured by many different methods. Other aspects of climate change monitoring that are being examined include volatile organic compounds (VOCs) and ocean salinity measurements. Dr Kaarls stressed that there is still much work to be done. The joint WMO-BIPM Workshop on ‘Measurement Challenges for Global Observation Systems

for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty’, held in Geneva, Switzerland, in 2010 was very successful. The full report of the workshop is available on the BIPM website. Dr Kaarls completed his presentation by reading Draft Resolution B ‘On the importance of international collaboration so as to place measurements to monitor climate change on an SI traceable basis’.

Dr Zhang (WMO) thanked Dr Kaarls for his presentation and praised the collaboration between the BIPM and the WMO. He commented that climate change monitoring is expected to become increasingly reliant on space-based measurements.

Dr Bock (Switzerland) commented that even if Switzerland supports in principle Draft Resolution B it has concerns over the final bulleted point in the resolution:

- that the BIPM takes steps to contribute to the coordination of this activity with the full support of the States Parties to the Metre Convention

Dr Bock stated that the expression ‘with the full support of the States Parties to the Metre Convention’ means that these States provide the BIPM with the necessary funding, which indirectly anticipates the decision on Draft Resolution C on the dotation. Any potential support for Draft Resolution B should not imply an approval of a dotation increase and supplementary activities of the BIPM should only be financed by efficiency improvements, cost reduction and cessation of activities. If Draft Resolution B is invoked as a justification for a resource increase, Switzerland would not support Draft Resolution B.

12 On the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM

The President of the CGPM meeting opened this agenda item by inviting the President of the CIPM, Dr Inglis, to summarize the contents of the three Draft Resolutions, K, L and M, as submitted by Switzerland, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland and France respectively, and the CIPM’s Draft Resolution N. Dr Inglis explained that Draft Resolutions K, L and M put forward by the three States mentioned above, were discussed during the meeting of NMI Directors and the meeting of representatives of States Parties to the Metre Convention, both held at the BIPM headquarters in May 2011. Following these discussions, the CIPM proposed a fourth Draft Resolution (Draft Resolution N) embracing the key issues of Draft Resolutions K, L and M. Dr Inglis proposed Draft Resolution N as the basis for the discussion and, if agreement was found on the wording of Draft Resolution N, the other Draft Resolutions, K, L and M could be withdrawn by their respective authors. Dr Inglis read the full text of Draft Resolution N.

Dr Inglis added that the CIPM had received informal feedback on Draft Resolution N and it seemed that the way in which the Review of the role, mission, objectives, long-term financial stability and strategic direction of the BIPM would be conducted is not sufficiently defined. The CIPM therefore proposed a revised Draft Resolution N with the first bullet point of the ‘invites’ section amended as follows:

- [The CGPM invites] the CIPM to establish an *ad hoc* Working Group under the Chair of the President of CIPM with a membership representing the interests of CIPM, States Parties

(large, medium and small), NMIs and Regional Metrology Organizations, to conduct a Review of the role, mission, objectives, long-term financial stability and strategic direction of the BIPM, including its relationship with Regional Metrology Organizations and NMIs, with a view to developing a long-term Programme of Work and Strategy.

The composition of the *ad hoc* Working Group proposed by the CIPM would include representatives from the three States that initiated Draft Resolutions K, L and M, and representatives from Member States with maximum, intermediary and minimum contribution and of NMI Directors, e.g. Brazil, China, Russian Federation, Germany, Switzerland, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, and United States of America (representatives of Member States) and France, Japan, New Zealand and South Africa (NMI Directors).

The President of the CGPM meeting opened the Agenda item for discussion and invited the representatives of the Swiss, British and French delegations to give their positions concerning the revised Draft Resolution N submitted by the CIPM.

Dr May (United States of America) stated that the United States of America suggested a restructuring of Draft Resolution N to provide more timelines and a sequence for implementation under the ‘invites’ section:

- [The CGPM invites] the International Committee to establish an *ad hoc* Working Group under the Chairmanship of the President of the CIPM, with representation from the CIPM, States Parties to the Metre Convention (large, medium and small), NMIs and Regional Metrology Organizations charged with conducting a Review of the role, mission, objectives, long-term financial stability, strategic direction and governance of the BIPM.
- The *ad hoc* Working Group to present the findings of this Review to the CIPM in October 2012.
- The CIPM to formulate and report proposed actions to the representatives of States Parties to the Metre Convention and to the NMI Directors in 2013-2014.
- The CIPM to report on recommendations from the Review of the *ad hoc* Working Group and actions taken by the CIPM to the CGPM at its 25th⁷ meeting in 2015⁷.

Dr Inglis commented that the proposed changes in Draft Resolution N gave a clear indication of actions to be taken by the CIPM in advance of the 25th meeting of the CGPM.

Dr Issaev (Russian Federation) observed that the Russian Federation supported the remarks made by the United States of America.

Mrs Lagauterie (France) stated that France had not received a written copy of the revised Draft Resolution N. Dr Inglis commented that the original document was sent to the Embassies of Member States in June 2011 but the latest revised version of Draft Resolution N, as it is now proposed by the CIPM, was only completed at the meeting of the CIPM held the week before the meeting of the CGPM. Mrs Lagauterie asked for clarification on the added value of the amendments to the revised Draft Resolution. She underlined that the main issue of Draft Resolution N is the role of the Member States concerning governance of the BIPM and considered that Draft Resolution N does not achieve its purpose. She added that France wishes to be represented as a Member State in the *ad hoc* Working Group since Draft Resolution M was submitted by the French government. Dr Inglis replied that the proposed composition of the

⁷ Following the adoption of Resolution 3 ‘Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2015’, the next meeting of the CGPM will be held in 2014.

ad hoc Working Group was only a proposal and of course not a definitive list. Other Member States may decide to be represented within the Working Group. Dr Inglis concluded that the composition of the *ad hoc* Working Group should include representations to reflect the different interest groups.

Mr Gunn (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) stated that the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland was prepared to withdraw Draft Resolution L and would concentrate on the revision of Draft Resolution N. He however expressed concern on the speed at which changes could take place. He added that some of the changes suggested by the *ad hoc* Working Group could be implemented before the next meeting of the CGPM and possibly during 2013. Mr Gunn commented that he is satisfied with the suggestions for the composition of the *ad hoc* Working Group and recalled that the CIPM members are not States representatives in that capacity.

Dr Inglis commented that the views of the CIPM should be tabled given its responsibilities. Outcomes from the *ad hoc* Working Group may need to be referred back to the Member States and, where appropriate, the NMI Directors. It is possible that some of the outcomes may require changes in the Regulations annexed to the Metre Convention and this will require a formal amendment of the provisions. The initial meetings of the *ad hoc* Working Group are provisionally scheduled for March 2012 and early June 2012. All Member States are invited to submit input to the *ad hoc* Working Group.

Dr Bock (Switzerland) stated that Switzerland takes note of Draft Resolution N and could approve it in principle. He also stated that Switzerland is ready to withdraw Draft Resolution K and supports the proposed revision to Draft Resolution N suggested by the United States of America. Dr Bock raised concerns that the decision on the selection of the next Director of the BIPM is wholly in the hands of the CIPM and that the CIPM should involve Member States and NMI Directors. Dr Inglis replied that following discussions in May 2011, the CIPM had approached an NMI Director from outside the CIPM to be part of the selection committee for the position of Director of the BIPM.

Dr Santo (Uruguay) enquired if the percentages of repartition of the dotation was considered when the composition of the *ad hoc* Working Group was being drawn up, because there did not appear to be representation from Member States whose contribution is at the minimum. Dr Santo suggested that Regional Metrology Organizations (RMOs) could propose participants to add to the *ad hoc* Working Group. Dr Inglis replied that he believed it would be difficult to hold an efficient meeting of the *ad hoc* Working Group with too large a number of participants.

The President of the CGPM meeting stated that there is a general consensus to keep Draft Resolution N with the addition of the revisions proposed by the United States of America.

Dr Nava-Jaimes (Mexico) stated that Mexico would not agree on any of the Draft Resolutions K, L, M or N but would agree on the proposal made by the United States of America.

Dr Bowsher (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) agreed that the number of participants in the *ad hoc* Working Group should be constrained. He commented that significant advances have been made in Draft Resolution N towards the Review of the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM and encouraged the *ad hoc* Working Group to meet and report its findings as early as possible.

Dr Inglis commented that if Draft Resolution N is accepted, the next step will be for the CGPM to agree on the composition of the *ad hoc* Working Group. The name of potential individual

members of the *ad hoc* Working Group nominated by the representative States should be made known to Dr Inglis.

Ms van Spronssen (the Netherlands) reminded Delegates that the States Parties to the Metre Convention which initiated the Review of the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM via Draft Resolutions K, L and M called for transparency in the governance of the BIPM. Ms van Spronssen commented that the proposal by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland in Draft Resolution L ‘to initiate a consultation with representatives of States Parties to the Metre Convention, of NMIs and, where appropriate in the course of the review, of other organizations with an interest in the Metre Convention’ was a positive move towards transparency and she would like to see this proposal included in Draft Resolution N.

Dr May (United States of America) commented that the third bullet point suggested in the revision of Draft Resolution N by the United States of America supports this approach. The bullet point reads ‘[The CGPM invites] the CIPM to formulate and report proposed actions to the representatives of States Parties to the Metre Convention and to the NMI Directors in 2013-2014’.

Mr Gunn (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) commented that the timetable for the *ad hoc* Working Group is still an issue. Its findings will be presented to the CIPM in October 2012. He enquired if the outcomes from the *ad hoc* Working Group will be made available and implemented in 2013-2014. Dr May (United States of America) replied that the third dot point of the Draft Resolution N addresses this point, noting that proposals from the *ad hoc* Working Group will be presented to the CIPM in October 2012 and that the timing for the meetings of the *ad hoc* Working Group prior to this date will be difficult to change because of the time constraints on the persons involved. The workload of the *ad hoc* Working Group will be very heavy, especially considering it has to carry out its tasks within one year.

Dr Wayner (Canada) commented that there is no reference to the Director of the BIPM in the proposed revisions to Draft Resolution N by the United States of America with regard to participation in the *ad hoc* Working Group. Dr May (United States of America) stated that it is proposed that the Director of the BIPM be part of the *ad hoc* Working Group and that it also include two members of the CIPM. Dr Wayner queried whether the BIPM is considered a laboratory or a legal entity in the proposal by the United States of America. Dr Inglis clarified that the BIPM is indeed an intergovernmental organization. He also stated that care needs to be taken to ensure that the Review of the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM does not become an exercise in micro-management of the BIPM.

13 Programme of work at the BIPM and financial implications

13.1 Programme of work at the BIPM for the years 2013-2016

Prof. Kühne gave a presentation on the BIPM programme of work and the corresponding budget for the years 2013-2016. A core activity at the BIPM is the operation of reference facilities to disseminate the SI to Member States through comparisons and calibrations. Consequently, the main scientific and technical activities of the BIPM are related to the execution of comparisons and calibrations and the corresponding development work for the improvement of these reference facilities. Over the last decade, the increasing demand for metrology for society, industry and science has forced the prioritization of work at the BIPM to correspond to the level of funding of the BIPM. The scientific departments of the BIPM, as they exist today and their activities are the result of this ongoing prioritization process which has resulted in the closure of some technical activities. The next programme of work also includes the closure of all BIPM activities in gravimetry. For full details of the programme of work and budget for 2013-2016 see appendix B.

Mass

The Metre Convention charged the BIPM with the conservation of the international prototype of the kilogram and the dissemination of its mass to Member States.

The main activities of the Mass Department in the next programme of work are:

- maintain the mass artefact dissemination facility
- establish and maintain an ensemble of standard masses and investigate their stability ready for the redefinition of the kilogram
- establish and maintain a watt balance
- pilot comparisons of future primary realizations of the kilogram to monitor the mass of the artefacts which will be used to disseminate the unit of mass.

Construction of the storage network for the ensemble of standard masses is under way and the plans for the watt balance in 2011-2012 include: moving the apparatus to a dedicated laboratory, installing the final magnet, the mass exchanger and the coil position control unit, and the vacuum system. A new alignment system will also be installed to reduce the type B uncertainty. The target standard uncertainty for the end of 2012 is lower than 1×10^{-6} .

The Mass Department has an existing staff of seven full-time staff members and a staff member on a half-time basis. Extra staff required during 2013-2016 will be:

- one scientist (assistant) for maintaining the pool of reference standards
- one technician on a half-time basis for increased calibration work
- one research fellow for two years to work on the realization of a cryogenic watt balance.

Laboratory expenditure in the Mass Department during 2013-2016 is estimated at 1 220 000 Euros. Planned investments above 30 000 Euros are:

- Cryogenic watt balance (400 000 Euros)
- Gas analysis equipment for pool of reference standards (108 000 Euros).

Time

The realization and dissemination of the international time scales was mandated to the BIPM by the CGPM at its 18th meeting (1987).

The main activities of the Time Department in the next programme of work are:

- calculation of International Atomic Time (TAI) and Coordinated Universal Time (UTC)
- publication of UTC and the dissemination of $[UTC - UTC(k)]$ to NMIs and other participants through the monthly ‘*Circular T*’
- improvement of time transfer for UTC and of frequency comparisons for optical frequency standards
- improvement of algorithms and associated software for the inclusion in TAI computation of data from new microwave and optical frequency standards
- to underpin the accuracy of time links through characterization of delays in Global Navigation Satellite System (GNSS) equipment in laboratories.

The Time Department is working on Multi-GNSS time transfer for clock comparison in the calculation of TAI/UTC. Time transfer for TAI/UTC is currently based on three independent techniques: Global Positioning System (GPS) and Global Navigation Satellite System (GLONASS) satellite observations, and Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer (TWSTFT). The European Galileo system is expected to become fully operational during 2013-2016 and the Chinese COMPASS/BEIDOU system sometime later.

Multi-GNSS time transfer will bring to TAI/UTC:

- better reliability due to system redundancy
- improved robustness for the network of international time links
- improvement of time transfer by a better characterization of the time transfer noise due to the densification of the observations.

The Time Department has an existing staff of nine full time staff members. This will reduce to eight after retirement of a scientist in 2014. Additional temporary resources required during the next programme of work are:

- one guest worker for two years investigating delays in GNSS equipment
- one guest worker for two years for cooperation with the Atomic Clock Ensemble in Space (ACES) project

Both activities would be carried out in cooperation with the *Centre National d'Études Spatiales* (CNES) and the Paris Observatory.

Laboratory expenditure in the Time Department during 2013-2016 is estimated at 330 000 Euros. Planned investments above 30 000 Euros:

- three GNSS receivers (GLONASS, GALILEO) (30 000 to 35 000 Euros each)

Electricity

In electrical measurements, the BIPM maintains a core programme that is based on the highest level realizations of representations of the volt and ohm using the Josephson and quantum Hall effects, respectively.

The main activities of the Electricity Department in the next programme of work are:

- continuation of the existing programme of comparisons
- resume the on-site comparisons of QHR systems using the BIPM transportable QHR system
- continuation of the existing calibration services
- support for the watt balance (quantum standards)
- development of an ac voltage standard at the fundamental level, for comparisons with NMIs
- extending the dc quantum Hall work into ac to establish an ac QHR system as a primary standard for impedance and to measure more accurately the von Klitzing constant R_K with the calculable capacitor.

The BIPM calculable capacitor has been developed in cooperation with the NMI of Australia, the NMIA. The work is in its final stages and results are expected by the end of 2012. This will contribute to the verification of the physics of the quantum Hall effect by allowing direct electrical measurement of R_K with a target uncertainty of 1 part in 10^8 .

The NMI of the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, the NPL, and the BIPM have collaborated on a direct comparison of GaAs and graphene using the BIPM transportable QHR system. The direct measurements were made at the NPL to detect any difference between R_K in graphene and R_K in GaAs. The result $(R_K[\text{GaAs}] - R_K[\text{graphene}]) / R_K = (-5 \pm 9) \times 10^{-11}$ has the lowest uncertainty for universality tests of the QHR to date, and demonstrates beyond doubt the suitability of graphene for QHR in metrology. Direct comparisons with the BIPM transportable QHR standard have been requested by several NMIs starting in 2012.

The Electricity Department has an existing staff of six full time staff members and no requirement for new staff is anticipated in the next programme of work.

Laboratory expenditure in the Electricity Department during 2013-2016 is estimated at 520 000 Euros. Planned investments above 30 000 Euros are:

- Current bias source (35 000 Euros)
- Microwave synthesizer (35 000 Euros)
- dc Josephson standard for watt balance (50 000 Euros)

Ionizing Radiation

The principal role of the Ionization Radiation Department is to assure the equivalence of dosimetry and radionuclide measurement standards world-wide.

The main activities in dosimetry in the next programme of work are:

- provision of a BIPM reference facility for absorbed dose to water at high photon energies (pending the CGPM's approval)
- maintaining the BIPM's range of x-ray standards for comparisons and calibrations, including mammography and the newly developed absorbed dose standard for medium energy x-rays
- cobalt-60 and caesium-137 comparisons and calibrations
- provision of brachytherapy comparisons.

Prof. Kühne explained the benefits of operating a clinical linear accelerator (LINAC) at the BIPM headquarters. One of the challenges for the BIPM in the next programme of work is to ensure direct traceability to the SI Gy for absorbed dose to water in radiotherapy high-energy (at the level of several megavolts) clinical accelerator beams for all Member States. At present, for traceability of high-energy photon dosimetry the BIPM uses a cobalt-60 source to compare primary dosimetry standards and calibrate secondary standards. Cancer therapy mainly uses LINACs. To disseminate LINAC dosimetry from cobalt-60 calibrations requires a conversion factor which adds a significant uncertainty. Direct comparisons from a LINAC would achieve much better overall accuracy.

To keep up with the need to provide the dosimetry scale for comparisons of national standards for LINAC dosimetry (6 MV to 20 MV) the BIPM has developed a graphite calorimeter primary standard for absorbed dose. For calibrations in terms of absorbed dose in water for these high photon energies, the BIPM needs access to a well characterized LINAC to significantly reduce the uncertainty.

The BIPM has received support for the project to install a LINAC at its headquarters from a number of sources, including the WHO, IAEA, International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), and the International Organization for Medical Physics (IOMP).

The main activities in Radionuclide Measurements during 2013-2016 will be:

- provision of the International Reference System for radionuclides (SIR) comparisons including beta emitters and extending to alpha emitters
- operation of the gamma spectrometry facilities particularly for impurity measurements for the SIR
- provision of short half-life comparisons of ^{99m}Tc and ^{18}F using the SIR transfer instrument (SIRTI).

The Ionizing Radiation Department has an existing staff of nine full time staff members. New staff required during 2013-2016 would amount to a technician on a half-time basis for maintenance and operation of the LINAC.

Laboratory expenditure in the Ionizing Radiation Department during 2013-2016 is estimated at 1 968 000 Euros. Planned investments above 30 000 Euros are:

- Purchase of a LINAC (1 200 000 Euros)

Chemistry

The metrology in chemistry programme for 2013-2016 was developed with three major aims:

- international equivalence of gas standards for air quality and climate change monitoring (greenhouse gas comparisons: methane and ozone and air quality comparisons: NO, NO₂, HCHO)
- international equivalence of organic primary calibrators for clinical, food, environment, forensics and pharma analyses (direct support for 12 % of CMCs in chemistry)
- support for CCQM, JCTLM and international liaison activities for metrology in chemistry and the biosciences.

Prof. Kühne gave details on how the BIPM is responding to the challenge of greenhouse gas monitoring and the Chemistry Department's work on comparisons for primary calibrators for laboratory medicine, pharma, food analysis and forensics. He described work on metrology for

health, specifically on improved diagnostics and therapeutics and the BIPM programme drivers for its work on large molecules. The BIPM is proposing the expansion of its current organic purity programme into the domain of larger molecules. The BIPM programme of work includes plans for the development of reference methods for characterizing insulin purity in terms of SI units and not International Units (IU) which has been led by calls from the insulin industry.

The Chemistry Department has an existing staff of ten full time staff members. New staff required would amount to:

- one technician on a half-time basis for the gas programme
- one scientist and one technician for the organic programme.

Laboratory expenditure in the Chemistry Department during 2013-2016 is estimated at 1 528 000 Euros. Planned investments above 30 000 Euros are:

Gas programme:

- Cavity Ring Down Spectroscopy (CRDS) system for NO₂ (60 000 Euros)
- CRDS for CO₂ with isotope ratio capability (40 000 Euros)
- CRDS for low water levels (40 000 Euros)
- NH₃ photoacoustic/spectroscopic analyser (60 000 Euros)

Organic programme:

- Semi-prep LC system (70 000 Euros)
- LC-UV system (replacement of current system) (60 000 Euros)

International Coordination and Liaison and the KCDB

Prof. Kühne gave a brief summary of the ongoing work in the area of international coordination and liaison. The main tasks are:

- Working with intergovernmental organizations e.g., the OIML, IAEA, and WMO and international bodies, e.g. the ISO and ILAC. This work is very important and requires recognition of the technical competence of the BIPM staff. This is a major reason why the BIPM should maintain its high quality laboratory programme.
- Raising public awareness of the BIPM and the CIPM MRA through, for example, World Metrology Day activities. The joint campaign with the OIML for World Metrology Day 2011 was very successful and reflects the closer working relationship between the two organizations that has developed over the last 12 months.
- Encouraging the increase in the number of Member States and of Associates of the CGPM through a targeted approach. (2007: 51 Member States, 25 Associates; 2011: 55 Member States, 34 Associates).
- Acting as a central resource for the planning and operation of workshops to address new areas such as physiological quantities, nanotechnology, and climate change (with the WMO).

Prof. Kühne briefly mentioned the BIPM key comparison database (KCDB) which contains more than 24 000 CMCs.

The programme of work 2013-2016

Table 1: Staff requirements during 2013-2016 can be summarized as follows:

	Scientific staff	Technical staff	Fixed-term appointments	TOTAL
Mass and watt balance	1	0.5	0.5 ⁸	2
Time				
Electricity				
Ionizing Radiation		0.5		0.5
Chemistry	1	1.5 ⁹		2.5
TOTAL	2	2.5	0.5	5

Five additional full time equivalent staff are needed for the programme of work for 2013-2016.

Table 2: Income for each of the years 2013-2016 (in thousands of Euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Dotation	12 462	12 711	12 965	13 224	51 362
Subscriptions ¹⁰	287	292	298	304	1 181
Other income	479	586	494	501	2 060
Total	13 228	13 589	13 757	14 029	54 603

The dotation required for the programme of work for 2013-2016, as detailed in Draft Resolution C is 51 362 000 Euros. The other income listed in the table is mainly from financial interest on funds and royalties for *Metrologia*.

The breakdown of the expenditure as detailed in the Programme of work and budget is shown in tables 3, 4 and 5.

⁸ One research fellow for two years.

⁹ One technician on a half time basis for the gas programme and one technician for the large molecule organic activity.

¹⁰ Only the 30 States and Economies which were Associates of the CGPM as at September 2010 are included.

Table 3: Expenditure for continuation of present activities (in thousands of Euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Operational budget	12 052	11 921	11 992	12 360	48 325
Capital investment	1 073	747	831	741	3 392
Total	13 125	12 668	12 823	13 101	51 717

Table 4: Expenditure for expansion of activities (in thousands of Euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Operational budget	381	368	347	361	1 457
Capital investment	2 592	1 260	0	0	3 852
Total	2 973	1 628	347	361	5 309

Table 5: Expenditure (in thousands of Euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Staff expenditure	7 336	7 110	7 176	7 490	29 112
Contribution. to the Pension Fund	2 552	2 494	2 529	2 632	10 207
General services	1 457	1 601	1 521	1 462	6 041
Laboratory Expenditure	1 666	2 447	1 287	1 208	6 608
Buildings	3 002	557	569	580	4 708
Misc. and contingent	85	87	88	90	350
Total	16 098	14 296	13 170	13 462	57 026

The total expenditure over the course of the programme of work 2013-2016 is estimated at 57 026 000 Euros. This is more than the income of 54 603 000 Euros shown in Table 2. The difference of 2 423 000 Euros would be funded from the Capital Investment Fund.

Some Member States have indicated that they may not be able to support the dotation shown in Table 2 under the present international financial situation. In response, the BIPM has developed a series of scenarios that show what activities will be possible with four different funding levels which were presented at an informal meeting of government representatives held in May 2011. Prof. Kühne presented the four different scenarios:

- **Scenario I** The proposed Programme of Work with a dotation of 51.4 million Euros.
- **Scenario II** The proposed programme of work with the option of financing the LINAC through voluntary contributions requiring a dotation of 49.3 million Euros.

- **Scenario III** Continuation of present activities with compensation for inflation and no expansion in the fields of dosimetry and organic chemistry requiring a dotation of 47.6 million Euros.
- **Scenario IV** No increase in contributions from Member States and no compensation for inflation. The dotation would amount to 45.9 million Euros and would require a reduction and/or discontinuation of activities to reduce expenditure by about 1.4 million Euros.

Prof. Kühne concluded his presentation by commenting that there will be a discussion on the BIPM programme of work for the years 2013-2016 in more detail during the third session on Tuesday 18 October (See §15).

The President of the CGPM meeting thanked Prof. Kühne for his presentation and asked for comments and questions.

Prof. Mills (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) spoke in favour of funding a LINAC at the BIPM headquarters as LINACs are one of the most successful means of treating cancer. He commented that there are 10 000 LINACs world-wide and one at the BIPM headquarters would provide reliable calibration.

13.2 Annual dotation of the International Bureau of Weights and Measures

Dr Inglis gave a short presentation on Draft Resolution C ‘Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2016’. He commented that the BIPM programme of work and dotation for the years 2013-2016 had been discussed and presented at meetings held at the BIPM headquarters in 2011. He suggested that the four funding scenarios should be examined to determine the level of support for each. There will be a discussion on this point on Tuesday 18 October to hear the comments on the annual dotation from the Member States and to discuss the level of the dotation. This will allow discussions to take place in the meeting of the Working Group on the Dotation of the BIPM as well as ensuring that input into the question of the dotation is not restricted to the Working Group. The President of the CGPM meeting invited Delegates to reflect on the text of Draft Resolution C which will be discussed on Tuesday 18 October, before the first meeting of the Working Group on the Dotation of the BIPM.

14 Nomination of members of the Working Group on the Dotation of the BIPM

The President of the CGPM meeting opened this agenda item by inviting the Secretary of the CGPM meeting, Dr Kaarls, to present the proposed composition of the Working Group on the Dotation of the BIPM. Dr Kaarls commented that the first meeting of the Working Group would be held on Tuesday 18 October (afternoon). A limit of three persons is imposed for each delegation due to size constraints of the meeting room. Prof. Bordé proposed Dr Inglis as Chairman of the Working Group on the Dotation of the BIPM. The Working Group will also include Dr Kaarls (Secretary of the CGPM meeting and Secretary of the CIPM), Prof. Kühne (Director of the BIPM) and Mrs Perent (Financial and Administrative Director of the BIPM).

The delegations proposed by the CIPM to participate in the Working Group are from: Australia, Brazil, Canada, China, France, Germany, Italy, Japan, Mexico, Netherlands, New Zealand, Republic of Korea, Russian Federation, Spain, Switzerland, South Africa, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, and United States of America. Representatives of Austria and Portugal were included in the Working Group on the Dotation of the BIPM following their requests to participate.

The composition of the Working Group on the Dotation was adopted with no objection.

15 Discussion on the programme of work and funding options

At the opening of the third session on Tuesday 18 October, Dr Inglis made two brief announcements before the start of the discussion on the programme of work and funding options.

He listed the planned dates of the meetings in 2012 of the CIPM, Representatives of States Parties to the Metre Convention and NMI Directors:

- Session I of the 101st meeting of the CIPM 6-8 June 2012
- Session II of the 101st meeting of the CIPM 16-17 October 2012
- Meeting of the NMI Directors 18 October 2012
- Meeting of representatives of States Parties to the Metre Convention 19 October 2012

Dr Inglis added that a revised copy of Draft Resolution N, including comments from the United States of America and other comments made at the first session was circulated and is open for discussion.

Prof. Bordé opened the discussion on the programme of work and funding scenarios by calling for comments from the Delegates. Dr Inglis added that the Working Group on the Dotation of the BIPM will meet in the afternoon but that this is now an opportunity for all Delegates to comment on the programme of work and funding options.

Dr Chong (Singapore) asked what the long-term strategy is for the BIPM beyond the next programme of work (2013-2016). He added that more clarity is needed on the laboratory activities of the BIPM, in particular which ones will be supported. He queried if new staff recruited to work in the laboratories over the next four years will have pension rights. Dr Inglis replied that the long-term strategy for the BIPM beyond the next programme of work will be reviewed by the proposed *ad hoc* Working Group. The remit of this Working Group includes looking at provisions for the future. Dr Inglis added that he will propose the issue of greater clarity for the BIPM's laboratory activities to the *ad hoc* Working Group. Prof. Kühne commented that if any new staff members are recruited, they will be subject to the conditions of employment outlined in the Staff regulations that apply to BIPM staff members. The Pension Regulations were modified in 2009 to ensure the BIPM had sufficient financial resources to serve pensions for the next 30-40 years. Regular actuarial studies are carried out to review the long-term sustainability of the BIPM Pension Fund.

Dr Bock (Switzerland) mentioned the comment in the Annual Report that Member States jointly guarantee the payment of the pensions, allowances, indemnities or any other benefits payable under the Rules of the BIPM Pension and Provident Fund and queried if it is a new guarantee. Dr Bock also commented that there is a deficit of 57.5 million Euros in the BIPM Pension Fund shown in the 2010 financial statements. He enquired how the CIPM intends to reduce this deficit and by when. Dr Inglis replied that the BIPM Pension Fund was set-up by the CGPM in 1901 and is based on the assumption of continuity of the BIPM. The 57.5 million Euros figure is an actuarial deficit estimated at the end of 2010 based on the actuarial liabilities that would be needed if the BIPM were to be shut down immediately. Prof. Kühne added that the BIPM undertakes regular actuarial studies of the Pension Fund to determine how it will develop. The CIPM brought amendments to the Regulations of the Pension Fund to ensure its sustainability over the next 30-40 years. The next actuarial study will be launched in 2012 and its findings will be available for the *ad hoc* Working Group.

Dr Bock (Switzerland) enquired if the findings of the actuarial study will be shared with the Member States. Dr Inglis replied that, as has been done in the past, the findings of the actuarial study will be communicated to the Member States. It was the findings of the last study that prompted the CIPM to implement changes to the pension scheme with input from experts.

Mr Mason (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) asked if the Director of the BIPM has a view on the balance of permanent appointments and secondments or fixed-term appointments. Prof. Kühne replied that some tasks are more suited to fixed-term appointments and that the number of permanent staff should remain at the same level. He added that he hoped that the BIPM can continue to attract secondments and commented that permanent staff members that remain at the BIPM for more than seven years are entitled to a pension while those that leave within seven years receive a leaving allowance.

Dr Kjær (Denmark) commented that the Working Group on the Dotation of the BIPM should consider the cost of the LINAC and its operational costs in its discussions and should investigate alternative sources of funding for the LINAC. Prof. Kühne added that it is his intention to consider LINAC funding from other sources as feedback from the meeting of Representatives of States Parties to the Metre Convention and the meeting of the NMI Directors indicated that capital investments for the LINAC and its vault were not likely to be funded from the dotation in the forthcoming programme of work. Prof. Kühne also mentioned that the IAEA and the WHO have indicated that they support the LINAC project.

Mrs Ivanova (Bulgaria) asked if the dotation outlined in Draft Resolution C covers work in the Chemistry Department. Prof. Kühne confirmed that the dotation in Draft Resolution C covers all of the BIPM's areas of work including chemistry. He commented that adopting the funding scenario I would allow the BIPM to maintain all current areas of its work and extend some activities. Adopting scenario II would allow support for the LINAC but not the corresponding capital investment required which would need to be funded by other sources; it would also allow an expansion of work in the chemistry area. Scenario III would only allow present activities to continue, but no expansion into new areas. Adoption of scenario IV would have a serious impact on the BIPM's work and would require discontinuation of some activities.

Dr Halldorn (Germany) stated that Germany approves of the work carried out at the BIPM, particularly comparisons and activities linked to the CIPM MRA. He also commented that the work on the redefinition of the base units of the SI is essential. Dr Halldorn suggested that the CGPM should not choose a budget that would result in the closure of activities. However, major changes may be required, so he requested a discussion on the long-term role of the BIPM.

Dr Miki (Japan) stated that the recent economic situation in his country meant that Japan was unable to agree to funding scenarios I or II. He mentioned that additional discretionary contributions such as those adopted for the last two programmes of work would not be supported by Japan.

Prof. Siqueira Brandi (Brazil) commented that the work of the BIPM is vital and Brazil would not support adoption of a scenario that would result in a decrease in the dotation. Brazil will support scenario III. Prof. Siqueira Brandi suggested a discussion on the subject of voluntary contributions. He also suggested nanotechnology and the environment as new areas of work for the BIPM, but did not support the LINAC project. Prof. Kühne replied that the BIPM is active in the field of environmental science. The monitoring of climate change in an SI-traceable manner is essential to ensure uniformity of measurements. There is much work to do in climate change monitoring and if the BIPM is unable to obtain funding, it will have to investigate other forms of activities such as joint activities, e.g. more cooperation with the WMO. The long-term role of the BIPM must include areas such as climate change and health.

Dr Holeček (Czech Republic) stated that the Czech Republic supports the position of Denmark for funding the LINAC from sources other than the dotation.

Mrs Lagauterie (France) asked if organizations that could fund the purchase of equipment would commit financially to the maintenance of the equipment and to the funding of necessary staff in the long term. Indeed, if an outstanding dotation that involves permanent expenses is adopted, Member States will have to incur those expenses in the future. Prof. Kühne commented that the LINAC is a specific case requiring a large capital investment, however, after it has been purchased, the running costs are related to electricity, air-conditioning and half the time of one technician and could be supported by the BIPM. If the BIPM is successful in funding the LINAC from outside the dotation, the running costs will not represent a problem but its replacement in the future will have to be addressed. The LINAC is expected to have a useful life of 15 years and the LINAC building 30 years.

Dr Issaev (Russian Federation) commented that the principle of the LINAC project should be supported by the CGPM. How to acquire funding for the LINAC could be established later.

Dr Kioko (Kenya) stated that Kenya supports the BIPM programme of work and the LINAC project. He stated that projects related to human health, such as the LINAC, were very important. However, Dr Kioko commented that the LINAC should be funded from outside the dotation.

Dr Valdés (Argentina) said that Argentina will adopt a similar position to Brazil regarding the funding scenarios. He commented that the *Comisión Nacional de Energía Atómica* (CNEA) in Argentina is buying a LINAC. It is seeking traceability from the *Instituto Nacional de Tecnología Industrial* (INTI). Dr Valdés commented that the voluntary contributions mentioned in scenario II should remain additional discretionary contributions. Prof. Kühne commented on the question of discretionary contributions. It had been agreed at the 23rd meeting of the CGPM (2007) that an additional discretionary contribution of 3.8 % of the dotation could be made to the BIPM to support its increasing workload. The BIPM has not proposed a discretionary contribution for the period 2013-2016 but to compensate the expected inflation. This is the minimum funding required by the BIPM to maintain its present level of activities. However, it is not possible to predict what will happen to inflation over the next few years.

Dr Freistetter (Austria) stated that Austria can only support scenario III but cannot support any increase of the dotation in real terms. He asked if a breakdown of the costs for the LINAC is available. Prof. Kühne replied that the running costs for the LINAC are anticipated to be about

100 000 Euros per year split 50:50 between staff and utilities. The BIPM can meet the running costs for the LINAC under scenario III but not the initial acquisition.

Ms Disselkoen (United States of America) commented that the United States of America does not oppose the principle of the LINAC project, although funding will have to be found from other sources than the dotation. She commented that the pension deficit seems serious and needs to be thoroughly discussed. Ms Disselkoen added that the budget policy of the USA is zero nominal growth for all intergovernmental organizations. It would be difficult to support any increase and that scenario IV is considered. She pointed out that from the US analysis four States have acceded to the Metre Convention since the 23rd meeting of the CGPM (2007) and their financial contributions have resulted in an increase of approximately 5.4 % of the BIPM financial resources. Ms Disselkoen asked why scenario IV shows a shortfall of 1.4 million Euros when there are extra resources coming in from those four States. Prof. Kühne stated that the starting point for the calculation of the dotation for 2013-2016 is the dotation voted by the CGPM for 2012 to which are added the contributions of these four States as their participation to the activities of the BIPM corresponds to additional work and expenses for the BIPM. These contributions represent additional financial resources to the Dotation voted at the previous meeting of the CGPM to cope with this additional work without impacting the other Member States. Prof. Kühne added that in order for the BIPM to continue with its work, it will need to receive compensation for inflation in the dotation. Scenario IV represents a continuation of funding at a level of the 2012 dotation but with no increase even for inflation. Effectively, this would mean that the BIPM financial resources would decrease, resulting in a reduction in its activities.

Ms Disselkoen (United States of America) commented that the United States of America would like to avoid cutting activities at the BIPM but questioned how the BIPM has used the extra funds in its budget. Ms Disselkoen pointed out that, from her analysis, the BIPM budget has risen by 2 % annually since 2009 and an extra 5.5 % has been received from new States Parties to the Metre Convention, representing an increase of nearly 8 % since 2009. She commented that it is unlikely any other international organization will have received a similar increase. Dr Inglis replied that his report to the CGPM describes the activities which were carried out with this extra funding. The dotation approved at the previous meeting of the CGPM would have resulted in cuts to the programme of work for 2009-2012. The CIPM identified areas that could be cut and some activities ceased. The additional financial resources made available from new accessions to the Metre Convention allowed the BIPM to reduce the severity of the cuts and allowed the BIPM to continue with some activities that would have otherwise ceased. Prof. Kühne commented that there was a request by some States at the previous meeting of the CGPM to use the Capital Investment Fund before asking for an increase in the dotation but there are at present insufficient funds in the BIPM's Capital Investment Fund to do so. Compensation for inflation will be required just to maintain the current level of activity.

Dr Carbonell (Spain) stated that the economic situation in Spain is very difficult but that the BIPM programme of work is very good. He commented that when the BIPM dotation is approved, the BIPM should finalize the programme of work for 2013-2016. Dr Carbonell added that Spain is only able to support scenario IV and the BIPM will have to look at a reduction of activities.

Mrs Lagauterie (France) commented that a reduction in the dotation should not necessarily result in a reduction of activities. The BIPM should consider how it can cut its operating costs but maintain its level of activities. The position of France is the same for all intergovernmental organizations, i.e. zero nominal growth.

Dr Bock (Switzerland) stated that the Swiss delegation recognizes the work put into the preparation of the programme of work but is not in position to support Draft Resolution C. The BIPM requires a clearer strategic direction based on a joint reflection of the Member States and developed by the Member States, the NMIs, the BIPM and its Director, and the CIPM. Financial resources are necessary to implement the programme of work as stated in Draft Resolution C. It is likely that no consensus will be reached on that matter. He stated that it would not be a good idea to approve a programme of work that would not be supported by the corresponding dotation. He further stated that Switzerland is currently applying a zero real growth policy to all international organizations and that, according to him, the BIPM is operating beyond its means. Dr Bock added that it is necessary to reduce the Capital Investment Fund, which will require planning for a significant increase of the dotation for the years commencing in 2017. He again raised the issue of the situation of the BIPM Pension Fund. Therefore, Switzerland cannot accept or approve any of the presented scenarios. The President of the CIPM recalled again that the BIPM Pension Fund was established under the principle of continuity of the BIPM.

Dr Wayner (Canada) commented that the programme of work for 2013-2016 seems to be more ambitious than the dotation available. Prof. Kühne replied that if a dotation is agreed that is insufficient to fund the programme of work, the programme of work will have to be adjusted to accommodate the funds available. Dr Wayner also asked if the proposal to exclude the Member States in financial arrears (Draft Resolutions F1 to F4) will have a negative effect on the dotation. He queried if the contributions from new Member States and the proposed compensation for inflation has been offset in the budget against the potential loss of contributions from the States that have been recommended for exclusion in Draft Resolutions F1 to F4. Dr Inglis replied that the budget was calculated with no assumptions about the outcome of the voting on the Draft Resolutions. Dr Inglis commented that a 1 % cut in financial contributions represents approximately 10 000 Euros per year for the States that contribute at the maximum to the BIPM.

16 Report on the implementation of the CIPM MRA

Prof. Kühne reported on the implementation of the CIPM MRA. The CIPM MRA is well established and widely recognized. It provides world-wide acceptance of the equivalence between national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by NMIs. This helps reduce technical barriers to trade. The CIPM MRA has been signed by the representatives of institutes from 50 Member States, 33 Associates of the CGPM and three international organizations. He recalled the criteria for participation in the CIPM MRA, CMCs and the CIPM-ILAC common statement. An addendum to the CIPM MRA has been circulated and the outstanding replies have been sought. Formal consent to the addendum is required from all signatories of the CIPM MRA.

Prof. Issaev (Russian Federation) raised a question on the use of the terms ‘Member States’ and ‘States Parties to the Metre Convention’ in the report of the President of the CIPM. Prof. Kühne commented that they are legally equivalent.

17 Report on issues related to Associates of the General Conference

17.1 On the status of Associate State of the General Conference

Dr Inglis gave a brief report on issues related to the status of Associate State of the General Conference. This status was created by the CGPM at its 21st meeting (1999) in particular as a way of providing non-Member States with the means to participate in the CIPM MRA. There have been many new Associates since this date. However there is an imbalance between the benefits they receive when compared to their financial subscriptions. Associate States can obtain a number of advantages enjoyed by Member States but nevertheless pay a subscription much lower than the contribution they would pay if they were Member States. To address this imbalance, the CIPM proposed raising the minimum annual subscription paid by Associate States and, after an initial five-year period following the accession to the status of Associate State, increasing progressively and irreversibly the amount of the subscription for Associate States after the CIPM has decided, based on criteria, that they should be encouraged to accede to the Metre Convention. Such an increase would be progressive so that their subscription reaches, in five years, an amount equivalent to 90 % of the annual contribution they would pay as Member States. Dr Inglis completed his presentation by reading Draft Resolution D ‘On the status of Associate State of the General Conference’.

Dr Steele (Canada) asked for clarification of the wording of the first bullet point in Draft Resolution D. Prof. Kühne confirmed that the present situation is that the minimum annual subscription is 0.05 % of the annual dotation of the BIPM. Dr Steele asked for confirmation that there is no intention to allow any future Associate States to pay less than 0.1 % of the annual dotation of the BIPM. Prof. Kühne replied positively.

Dr Carbonell (Spain) commented that Associate States can withdraw from Associate status. Rules are needed to avoid ‘recycling’ of such States. Prof. Kühne replied that either an Associate State does not fulfil the criteria and there would be no change to its subscription or this Associate State fulfils the criteria, and in particular has one or more CMCs published in the KCDB, and it would therefore probably not wish to withdraw.

17.2 On the acceptance of Economies as Associate of the General Conference

Dr Inglis gave a summary of the situation regarding the acceptance of Economies as Associates of the General Conference. This status currently applies to the Caribbean Community (CARICOM), Chinese Taipei and Hong Kong (China). When the CGPM adopted Resolution 3 at its 21st meeting (1999) it created the status of Associate of the CGPM open to ‘States and Economies’ as a means of allowing their Metrology Institutes to participate in the world-wide measurement system. Subsequently, there have been many discussions on the merit of allowing Economies to become Associates of the CGPM. Pursuant to Resolution 5 (2007), at its 98th meeting (2009), the CIPM set the following criteria against which applications from Economies to become Associates of the CGPM can be assessed, as invited to do so by the CGPM in 2007:

- an Associate Economy must be a Territorial Entity
- the Territorial Entity must possess its own Metrology Institute within its territory

- the participation of the Territorial Entity in the activities of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) must be considered beneficial for the strengthening of the world's measurement system.

Dr Inglis completed his presentation by reading Draft Resolution E 'On the acceptance of Economies as Associate of the General Conference'.

The President of the CGPM meeting thanked Dr Inglis for his presentation and invited comments and questions.

Ms van Spronssen (the Netherlands) commented on the third criterion which states that participation must be considered beneficial for the strengthening of the world's measurement system. She stated that this could be misinterpreted to mean that the acceptance of Economies as Associate of the General Conference is still acceptable. Dr Inglis replied that the status of Associate Economy would still be possible but only granted by the CGPM on a unanimous basis.

Dr Steele (Canada) questioned the final bulleted point of Draft Resolution D, which states: '[The CGPM invites] all Associate States, whether fulfilling or not the criteria adopted by the CIPM to encourage Associate States to become States Parties to the Metre Convention, to accede to the Metre Convention as such accession can only be beneficial for the strengthening of the world's measurement system.' He asked what would be the criteria for the CARICOM Member States to accede to the Metre Convention. Prof. Kühne commented that CARICOM cannot become a State Party to the Metre Convention as it is an intergovernmental organization and not a State. However States that are Members of CARICOM will be individually encouraged to accede to the Metre Convention and that would require those Member States of CARICOM that have shared metrology systems and infrastructure to restructure their NMIs. Dr Inglis commented that consideration should be given to applying incentives to encourage the individual Member States of CARICOM to accede to the Metre Convention. Dr Kaarls added that Jamaica is a Member State of CARICOM and also an Associate State of the General Conference.

Dr Santo (Uruguay) asked if the adoption of Draft Resolutions D and E would result in an increase in the dotation. Dr Inglis replied that it is unclear what the impact may be on the Associates of the General Conference if Draft Resolutions D and E are adopted. Some States may withdraw from the Associate status if they consider the proposed increase is excessive for them. However, if Draft Resolution D is adopted and if no current Associate State of the General Conference withdraws from the Associate status, there will be no increase in the dotation which is exclusively composed of the Member States' contributions but an increase in the total financial resources of the BIPM. He added that the subscriptions of some of the Associate States are funded through aid agencies. Dr Inglis stated that he hopes the adoption of Draft Resolutions D and E will not result in the loss of any Associate State.

Dr Kaarls stated that some of the Associate States of the General Conference are very active and generate significant costs for the BIPM. These are the Associate States that the CIPM has encouraged to accede to the Metre Convention. Prof. Kühne added that Resolution 6 (2007) stated the desirability of setting criteria against which applications from Economies be assessed. Draft Resolution E aims at ensuring that this status is not automatically acquired but granted unanimously by the CGPM on a case-by-case basis.

Dr Santo (Uruguay) asked for clarification over the potential impact of the adoption of Draft Resolutions D and E on the Associate States and how many were likely to withdraw. Dr Inglis replied that the impact of adopting Draft Resolutions D and E on the subscriptions will be made

known to the Associate States of the General Conference and that they will have to decide individually if the benefits of remaining as Associate States outweigh this financial impact.

18 On the exclusion of States Parties to the Metre Convention having financial arrears for more than six years

Dr Kaarls summarized the situation regarding the States Parties to the Metre Convention that have been in financial arrears for more than six years. One of the main obligations of a Member State of an intergovernmental organization is to fulfil its financial obligations. Indeed, Article 9 of the Metre Convention states that the annual expenses for the maintenance of the International Bureau of Weights and Measures shall be covered by the contributions of the States Parties to the Metre Convention. Article 6 paragraph 6 to 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention provides for a mechanism for the distribution of the contribution of a State which has remained three years without paying its contribution. Paragraph 7 of Article 6 also provides for a suspension of the advantages and prerogatives conferred to the said State by accession to the Metre Convention. This provision has been applied to the Republic of Cameroon, which acceded to the Metre Convention in 1970, since 1992, to the Dominican Republic which acceded in 1954, since 1966, to the Islamic Republic of Iran which acceded in 1975, since 1980 and to the Democratic People's Republic of Korea which acceded in 1982, since 1993.

This important and unique procedure allows the BIPM to continue to fulfil its mission in the event of a State Party to the Metre Convention failing to make the payment of its contribution for more than three years.

Paragraph 8 of Article 6 provides that, after three more years, the State in arrears is excluded and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the Regulations.

The CGPM, at its 23rd meeting (2007), adopted Resolution 8 on financial arrears defining the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion. The CIPM has, by *Notes Verbales* of 26 February 2010, and in accordance with the said Resolution sent a formal notification to each of those four States inviting them to fulfil their financial obligations and reminding them of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion. Given the persistence of these four States in their failure to fulfil their financial obligations, the CIPM recommends that the CGPM take a decision with regard to the exclusion of each of those States in accordance with Article 6 paragraph 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention for failure to fulfil their financial obligations for more than six years.

Dr Kaarls stated that the Dominican Republic has announced that it is prepared to come to a rescheduling agreement and the BIPM is in the process of organizing this agreement. Therefore, the CIPM recommends that Draft Resolution F2 'On the exclusion of the Dominican Republic' is withdrawn. The other three States have been contacted via *Notes Verbales* reminding them of the procedure regarding recovery of arrears and exclusion but so far without success. Therefore it is recommended that the CGPM takes a decision regarding their exclusion.

Prof. Bordé commented that it is an unpleasant task to have to take such a decision, but that it may on occasion be necessary.

Ms Disselkoen (United States of America) commented that to be fair to the other three States being considered for exclusion, the four States should be given a deadline to come to a rescheduling agreement. Dr Kaarls confirmed that the BIPM has received notification of the intent to enter into a rescheduling agreement by the Dominican Republic which has also announced that it would proceed in the very near future to a first payment of its arrears, but so far, no payment has been received. Ms Disselkoen proposed that an amendment be brought to Draft Resolution F2 to state that the Dominican Republic will be excluded if an agreement cannot be reached by a given deadline. This deadline could also be included in Draft Resolutions F1, F3 and F4 to ensure that all the States concerned are treated equally in the exclusion process.

Dr Freistetter (Austria) commented that States in arrears for more than six years have already had their payments advanced by the other States Parties to the Metre Convention. He questioned if this meant that these States, once excluded, can accede again to the Metre Convention with no debts. Prof. Kühne replied that if a State is excluded, before it can accede again it must pay its arrears in full plus an entrance contribution in accordance with Resolution 8 adopted by the CGPM in 2007.

19 On rescheduling agreements between the CIPM and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears

Dr Kaarls gave a summary of the situation relating to Draft Resolution G. The CGPM, at its 23rd meeting (2007), adopted Resolution 8 on financial arrears defining the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion. In particular it ruled on the possibility that the CIPM could enter into a rescheduling agreement with a defaulting State for the payment of its arrears.

The entering, by the CIPM, into rescheduling agreements has institutional, financial and budgetary consequences for the International Bureau of Weights and Measures and the States Parties to the Metre Convention that need to be defined.

Pursuant to Article 6 paragraph 6 of the Annexed Regulations of the Metre Convention, if a State remained three years without paying its contribution, its contribution is distributed among the other States Parties to the Metre Convention: those sums being advances made to the State in arrears. Moreover, its advantages and prerogatives are suspended.

Rescheduling agreements would include the settlement of arrears of defaulting States according to an agreed schedule of payments as well as the payment of the annual contribution. Once the CIPM has entered into a rescheduling agreement with a State in financial arrears, it is proposed that provisions of Article 6 paragraph 6 of the Annexed Regulations of the Metre Convention would no longer apply and that the annual contribution of the defaulting State should no longer be distributed among the other States Parties to the Metre Convention as from the year following the conclusion of the rescheduling agreement.

In the case of a State in financial arrears but with a rescheduling agreement with the CIPM, the CIPM proposes that the advantages and prerogatives provided for under the Metre Convention

be fully reinstated. This reinstatement would follow the first payment made in accordance with the terms of the rescheduling agreement and would be maintained provided that the terms of the rescheduling agreement are respected.

Lastly, the CIPM proposes that, if a State in arrears which has concluded a rescheduling agreement breaches the rescheduling agreement, its advantages and prerogatives again be suspended, its contribution distributed among the other States Parties to the Metre Convention, and the CGPM be requested to take a decision with regard to its exclusion.

Dr Kaarls completed his presentation by reading the full text of Draft Resolution G. The Draft Resolution includes the following proposals:

- When a State Party to the Metre Convention has not paid its contribution for six years, but if the CIPM has entered into a rescheduling agreement with that defaulting State, the arrears shall be settled in accordance with the rescheduling agreement together with the payment of the annual contribution.
- The defaulting State shall again benefit from the advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention after the CIPM has entered into a rescheduling agreement with that defaulting State and on payment of the first settlement pursuant to the rescheduling agreement.
- The annual contribution of the defaulting State shall no longer be distributed among the other States Parties to the Metre Convention starting from the year following the entry into force of the rescheduling agreement.
- The advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention shall be suspended in the case that the defaulting State breaches the rescheduling agreement, its contribution be distributed among the other States Parties to the Metre Convention by applying the provisions of Article 6 paragraph 6 of the Regulations annexed to the Metre Convention, and the CGPM be requested to take a decision with regard to the exclusion of that State.

Dr Kaarls invited questions and comments.

Dr Castelazo Sinencio (Mexico) asked why four States have accrued such significant debts when there is a clause in the Metre Convention to exclude them after six years. Dr Kaarls commented that in the past the CGPM had never made the decision regarding exclusion. However the CGPM decided that States have to pay their debts which have been advanced by all the other States Parties to the Metre Convention.

Dr Wayner (Canada) enquired why it is necessary to discuss exclusions at the meeting of the CGPM when there is a mechanism in place for automatic exclusion. Dr Inglis and Dr Kaarls replied that exclusion of a Member from an intergovernmental organization has political and diplomatic consequences and the CGPM has therefore, in the past, encouraged the CIPM to give the defaulting States further opportunities to pay rather than to exclude them. They added that the CIPM alone cannot decide on exclusions. Prof. Kühne added that exclusion is a sanction included in the Metre Convention and Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007) established the decision-making process and the procedure on how to handle exclusions. Resolution 8 called for the negotiation of rescheduling agreements with defaulting States and for the CIPM to recommend to the CGPM to take a decision regarding exclusion of such States if the negotiations were unsuccessful. The CIPM has followed this procedure. Dr Inglis commented that Resolution 8 was adopted by the CGPM following concerns raised by the CIPM on this matter.

Dr Steele (Canada) stated that he notes the politically sensitive issues but questioned how the BIPM intends to recoup the debt and reimburse the Member States that have had annual contributions of the defaulting States distributed among them. Dr Steele added that the debt built up by the defaulting States amounts to about four million Euros. Also, it is not common practice to write-off accumulated debts to intergovernmental organizations.

Dr Saundry (United States of America) enquired about the impact on the budget of excluding States, questioning whether the contributions will decrease if the other Member States do not have to cover the contributions of the defaulting States from this point forward.

Prof. Kühne replied that the Metre Convention provides that the total dotation is distributed among the States that are Parties to the Metre Convention at the time of the adoption of the dotation. Therefore the percentage of distribution of the dotation of each State would go up slightly if defaulting States are excluded.

Dr Steele (Canada) commented that by approving the programme of work and its associated budget, the CGPM is agreeing to an amount for the dotation and there is a formula by which it is distributed among States Parties to the Metre Convention. Dr Steele added that it would be impossible for Canada to agree to a total dotation without knowing what the Canadian share was because, for example, if a large dotation-paying nation left and its amount was reapportioned across, Canada would not commit to a national payment and supporting of such a dotation. Dr Steele said that if the BIPM is losing 1.5 % of the total dotation from the loss of contributions from the States that are being considered for exclusion, then this total will offset any inflation increase agreed in the dotation if the overall level is kept the same. Therefore the starting point for the re-evaluated dotation must reflect any decisions to exclude States.

Prof. Kühne replied that the Regulations annexed to the Metre Convention provide for a mechanism which allows the CGPM to vote on a re-evaluated dotation if necessary. The calculation of the contribution of each Member State is based upon its United Nations (UN) coefficient and on the re-evaluated dotation adopted by the CGPM at its last meeting and distributed between those States members at the time of the last meeting of the CGPM. The CGPM adopts the re-evaluated dotation and there are clear regulations on how it is distributed among the Member States.

Dr Bock (Switzerland) added that he supports the concerns raised by Canada and the United States of America. Dr Bock enquired why it is that if a Member State defaults on its payments for more than three years, then their contributions are distributed among the other Member States, yet when States accede to the Metre Convention their contributions are added to the dotation. Dr Bock cited the example that since the previous meeting of the CGPM in 2007, four States have joined yet there is no proposal by the CIPM to reduce the dotation. Dr Bock also commented that States Parties to the Metre Convention should comply with the rules laid down in the Metre Convention. Therefore, if a Member State defaults on its financial obligations it should be excluded. Dr Bock added that Switzerland could support Draft Resolutions F1, F3 and F4 and suggested that a sentence be added to the Draft Resolutions: ‘considering the special situation, the dotation of the BIPM will not be reduced’.

Ms Disselkoen (United States of America) stated that the United States of America supports Draft Resolution G as it stands. She commented that the contribution of the United States of America represents at present 9.67 % of the dotation, adjusted to 9.8 % to cover advances made to Member States that have defaulted on their contributions. Dr Disselkoen enquired why this does not reduce to 9.67 % if the defaulting States are excluded.

Prof. Kühne replied that the BIPM will calculate the percentage based on the number of Member States at the time of adoption of the re-evaluated dotation. This percentage will therefore increase if defaulting States are excluded. The CGPM will determine the re-evaluated dotation for 2013-2016. Although the CGPM has the authority to set the revised amount of the dotation, there are rules governing how it is distributed among the Member States.

Dr Saundry (United States of America) referred to a point made earlier in the discussions asking why it is that the dotation can be adjusted if States Parties to the Metre Convention are excluded but not when they accede and she asked for an explanation of the various funding scenarios. She commented that if the dotation in scenario IV is equal to zero nominal growth, then it should match the dotation for the period 2009-2012 which it does not.

Prof. Kühne replied that these questions can be addressed in more detail in the Working Group on the Dotation of the BIPM.

Prof. Kühne commented that the CGPM should decide on the programme of work and the corresponding dotation for 2013-2016 during this CGPM meeting. If there is no agreement on a re-evaluated dotation, the dotation previously approved for 2012 will continue unchanged until such time as the CGPM approves a re-evaluated dotation. Either way, there will be a known amount for the dotation for 2013-2016.

Mr Gunn (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) commented that the apparent confusion over how to apply the rules of the Metre Convention over exclusion is good evidence of the need to examine the governance of the BIPM. He enquired if the Member States will lose out financially because the Member States which have defaulted on their contributions have not been excluded. Prof. Kühne commented that the decision to exclude defaulting States was addressed at the 23rd meeting of the CGPM (2007) and that the CIPM executed its requirements.

Mr Mason (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) asked if the CGPM could take a decision to prevent defaulting States Parties to the Metre Convention from accruing arrears of more than six years in the future. Prof. Kühne commented that Resolution 8 (2007) addressed that point.

Dr Steele (Canada) stated that Canada cannot endorse allowing the debts of defaulting States Parties to the Metre Convention to build up to the extent that has occurred for Republic of Cameroon, Dominican Republic, Islamic Republic of Iran and Democratic People's Republic of Korea. He added that clear language is needed on the rules to ensure that defaulting States are only allowed six years before exclusion. The exclusion process should not require the passing of Resolutions, it should be automatic. Dr Steele also enquired what had happened to the extra funds that the BIPM received from the contributions of States Parties to the Metre Convention that have acceded since 2007. He referred to the earlier comment by Dr Inglis that it had been used to fund activities set by the prioritization process. Dr Steele added that there is a contradiction. The decision to add extra funding is at odds with the rule because the voted budget is not the same as the budget which was applied. Prof. Kühne commented that the CGPM only votes for a re-evaluated dotation. It is then the responsibility of the CIPM to approve the annual budget of the BIPM. Dr Steele thanked Prof. Kühne for the clarification.

Dr Bock (Switzerland) commented that although it is the responsibility of the CGPM to vote on the exclusion of defaulting States Parties to the Metre Convention, it is the responsibility of the CIPM to make proposals for the exclusion of States Parties to the Metre Convention. He added that the CIPM had not in the past proposed exclusions and cited this as an example of the need to review governance issues of the BIPM.

Prof. Siqueira Brandi (Brazil) noted that there are rules to exclude Member States that default on their financial obligations for more than six years and they should be applied. Prof. Kühne replied that indeed there are rules to exclude Member States after six years but the provisions of Resolution 8 (2007) ‘On financial arrears of Member States’ called for the CIPM to recommend to the CGPM to take a decision regarding Member States that are in arrears for more than six years. Therefore, a State could theoretically be in financial arrears for more than six years by the time the Draft Resolution is presented to the CGPM. To change this procedure would require the adoption of a Resolution.

Ms Heurley (France) commented that Article 6 of the Regulations Annexed to the Metre Convention is clear that exclusions can be automatic. Prof. Bordé commented that a simple majority is required to adopt Draft Resolution G. Ms Heurley (France) recalled that Resolution 8 (2007) on financial arrears of Member States was adopted unanimously although unanimity was not required. She added that France is considering the merit of this situation rather than a general principle. She suggested that the Draft Resolutions on the exclusion of Member States in financial arrears for more than six years be adopted with no votes against.

Dr Castelazo Sinencio (Mexico) asked if it was possible to change the provisions of the Metre Convention with a Resolution adopted by the General Conference, since the changes suggested are part of the Regulations Annexed to the Metre Convention. He questioned whether there is a need to go back to the governments for ratification or if it is possible for the CGPM to change the rules in the Annexed Regulations. Prof. Kühne commented that the CGPM detailed in 2007 how the rules should be applied on financial arrears.

Dr Steele (Canada) had a comment regarding Resolution 8 (2007). Resolution 8 (2007) gives instructions on how to handle pending historical cases and is not intended as a general rule for the future. In future, every possible step should be taken to limit accumulated arrears. The reimbursement of the advances of the arrears and how to decide the level of reimbursement of arrears should be treated differently. It is not acceptable to ignore accumulated arrears which should be reimbursed to the States that have advanced contributions for defaulting States.

Mr Mason (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) asked for clarification as to whether the advances made by Member States to cover the contributions of States that have defaulted on their financial obligations are considered as debts. Prof. Kühne replied positively. Prof. Kühne added that if between two meetings of the General Conference, a Member State exceeds three years in arrears, an automatic system as provided for in the Annexed Regulations to the Metre Convention is initiated that distributes the contributions of the defaulting State among the other Member States. At its next meeting, the General Conference reviews the dotation and re-evaluates it if necessary. Prof. Kühne explained that if a Member State with a maximum contribution decided to withdraw from the organization, then until the next meeting of the General Conference, the dotation would be distributed between the other Member States in accordance with the applicable provisions. The CGPM could then decide at its next meeting on the level of the dotation and to reduce it if it wishes to do so.

Ms Disselkoen (United States of America) commented that there is consensus on Draft Resolution G. It is not possible to take a decision on whether or not excluded States should pay the debt accumulated over six years when they re-apply because a decision has not yet been taken on exclusion of the States concerned. The issue of whether excluded States should pay their debts can be addressed in a future General Conference meeting depending on whether such States decide to accede again.

Prof. Kühne replied that the last bullet point of Resolution 8 (2007) states that ‘a Member State which withdraws may only again accede to the Metre Convention if its remaining arrears have been paid. Pursuant to Article 11 of the Metre Convention, that Member State shall pay an entrance contribution equal to its first annual contribution.’ A decision was therefore made by the CGPM that the full arrears should be paid. A new resolution would be required if a decision is taken that excluded States only need to pay the first six years of arrears.

Ms Disselkoen (United States of America) added that this could only be considered in the future because the US delegation has not received instructions on this point.

Prof. Göbel (Germany), speaking as a member of the CIPM, commented that the Metre Convention does not provide that a General Conference meeting takes place necessarily every four years. Therefore if a major contributor decided to withdraw, a meeting of the General Conference could be convened immediately to discuss the issue.

Prof. Zvizdic (Croatia) asked if all Member States pay their contribution on time and if payments are late, does it cause problems for the BIPM. Prof. Kühne replied that only a few Member States settle their contributions at the beginning of the year, as provided in the Metre Convention, adding that the end of the financial year varies by State. The BIPM Reserve Fund is used to cope with fluctuations in the payment of contributions. The accumulated unpaid contributions have reached up to 39 % of the annual budget in the past.

20 On a convention on the privileges and immunities of the BIPM

Prof. Kühne commented that the CIPM proposes the withdrawal of Draft Resolution H ‘On a convention on the privileges and immunities of the BIPM’. Resolution 9 of the 22nd meeting of the CGPM (2003) made recommendations on requirements for cross-border transport of measurement standards, metrological equipment and reference materials but there has been no real progress on this subject because of factors such as visas not being granted and customs difficulties. In response Draft Resolution H ‘On a convention on the privileges and immunities of the BIPM’ was drawn up. Draft Resolution H calls for the BIPM to be granted privileges and immunities similar to that of the United Nations Organization by means of a multilateral convention. The Japanese government has expressed some comments on the proposed convention and in response the CIPM will review and redraft Draft Resolution H. The Draft Resolution will be discussed and re-presented at a later meeting of the CGPM after the redrafting is complete. The CIPM has therefore decided to withdraw Draft Resolution H.

Dr Miki (Japan) stated that Japan welcomes the withdrawal of Draft Resolution H and will be happy to consider the redrafted version.

The President of the CGPM meeting thanked Prof. Kühne and asked if there were any comments or questions before the close of the session.

In the absence of any comments or questions, Dr Kaarls raised some general matters related to the receptions hosted by the German and Netherlands ambassadors, the arrangements for the visits to the BIPM laboratories, the times for reconvening the meetings and the arrangements for the Working Group on the Dotation of the BIPM.

Dr Bock (Switzerland) commented on Agenda item 26 regarding the renewal of half of the CIPM. He asked if it was possible to know the names of the five members of the CIPM that were drawn by lot. Following this request, the following list was displayed: Mr Érard, Dr Kaarls, Dr Sacconi, Dr Schwitz, and Prof. Uğur.

21 Initial report from the Working Group on the Dotation of the BIPM

At the start of session four on Thursday 20 October Dr Inglis as Chairman of the Working Group on the Dotation of the BIPM, made a short statement on the first round of discussions that were held by the Working Group on Tuesday 18 October.

The Working Group supports the activities of the BIPM and praised its work. There is a need to ensure the long-term financial health and viability of the BIPM and unanimous support was given to the establishment of the *ad hoc* Working Group as proposed in Draft Resolution N. Actions that might emerge from the discussions within the *ad hoc* Working Group need to be implemented as soon as possible.

The BIPM funding model was considered to be too restrictive and the BIPM should consider charging for certain services. The BIPM should look for alternative sources of funding and concerns were expressed about efficiency within the BIPM. This includes looking at ways of reducing overheads. There was some support for enhanced traceability for radiation and dosimetry measurements.

The expected rate of inflation was discussed and there was some discussion on whether or not to retain the additional discretionary contribution.

The Working Group recommended that the BIPM Capital Investment Fund (CIF) be replenished. The possibility of funding the programme of work for less than four years was discussed, although it was made clear that it would be very difficult for the BIPM to prepare for a meeting of the CGPM in less than three years.

The Working Group came to two initial conclusions. Firstly the level of funding for the CIF is too low and should be addressed. Secondly there is a consensus that the Member States will agree to a level of funding between scenarios III and IV, with some support for scenarios I and II.

A second meeting of the Working Group on the Dotation of the BIPM will take place in the afternoon of Thursday 20 October 2011.

The President of the CGPM meeting thanked Dr Inglis for his statement; there were no questions or comments.

22 Discussion on the Draft Resolutions

Dr Kaarls suggested a change to the agenda so that the Draft Resolutions could be discussed in detail during session four on Thursday 20 October.

Draft Resolution A ‘On the possible future revision of the International System of Units, the SI’

Dr Kaarls stated that there was a typographical error in the fourth bullet point under ‘further notes’:

- that the molar mass of carbon 12 $M(^{12}\text{C})$ will be exactly $0.012 \text{ kg mol}^{-1}$ but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of N_{A} just before redefinition and that subsequently its value will be determined experimentally.

N_{A} should have read $N_{\text{A}}h$. The corrected bullet point is:

- that the molar mass of carbon 12 $M(^{12}\text{C})$ will be exactly $0.012 \text{ kg mol}^{-1}$ but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of $N_{\text{A}}h$ just before redefinition and that subsequently its value will be determined experimentally.

A third bullet point has been inserted under ‘invites’ in response to requests from Delegates:

- [The CGPM invites] the CIPM to continue its work towards improved formulations for the definitions of the SI base units in terms of fundamental constants, having as far as possible a more easily understandable description for users in general, consistent with scientific rigour and clarity.

The final bullet point under ‘invites’ has been changed to include the OIML:

- [The CGPM invites] the CIPM, the Consultative Committees, the BIPM, the OIML and National Metrology Institutes significantly to increase their efforts to initiate awareness campaigns aimed at alerting user communities and the general public to the intention to redefine various units of the SI and to encourage consideration of the practical, technical, and legislative implications of such redefinitions, so that comments and contributions can be solicited from the wider scientific and user communities.

Dr Besley (Australia) asked if final bullet point under ‘invites’ should include RMOs so that it would read:

- [The CGPM invites] the CIPM, the Consultative Committees, the BIPM, the OIML, National Metrology Institutes and RMOs significantly to increase their efforts to initiate awareness campaigns aimed at alerting user communities and the general public to the intention to redefine various units of the SI and to encourage consideration of the practical, technical, and legislative implications of such redefinitions, so that comments and contributions can be solicited from the wider scientific and user communities.

Dr Kaarls stated that this is not necessary because NMIs and RMOs are connected via the Member States.

Following a question put by Dr Steele (Canada), the President of the CIPM, the Secretary of the CGPM meeting and the Director of the BIPM made it clear that the term formulation in the third dot point in the “invites” does not put in question the broad consensus on the use of the explicit constant format of the definitions or on the chosen definitional constants in Draft Resolution A.

Of course, the final definitions will always be subject to any new science that appears. In the absence of any further remarks or questions from delegates, this was taken as the conclusion of this discussion and the Conference passed on to the next item.

Draft Resolution B ‘On the importance of international collaboration so as to place measurements to monitor climate change on an SI traceable basis’

Dr Kaarls said that there have been no further comments on Draft Resolution B so it can be put to the vote on Friday 21 October as it stands.

Draft Resolution C ‘Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2016’

Dr Kaarls commented that discussions on Draft Resolution C were in progress in the Working Group on the Dotation of the BIPM.

Draft Resolution D ‘On the status of Associate State of the General Conference’

Dr Kaarls stated that no comments have been received on Draft Resolution D so it can be put to the vote on Friday 21 October as it stands.

Draft Resolution E ‘On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference’

Dr Kaarls asked if there were any comments concerning Draft Resolution E.

Mr Mason (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) questioned the inclusion of wording that prevents any further IGOs from becoming Associates of the General Conference. He commented that some IGOs are not well developed and allowing them Associate status is considered useful by the OIML. He cited the example of the Economic Community of West African States (ECOWAS). Economies that may find it difficult to develop metrologically often share expertise across borders. Mr Mason invited the CIPM to develop criteria that could allow such IGOs to become Associates of the General Conference.

Dr Kaarls replied that Draft Resolution E is worded to prevent IGOs from becoming Associates of the General Conference because it does not seem in the best interest of world metrology as it would be preferable that the individual States accede to the Metre Convention. Dr Inglis said that he had some sympathy with the views of Mr Mason and suggested that a further reflection on the issue be carried out. Prof. Kühne agreed that this is a complex issue and it is not desirable to impose a complete ban on IGOs participating in the work of the BIPM. Each application should be examined on a case-by-case basis. Some States may wish to cooperate with others in order to reduce their costs. It is inevitable that further groups will develop in the future so a clear policy is needed to go forward. At present there are three ways to proceed:

- Pass Draft Resolution E as it stands.
- Apply the suggestion put forward by Mr Mason to drop the bullet point which states ‘Intergovernmental Organizations are not considered as Territorial Entities’ and ask the CIPM to reflect on the issue of allowing IGOs to become Associates of the General Conference.
- Pass Draft Resolution E as it stands but ask the CIPM to reflect on the issue and report to the next CGPM meeting with a new Draft Resolution that includes Associate status for IGOs.

Dr Hassine (Tunisia), President of AFRIMETS, supported the proposal of Mr Mason to allow regional groups that do not have the means to participate in the work of the BIPM to become

Associates. He commented that only three African States (South Africa, Egypt and Kenya) are currently States Parties to the Metre Convention and Tunisia will probably accede to the Metre Convention. Few African States are in a position financially to accede to the Metre Convention. It is important for those States to be able to form regional groups and participate in the activities of the BIPM, even for a limited period. AFRIMETS is committed to promoting the importance of the activities of the BIPM and the OIML.

A revised draft will be presented on Friday 21 October.

Draft Resolutions F1 to F4 ‘On exclusion of States Parties to the Metre Convention having financial arrears for more than six years’

Dr Kaarls stated that Draft Resolutions F1 to F4 will be discussed after the other Draft Resolutions.

Draft Resolution G ‘On rescheduling agreements between the International Committee for Weights and Measures and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears’

Dr Kaarls stated that no comments have been received on Draft Resolution G so it will be put to the vote on Friday 21 October.

Draft Resolution H ‘On a Convention on the privileges and immunities of the BIPM’

Draft Resolution H has been withdrawn by the CIPM.

Draft Resolution I ‘On the revision of the *mise en pratique* of the metre and the development of new optical frequency standards’

Draft Resolution I will be presented by the President of the Consultative Committee for Length (CCL).

Draft Resolution J ‘On the adoption of a common terrestrial reference system’

An amended version of Draft Resolution J will be presented by the President of the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF).

Draft Resolution N ‘On the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM’

Dr Kaarls commented that all the suggestions made on Draft Resolution N have been included in a revised version.

Ms van Spronssen (the Netherlands) suggested that the membership of the *ad hoc* Working Group should be kept as small as possible. She recommended that the first bullet point under ‘invites’ should be changed by removing RMOs from the representation.

Mr Gunn (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) commented that the establishment of an *ad hoc* Working Group that will report its findings in 2012 is a welcome move. He recommended that it should be made explicit in the final bullet point of Draft Resolution N that proposals for action will be put forward at the next meeting of the CGPM.

Ms Heurley (France) agreed with the proposals of the Netherlands and the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland and stated that France may withdraw Draft Resolution M if these proposals are accepted.

Dr Besley (Australia) had some reservations about the proposal by the Netherlands to remove RMOs from Draft Resolution N. He commented that it would be difficult for Australia to represent the views of all of the members of the Asia Pacific Metrology Programme (APMP). The inclusion of RMOs will allow regional views to be given to the *ad hoc* Working Group.

Dr Wayner (Canada) asked if the omission of the Director of the BIPM from the composition of the group that will review the governance of the BIPM was an oversight. The situation was clarified; the Director of the BIPM is included.

Prof. Kühne commented that the meeting of representatives of States Parties to the Metre Convention held in May 2011 at the BIPM headquarters came to the conclusion that the *ad hoc* Working Group should consist of around ten members. If representatives of RMOs also participate in the *ad hoc* Working Group, then the group could become too large.

Ms Chambon (France) commented that States Parties to the Metre Convention and not the RMOs fund the BIPM. Therefore, States Parties to the Metre Convention should participate in the review of governance of the BIPM rather than the RMOs.

Dr Kaarls added that the majority decision is for an agreement with the Netherlands to remove RMOs from Draft Resolution N.

Dr Bock (Switzerland) commented that Switzerland will withdraw Draft Resolution K if Draft Resolution N is accepted.

Mr Gunn (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) added that the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland will withdraw Draft Resolution L if Draft Resolution N is accepted.

Dr Inglis commented that when Draft Resolution N was presented on Monday 18 October, a list of Member States (Brazil, China, Russian Federation, France, Germany, Japan, New Zealand, South Africa, Switzerland, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, and the United States of America) was proposed as a potential composition for the *ad hoc* Working Group. He added that he would like to receive the names of individuals from those States who will be serving on the *ad hoc* Working Group. Uruguay was subsequently added as Member State with minimum contribution to provide greater balance in representation.

Draft Resolutions F1 to F4 ‘On exclusion of States Parties to the Metre Convention having financial arrears for more than six years’

Ms Heurley (France) commented that France proposes that Draft Resolutions F1 to F4 are adopted by a consensus procedure as this subject has diplomatic consequences for the Member States.

Dr Bock (Switzerland) commented that the provisions are very clear for when consensus is required in voting. The rules of the Metre Convention should be strictly applied in the voting procedure for Draft Resolutions F1 to F4.

The French delegation commented that the Metre Convention provides no voting procedures and that given the political aspect of the exclusion issue, France makes that proposal.

Dr Kaarls stated that a new letter has been received from the government of the Dominican Republic regarding its planned rescheduling agreement. It has asked for an extension of the deadline for payment of its arrears. He went on to say that there has been a discussion on equal treatment of all four of the States that have been in financial arrears for more than six years. It is proposed that a deadline of 18 months for agreeing a rescheduling arrangement with the CIPM

be granted to each of the four States in financial arrears (Republic of Cameroon, Dominican Republic, Islamic Republic of Iran and Democratic People's Republic of Korea). This extra 18 month period will be included into Draft Resolutions F1 to F4. This extension to the deadline will give each State an equal opportunity to come to a rescheduling agreement. The amended versions of Draft Resolutions F1 to F4 will be distributed to the Delegates. The 18 month extension to the deadlines will require the approval of the CGPM.

Mr Gunn (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) commented that the Metre Convention gives clear rules on the exclusion of States Parties to the Metre Convention and these rules should be followed.

Dr Freistetter (Austria) added that the Dominican Republic should be given an extra 18 months to finalize its rescheduling agreement but the other three defaulting States should not as they have made no serious attempts to enter into rescheduling agreements. Austria could not therefore support giving a further 18 months to Republic of Cameroon, Islamic Republic of Iran and Democratic People's Republic of Korea.

Dr Gallagher (United States of America) said that the United States of America does not oppose the proposal by France that Draft Resolutions F1 to F4 are adopted by consensus. He commented that the exclusion process should be pursued actively as the rules are very clear in the Metre Convention to prevent a State from being in arrears indefinitely. A statement of intent is needed that a rescheduling arrangement will be agreed if the defaulting States are given an extra 18 months.

Dr Kaarls added that Republic of Cameroon, Dominican Republic, Islamic Republic of Iran and Democratic People's Republic of Korea must be treated equally. However, it must be made clear that unless they start to pay their arrears within the 18 month period, they will be excluded.

The Canadian delegation commented that a letter of intent to enter into a rescheduling agreement by the Dominican Republic is not sufficient.

Dr Bock (Switzerland) stated that Switzerland could support in principle the comments of Austria, Canada and the United States of America but that exclusion has a political dimension. Switzerland is in favour of granting an extra 18 months, but when the proposed 18 month deadline is reached the exclusions should go ahead if rescheduling arrangements have not been agreed. There should be no consequences for the BIPM in the future for taking this course of action. The Swiss delegation proposed the addition of the following sentence to Draft Resolutions F: in view of specific circumstances, the adjustment of the dotation linked to the exclusion may be waived.

Dr Miki (Japan) expressed concerns over the proposal that the adoption of Draft Resolutions F1 to F4 should be based on the concept of no votes against. He stated that Japan cannot agree with the French proposal because, according to the Metre Convention, only voting on the dotation is by consensus with no votes against. A discussion is needed on the voting procedure.

Dr Wayner (Canada) commented that the proposal to change the voting procedure for Draft Resolutions F1 to F4 is very important because it is a deviation from the terms of the Metre Convention. Dr Wayner added that Canada would prefer to treat the vote on Draft Resolutions F1 to F4 the same as a vote on the dotation, with no dissenting votes.

Ms Heurley (France) added that the States Parties to the Metre Convention should not set a diplomatic precedent for the exclusion of defaulting States.

Draft Resolution I ‘On the revision of the *mise en pratique* of the metre and the development of new optical frequency standards’.

The President of the Consultative Committee for Length (CCL), Dr Sacconi, gave a brief presentation on Draft Resolution I ‘On the revision of the *mise en pratique* of the metre and the development of new optical frequency standards’.

The CCTF in its 15th meeting (2001), taking into account that new frequency standards are being studied, and that these new standards could eventually be considered as the basis for a new definition of the second, recommended the establishment of a list of secondary representations of the second to be approved by the CCTF at its regular meetings. Rapid progress continues to be made in the areas of optical frequency standards development and the uncertainties of optical frequency standards have become at least comparable with, and in some cases better than, the uncertainty associated with the current realization of the second. The CCL and the CCTF have established a joint Working Group (JWG) to review and discuss proposed standards’ uncertainty budgets and evaluate their validity before recommending to the CCTF that the standard be added to the list of frequencies appropriate for secondary representations of the second. Several additions to the common list of ‘Recommended values of standard frequencies for applications including the practical realization of the metre and secondary representations of the second’ were adopted by the CIPM in 2009 (Recommendation 2 (CI-2009)).

This development poses significant technical issues. In particular, it is difficult to compare the highest performance of frequency standards remotely using existing satellite-based techniques. The CCL and the CCTF are therefore encouraging research into the most promising techniques which would permit calculated time scales to take advantage of the performance of optical frequency standards. The uncertainties associated with current satellite-based techniques need to be improved by about a hundredfold to match the demonstrated performance of optical standards and a number of options are being investigated. In order to coordinate work in this area, the CCTF has set up a Working Group on Coordination of the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques.

Dr Sacconi completed his presentation by reading Draft Resolution I. The President of the CGPM meeting thanked Dr Sacconi for his presentation.

Draft Resolution J ‘On the adoption of a common terrestrial reference system’.

The President of the CCTF, Mr Énard, read the full text of Draft Resolution J ‘On the adoption of a common terrestrial reference system’.

There is a considerable rise in activity which is related to global navigation satellite systems or GNSS, and at least four geodetic reference systems are in use, as reference frames suitable for use with measurements on, or near, the Earth’s surface. This proliferation could be damaging to the interactivity and interoperability between GNSS systems and all the currently developed or proposed global components of GNSS (GPS, GLONASS, EGNOS, Galileo and Compass) have stated their intention to use geodetic references for each system that are closely aligned to the International Terrestrial Reference System (ITRS), developed by the International Earth Rotations and Reference Systems Service (IERS) and recognized by the International Astronomical Union (IAU) in 2000. A common forum (the International Committee on GNSS, or ICG) has been created by the United Nations to assure communication between providers and users. The CCTF collaborates strongly with all these organizations and, in 2009, recommended to the CIPM that, as the ITRS had not been adopted so far by an intergovernmental organization

with responsibility or interest in the metrology which supports GNSS, it would be appropriate for the CIPM to recommend that the CGPM at its 24th meeting takes the lead in this area.

A few minor editorial points were discussed. Prof. Kühne commented that editorial points can be discussed outside the plenary session to free up time for fundamental questions.

The President of the CGPM meeting thanked Mr Énard.

Continuation of discussions on Draft Resolutions F1 to F4 ‘On exclusion of States Parties to the Metre Convention having financial arrears for more than six years’.

Dr Kaarls presented a modified version of Draft Resolutions F1 to F4 following comments made earlier in the meeting.

Mr Mason (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) asked about the consequences of not approving Draft Resolutions F1 to F4 and if it would constitute derogation from the provisions of the Metre Convention. He asked if Draft Resolutions F1 to F4 are not adopted, whether the Republic of Cameroon, the Dominican Republic, the Islamic Republic of Iran and the Democratic People’s Republic of Korea be automatically excluded. If this is the case, the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland supports this course of action.

Prof. Kühne replied that the Dominican Republic announced that it would pay its arrears and consequently these funds will be reimbursed to the other States. Of the other States, the Republic of Cameroon and the Islamic Republic of Iran have indicated that they intend to remain as States Parties to the Metre Convention and plan to reschedule their debts. These States should be given 18 months to enter into a rescheduling agreement. If they fail to do so, it is proposed that they be automatically excluded at the end of the period. Prof. Kühne commented that if nothing is done, the situation regarding the States in financial arrears for more than six years will simply continue. However, if these States are now excluded, without giving them a final deadline of 18 months, the BIPM will have serious difficulties in recovering these arrears.

The delegation of the United States of America developed two alternative Draft Resolutions on the exclusion of States Parties to the Metre Convention having financial arrears for more than six years to clarify the situation without having to take drastic action.

The first version recommends suspension of States Parties to the Metre Convention that have not paid for three years and that contributions of a State Party to the Metre Convention that is suspended should not be taken into account for the calculation of contributions. Prof. Bordé asked if this would involve any changes to the Metre Convention. The delegation from the United States of America considered that there would be no change to the Metre Convention.

Prof. Kühne commented that the suggestions in this first proposed Draft Resolution do not fully address the subject of exclusion. The delegation of the United States of America replied that the proposed changes do not relate to exclusion, if a State Party to the Metre Convention has let three years pass without paying its contribution, the General Conference could change the contributive parts. Prof. Kühne commented that this is a misinterpretation of Article 20 of the Regulations annexed to the Metre Convention which cannot be used to modify the dotation. The delegation from the United States of America commented that because there is a disagreement over the legal interpretation in its first proposed Draft Resolution the second Draft Resolution should be presented for discussion.

Dr Bock (Switzerland) asked if the legal interpretation is that the CGPM cannot change the dotation on the assumption that the four Member States that have been in financial arrears for more than six years will not benefit from the work of the BIPM. The delegation of the

United States of America has suggested suspension of defaulting States and removal of their contributions from the dotation. He commented that his interpretation is that the Metre Convention only covers the period between meetings of General Conferences. Prof. Kühne stated that advice will be sought from the BIPM legal adviser.

Mr Mason (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) commented that it is not reasonable to reduce the dotation because the four States Parties to the Metre Convention that are proposed for exclusion have not been active Member States for a long time. When the dotation was fixed, it was not expected that these States would pay their contributions. Therefore, the fact that they may be excluded cannot be used to reduce the dotation. The mechanism of exclusion is a separate issue to the financial implications.

Dr May (United States of America) commented that the United States of America wanted to return to the discussion on its second proposed Draft Resolution.

The delegation from the United States of America commented that its second Draft Resolution was based on the text of Draft Resolution F with a few minor changes. It is suggested that a Member State that has been in arrears for more than six years should only be given a further period of six months to agree a rescheduling arrangement with the CIPM. The defaulting States are not named in this draft. On expiry of this six month period, if a rescheduling arrangement has not been agreed by a defaulting State, such a State will be automatically excluded under the terms outlined in the Metre Convention. Prof. Kühne commented that the Notification of the contributive parts for 2012 will be sent to the Member States before the end of 2011, therefore it is not possible to give a six month deadline as it would impact the 2012 financial year. The exclusion would have to take effect in 2013.

Dr Wayner (Canada) commented that taking action now would avoid the necessity of waiting another year before setting exclusion deadlines. Setting a six month deadline would limit the accumulation of further arrears. Prof. Kühne added that he will discuss with the BIPM legal adviser if it is possible to set the deadlines now.

Dr Freistetter (Austria) stated that a rescheduling agreement is not enough but a first payment should be made within one year. The BIPM Financial and Administrative Director recalled that this requirement is included in Draft Resolution G.

Dr Shehata (Egypt) asked if there is a procedure in the BIPM Quality System for late payments. Prof. Kühne commented that the procedure for exclusion was defined by the CIPM in Resolution 8 (2007). This had led to the drafting of Draft Resolutions F1 to F4.

The United States of America proposed that its second proposed Draft Resolution (referred to as Draft Resolution O) replaces Draft Resolutions F1 to F4.

No objection was raised.

23 Reports of the Presidents of Consultative Committees

23.1 Consultative Committee for Length

Dr Sacconi, President of the Consultative Committee for Length (*Comité consultatif des longueurs*, CCL), presented his report on the activities of the CCL since the previous meeting of the CGPM (2007). The activities of the CCL concern the definition and realization of the metre, practical length and angle measurement, and advice to the CIPM in the field of length metrology.

The major changes to the CCL since the 23rd meeting of the CGPM (2007) were:

- appointment of a new President and new Executive Secretary;
- admission of two new members: INMETRO (Brazil) and CEM (Spain);
- admission of one observer: IPQ (Portugal);
- introduction of a new Working Group structure.

Currently, the CCL has 24 members (in addition to the BIPM Director): A*STAR (Singapore), BEV (Austria), CEM (Spain), CENAM (Mexico), CMI (Czech Republic), LNE (France), INMETRO (Brazil), INRIM (Italy), JILA (United States of America), KRISS (Republic of Korea), METAS (Switzerland), MIKES (Finland), NIM (China), NIST (United States of America), NMIA (Australia), NMIJ (Japan), NMISA (South Africa), NPL (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland), NRC-INMS (Canada), PTB (Germany), SMU (Slovakia), UME (Turkey), VNIIM (Russian Federation) and VSL (Netherlands).

CCL Working Group structure

The CCL adopted a new Working Group structure in 2009, following a recommendation of the CIPM.

The CCL Working Group on the CIPM MRA (WG-MRA), including its Sub-groups on key comparisons (sWG-KC) and CMCs (sWG-CMC) and the Task Group on Linking (TG-L), covers the tasks of the former Working Group on Dimensional Metrology (WGDM). In particular, the sWG-KC ensures the coordination of key comparisons (KCs), while the sWG-CMC covers Service categories and compliance of CMCs with KC results, while key comparison linking issues are considered by the TG-L.

The CCL Working Group on Dimensional Nanometrology (WG-N) is responsible for and expands the tasks of a former discussion group on the same subject (now disbanded).

The CCL Working Group on Strategic Planning (WG-S) oversees implementation of the new CCL Working Group structure, addresses long-term R&D activities in length metrology and suggests long-term plans for future activities of the CCL.

The Joint CCL-CCTF Frequency Standards Working Group (JWGFS) undertakes the former WGMeP responsibilities and tasks, especially those related to a future possible redefinition of the second, including maintenance and update of the list of secondary realizations of the second.

The Discussion Groups (DGs), which were formerly part of WGDM, are now part of the new Working Group on the CIPM MRA and oversee the exchange of technical information according to KC topics.

Detailed terms of reference for the Working Groups are available in [CIPM2009-11](#).

Meetings held since the 23rd meeting of the CGPM (2007)

- WGDM INRIM, Torino, 24-25 September 2008;
- JWGFS BIPM headquarters, 2 June 2009;
- WGDM BIPM headquarters, 8-9 June 2009;
- CCL (14th CCL meeting) BIPM headquarters, 10-11 June 2009;
- WG-S A*STAR, Singapore, 9 June 2010;
- WG-MRA (including TG-Linking and DGs) A*STAR, Singapore, 10-11 June 2010;
- WG-N A*STAR, Singapore, 10 June 2011;
- WG-MRA METAS, Wabern, 6-7 October 2011.

The WG-MRA meeting was organized in connection with the first Dimensional Metrology Conference under the auspices of CCL: *Macroscale – Recent Developments in Traceable Dimensional Measurements*, which was organized jointly by METAS and PTB at METAS, Wabern, Switzerland, from 4-6 October 2011. Around 50 papers were collected from an attendance of about 70 participants.

CCL Key comparisons

The first round of CCL key comparisons is complete and the results are available in the KCDB. These are:

- K1 Short gauge blocks;
- K2 Long gauge blocks;
- K3 Angle;
- K4 Cylindrical diameter standards;
- K5 Step gauge;
- K6 Ball plate;
- K7 Line scales;
- K8 Surface texture standards;
- K11 MeP lasers.

In particular:

- K7 and K8 are conducted as “CCL-RMO” comparisons¹¹ and are still partly running;
- K11 is an ongoing former BIPM comparison;

¹¹ The CCL has created a new type of key comparison designated as “CCL-RMO” KCs. These are organized in a way comparable to the classical scheme consisting of a central CCL key comparison, to which RMO key comparisons are linked for the same measurand. However, the central CCL key comparison, which might be formed from the commonly participating laboratories in the RMO key comparisons, is virtual and is not carried out in practice. This suggests that the virtual CCL key comparison and the RMO key comparisons are structurally linked. This cost-effective scheme has been applied successfully to EURAMET.L-K4 and EURAMET.L-K7.

- K1 and K2 will be combined into K1, encompassing short and long gauge blocks;
- K6 will be abandoned. How to validate CMM based CMCs is under investigation by DG6.

The first round of the corresponding RMO key comparisons (from K1 to K8) is complete and the results are in the KCDB.

The CCL is running the second round of its key comparisons, especially:

- CCL-K1.2011, Short and long gauge blocks;
- EURAMET.L-K1.2011, Short and long gauge blocks (to be linked to CCL-K1.2011);
- EURAMET.L-K3.2009, Angle (operated as a “CCL-RMO” key comparison).

To complete the second round of key comparisons, several issues have still to be resolved: finding pilot laboratories and finding comparison transfer standards, which is a cost issue.

Other challenges in the key comparisons process include: delayed reports; monitoring the progress of key comparisons; monitoring CMC claims versus key comparison results; and monitoring corrective actions. These issues are resolved within the WG-MRA (and the sWG-CMC), through a new guidance document (CCL WG-MRA-GD1: *Running of MRA comparisons in length metrology and monitoring their impact on CMCs*).

WG-N Dimensional nanometrology

Of six pilot studies successfully carried out in the field of dimensional nanometrology, four are complete:

Pilot study	Artefacts	Status
Nano1	Linewidth (CD mask)	In progress
Nano2	Step heights	Complete
Nano3	Linescales	Complete
Nano4	1D gratings	Complete
Nano5	2D gratings	Complete
Nano6	Linewidth (Single Crystal CD)	In progress

Reports of some of the Pilot studies are published in the KCDB as CCL supplementary comparisons, providing the first core of established traceability in nanometrology.

Suggested future studies include:

- atomic scale step heights;
- sub-nanometre surface roughness;
- nanoparticle measurements;
- deep sub-micrometer pitch.

Technical discussion groups

Discussion Groups (DGs) are a forum for technical discussions in the principal fields of interest in dimensional metrology. They act to: advise the CCL in technical matters related to key comparisons and CMCs; promote the exchange of scientific information in CCL and

Working Group meetings; and address new technical developments in specific fields and related traceability requirements.

Joint Working Group on Frequency Standards

The JWGF met at the BIPM headquarters in June 2009 to discuss: the terms of reference of the Working Group; additions and updates to the revised list of frequencies, including secondary representations of the second, and frequencies for the realization of the definition of the metre; the report on key comparison CCL-K11; possible revision of the list of radiations to be published in *Metrologia*, including structure and contents; and preparation of Working Group recommendations to the CCL and CCTF.

Challenges in length metrology

New developments and major challenges in length metrology cover the range from kilometre to nanometre, including:

- long distance interferometry and range finding (including optical frequency comb applications);
- metrology of large structures in production engineering;
- multi-sensor (tactile, optical) coordinate metrology;
- micro x-ray computed tomography;
- micro coordinate metrology for micro parts;
- metrology of functional structures' surfaces (including areal surface texture);
- 3D metrology at the nanoscale;
- metrology of nanoparticles;
- high resolution interferometry at sub-nanometre accuracy.

The CCL has responsibility for the future redefinition of SI units of interest, the emergence of new optical frequency standards, and, in general, to facilitate the changing nature of metrology. These challenges combine to focus the future strategies for adoption by the CCL, particularly expansion of CCL responsibilities to cover new areas of scientific work and priorities for new key and other comparisons to validate claimed CMCs.

The President of the CGPM thanked Dr Sacconi for his presentation.

23.2 Consultative Committee for Mass and Related Quantities

Dr Tanaka, President of the Consultative Committee for Mass and Related Quantities (*Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées*, CCM), presented his report on the activities of the CCM since the previous meeting of the CGPM (2007).

The CCM held its 11th meeting in April 2008 and its 12th meeting in March 2010.

The longstanding objectives of the CCM are to facilitate technical cooperation among the member NMIs and the BIPM for the improvement of global measurement standards, and to implement key comparisons for the CIPM MRA in the fields of mass and related quantities.

For the last 7 years, the CCM has discussed extensively the redefinition of the unit of mass and, specifically its last meeting was devoted to the topic and ‘RECOMMENDATION G 1 (2010): Considerations on a new definition of the kilogram’ and ‘RECOMMENDATION G 2 (2010): On the use of the international prototype of the kilogram to confirm the traceability of the BIPM prototypes’ were submitted to the CIPM in 2010.

Currently, twelve Working Groups (WG) and two Task Groups (TG) are engaged in technical and administrative activities: Working Group on Mass Standards (WGM), Density (WGD), Force (WGF), High Pressure (WGHP), Low Pressure (WGLP), the Avogadro Constant (WGAC), Hardness (WGH), Fluid Flow (WGFF), Gravimetry (WGG), Viscosity (WGV), Calibration and Measurement Capabilities (WGCMC), SI definition of 1 kg (WGS1kg), Mass metrology under vacuum for a *mise en pratique* (TG1/WGM) and Uncertainty components due to traceability to the international prototype of the kilogram (TG2/WGM).

The CCM held two chairpersons meetings, in April 2008 and in March 2010, to harmonize the activities of the Working Groups for key comparisons.

Delegates from the Technical Committee for Mass and Related Quantities (TCM) and the Technical Committee for Fluid Flow (TCFF) of the RMOs were invited to the CCM meetings to resolve common technical problems related to regional activities. The CCM Executive Secretary coordinates these functions and helps the Working Group chairpersons with administration and liaison with the BIPM and the CIPM.

The International Avogadro Coordination (IAC) facilitated international cooperation for the determination of the Avogadro constant and redefinition of the kilogram, using enriched silicon crystals, which have been undertaken by NMIs, the BIPM and the WGAC.

The CCM organizational role has been improved and/or updated since the previous meeting of the CGPM (2007):

- TG1 and TG2 of the WGM have been created
- the IAC project was terminated in March 2011, (commenced in October 2003)
- new chairpersons for WGHP, WGV, WGFF, and WGG have been appointed
- a new CCM executive secretary was appointed following the change in the Director of the BIPM Mass Department.

Mass standards

Meetings of the Working Group on Mass Standards (WGM) were held in April 2008 and March 2010 at the BIPM headquarters to discuss:

- New automatic (vacuum) mass comparators, large mass measurement, micro-mass and nano-force research, mass comparison under vacuum, reproducible techniques for cleaning of mass standards, storage of standards in vacuum and inert gas to optimize stability, vacuum/air transfer and new materials for mass standards (watt balance and vacuum compatible);
- The CIPM 2007 formula for the determination of air density, published in *Metrologia* (*Metrologia*, 2008, **45**, 149). The change in the calculated value of air density resulted in buoyancy corrections for stainless steel/platinum iridium comparisons to increase by approximately 7 micrograms.

Two new WGM Task Groups established in 2007 considered the redefinition of the kilogram. Their conclusions are given in the reports below.

The WGM and its Task Groups actively contributed to the discussion on the proposed definition of the kilogram and elaborated Recommendations G1 (2010) and G2 (2010), especially on the conditions to be fulfilled before adopting the new definition.

The following key comparisons were managed by the WGM:

- CCM.M-K3.1 (stainless steel artefact, 50 kg, pilot LNE) for an additional participant
- CCM.M-K4 (stainless steel, 1 kg, pilot BIPM) protocol completed
- CCM.M-K5 (stainless steel artefacts, 2 kg, (1 kg), 200 g, 50 g, 1 g, 200 mg, pilot NMIJ) preparation of Draft B Report
- CCM.M-K6 (stainless steel artefact, 50 kg, pilot CENAM) protocol completed
- CCM.M-K7 (stainless steel artefacts, 5 kg, 100 g, 10 g, 5 g, 500 mg) planned.

Density

The Working Group on Density (WGD) met in April 2008 at the BIPM headquarters. It discussed: present state of the key and supplementary comparisons; acceptance of CMCs on density; clarification of roles of the CIPM and International Association for the Properties of Water and Steam (IAPWS) formulations for the density of water (*Metrologia*, 2009, **46**, 196-198); redetermination of the density of water, which is under way at the PTB, and is intended to improve the precision of the liquid density reference for the use of density calibration, volume determination of mass standard artefacts, and general volumetry; new CIPM formulation for the density of air (*Metrologia*, 2008, **45**, 149-155); strategic planning in this field; and terms of reference for the WGD.

The WGD manages the following key comparisons:

- CCM.D-K1 (silicon sphere, 2300 kg/m³, piloted by the NMIJ) completed.
- CCM.D-K2 (liquid density standard, piloted by the PTB) preparation of Draft B Report.
- CCM.D-K3 (stainless steel artefact, piloted by the NMIJ) planned.
- CCM.D-K4 (hydrometers, piloted by the INRIM) measurement in progress.

Strategic planning required to serve industry and society was discussed at its meeting, specifically on the following subjects: density measurements under high pressures and high temperatures for energy saving and environment technology; refractive index of liquids for the food industry and agriculture; liquid density standard for the volume measurement of a spherical resonator used for the determination of the Boltzmann constant; and density measurements of various biotechnology materials.

Force

The Working Group on Force (WGF) met in December 2007 at CENAM (Mexico) and in March 2011 at NIM (China). Technical discussions concerned force standards and focused on the improvement in the stability and reproducibility of force transducers, and torque measurement standards. In recent years, the first comparisons of torque measurements were completed.

The discussion of the frequency of key comparisons in the field of force and torque has found that although key comparisons are needed to support CMC claims they can never cover all ranges. However, many CMC entries are supported by other measurements or by the results of specialist investigation or knowledge, and by supplementary comparisons.

The WGF will determine the frequency of key comparisons based on progress of the equipment and laboratory experiences. Participants agreed that a period of 15 years is a suitable interval for dead-weight machines.

Small force measurement, multi-component force measurement, and comparisons under consideration of parasitical components and dynamic force metrology will be topics for future consideration. In the field of torque it is planned to continue torque key comparisons in the range below 500 N m, particularly torque steps of 20 N m and 50 N m.

The WGF manages the following key comparisons:

- CCM.F-K1.a (load cell, up to 10 kN) and CCM.F-K1.b (up to 5 kN), piloted by MIKES, status ‘Approved for equivalence, results published in KCDB’
- CCM.F-K2.a (load cell up to 100 kN) and CCM.F-K2.b (up to 50 kN), piloted by the NPL, status ‘Approved for equivalence, results published in KCDB’
- CCM.F-K3.a (load cell up to 1 MN) and CCM.F-K3.b (up to 500 kN), piloted by the PTB, status ‘preparation of Draft A Report’
- CCM.F-K4.a (load cell up to 4 MN) and CCM.F-K4.b (up to 2 MN), piloted by the NIST, status ‘preparation of Draft B Report’
- CCM.F-K5 to CCM.F-K22, conducted previously, were all approved for provisional equivalence.

The WGF manages the following key comparisons for torque standards:

- CCM.T-K1 (torque transducer, 1 kN m, piloted by the PTB) status ‘Approved for equivalence, results published in KCDB’
- CCM.T-K2 (torque transducer, 20 kN m, piloted by the PTB) status ‘Draft A Report accepted’.

The WGF manages the following subsequent key comparisons to CCM.T-K1 for torque standards:

- CCM.T-K1.1 (bilateral, pilot: PTB, participant: NPLI India) status ‘Approved for equivalence, results published in KCDB’
- CCM.T-K1.2 (bilateral, pilot: PTB, participant: NIMT Thailand) status ‘Preparation of Draft A Report’.

High Pressure

The Working Group on High Pressure (WGHP) met at the BIPM headquarters, on 21 April 2008. Dr Torres-Guzman was elected to succeed Dr Legras as chair of the WGHP.

In March 2007 at a CCM chairpersons meeting it was decided to merge the Working Groups for medium- and high-pressure into a new High Pressure Working Group.

WGHP managed the following key comparisons:

- CCM.P-K13 (hydraulic gauge pressure, 500 MPa, piloted by the PTB). The Draft B Report is ready. The comparison was carried out between December 2008 and March 2010. The Draft A Report and Draft B Reports were prepared by the pilot laboratory (PTB). The results were presented at the 5th CCM Pressure International Conference in May 2011.
- A comparison in the pressure ranges 1 Pa to 10 kPa, where NIST is ready to act as the pilot laboratory. Nine laboratories (A*STAR, CENAM, CMI, KRISS, LNE, NIST, NMIJ, PTB and VNIIM) have declared an interest to participate, confirmed through their respective RMOs. The comparison is scheduled to start in 2011 or 2012.

EURAMET, APMP, COOMET and SIM carried out several key and supplementary comparisons at a regional level. A review of the reports is required but a good level of participation has been achieved among the members of the WGHP and most are now registered in the KCDB.

Low Pressure

The Working Group on Low and Very Low Pressure (WGLP) met in April 2008 at the BIPM headquarters.

The terms of reference were defined. Since the WG on Medium Pressure (WGMP) was disbanded, an agreement was sought with the WGHP on how to share the tasks of the former WGMP between the two WGs. The organization of comparisons between 1 kPa and 100 kPa will be jointly agreed with the WGHP according to the interests of the groups and the primary and transfer standards involved.

Other issues discussed by the WG included a procedure for the selection of key comparisons' participants and how to specify CMC entries to make them more user-friendly.

A newly emerging field is 'the calibration of standard leaks against atmospheric pressure'. Several members have established new measurement standards in this field since 2007.

The WG manages the following key comparisons:

- CCM.P-K3 (ion gauges, spinning rotor gauges, $3 \cdot 10^{-6}$ Pa to $9 \cdot 10^{-3}$ Pa, pilot NIST) status 'Approved for equivalence, results published in the KCDB'.
- CCM.P-K3.1 (following K3, PTB and NIST only, pilot NIST) status 'protocol complete'.

The following comparisons are expected to be finished soon:

- CCM.P-K12 (helium standard leak rate, $3 \cdot 10^{-11}$ mol/s and 10^{-13} mol/s, pilot PTB) Draft B Report in progress.
- CCM.P-K14 (spinning rotor gauges, $1 \cdot 10^{-6}$ Pa to 1 Pa, piloted by METAS) Draft A Report in progress.

The next key comparison in the range 1 Pa to 10 kPa with pilot NIST was planned.

International Avogadro Coordination and the Avogadro constant

The Avogadro constant is an important input quantity for the international effort to redefine the kilogram in terms of a fundamental constant of nature. The 'explicit constant definition' proposed for the new definition of the kilogram adopts a fixed numerical value of the Planck constant h . The relative uncertainty of h at the time of the redefinition will become zero once the

value of h is defined. The relative uncertainty formerly attached to h will be transferred to the international prototype of the kilogram which currently has an uncertainty of ‘zero’ in accordance with the present kilogram definition. A relative experimental uncertainty of 20×10^{-9} or less in the experimental measurements of h , which are now under way, is desirable in order that the current system of mass metrology not be perturbed when the new definition takes effect.

It is therefore important to note that the international research project to determine the experimental value of the Avogadro constant, N_A , also provides an estimate of h to essentially the same relative uncertainty as N_A . This determination of h is independent of other methods. A recent publication of the Avogadro team (*Phys. Rev. Lett.*, 2011, **106**, 030801) gives the result $N_A = 6.022\,140\,82(18) \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ (relative uncertainty of 30×10^{-9}) and the estimate of h that follows from this result is the most accurate to date. However, the value of h derived from the recent publication differs by 160×10^{-9} from the CODATA 2006 recommended value for h . The latter is based primarily on results from devices known as watt balances. The explanation for the difference is being actively investigated by all parties. It seems that even the watt balances operated by NIST (as reported in 2007) and NPL (as reported in 2010) give somewhat different results.

As to the Avogadro experiment, the experimental result for N_A can be understood as counting the number of atoms in a crystal, nominally 1 kg in mass, made of the isotope ^{28}Si . Once the number of atoms is known, N_A is then found from the mass of the crystal (with respect to the present definition of the kilogram) and a determination of the molar mass of the crystal material. This simple model is of course modified to account for the small imperfections of the real crystals used in the experiment. Remarkable progress in the molar mass determination has been possible by applying isotopic dilution mass spectrometry to this problem. An unexpected metallic contamination of the surface oxide layer has resulted in the present measurement uncertainty reaching 3×10^{-8} , which is a factor 1.5 closer to the target.

International agreements within the Avogadro project completed successfully are: the EURAMET project on 31 January 2011 and the IAC project on 23 March 2011. The EURAMET project will not be extended. Recognizing the success achieved so far, and because of the present situation with the watt balance projects, the activities will be continued by PTB, NMIJ, INRIM and the BIPM to reach the target uncertainty in 2 to 3 years. The CCM WGAC will continue to coordinate further activities.

The IAC and WGAC meet annually, although interim meetings have taken place seven times for technical discussions during the last 4 years. The IAC scope was expanded financially in June 2007 so its period was extended from October 2009 to 23 March 2011.

Hardness

The Working Group on Hardness (WGH) met at the NMIJ, Japan, in November 2007 and September 2009; MPA-Garbsen, Germany, in September 2008; and NIMT, Thailand, in November 2010.

Following the adoption of the new definition for the Rockwell C scale for NMIs, the WG has started the preparation of new definitions for the other Rockwell scales, as well as for the Brinell and Vickers scales.

The status of key comparisons managed by WGH is:

- CCM.H-K2 (hardness test block, Brinell): preparation of Draft B Report. New measurements were needed for problems related to an undefined parameter in the technical protocol.
- CCM.H-K3 (hardness test block, Rockwell C) scheduled. The technical protocol has been prepared and four pilot laboratories have begun preliminary measurements. The comparison is scheduled to start before the end of 2011.

A pilot study on diamond Rockwell indenters was organized and measurements are in progress. It is anticipated that the measurements will be complete by the end of 2011.

Fluid Flow

The Working Group on Fluid Flow (WGFF) generally meets in conjunction with annual flow measurement conferences: Johannesburg, South Africa (2007); the BIPM headquarters (2008); Anchorage, United States of America (2009); and Taipei, Chinese Taipei (2010). The Working Group has 22 member NMIs and the chair is Dr Wright, elected in October 2010.

The first round of seven CCM flow key comparisons concluded in 2008. The comparisons covered: water flow, hydrocarbon liquid flow, air speed, liquid volume, high-pressure gas flow, and low-pressure gas flow. These measurands impact the trade in large quantities of valuable commodities like petroleum, natural gas, and hot water.

Pilots have volunteered for a second round of eight CCM comparisons.

The issues and technical achievements of the WGFF include:

- Time and cost of key comparisons: First round key comparisons took an average of six years to complete, often costing more than \$100 000 each in equipment and as much in labour. Experience, templates, and re-using equipment should reduce costs. Volunteering by pilots greatly supports the activities.
- Uniformity and maintenance of CMCs: Commercial laboratories assessed by accrediting bodies have uneven application of uncertainty analysis and some secondary laboratories are accredited at smaller uncertainties than NMIs. The WGFF is working on agreed upon DUT uncertainties, updating their CMCs, and producing uncertainty checklists for assessors.
- Improvements in transfer standards: key comparisons have led to research into the sensitivity of transfer standards to environmental conditions and their correction. The key comparison pilot laboratories designed transfer standards that have obtained calibration stability of 0.05 % for gas flows and 0.02 % for liquid flows, the best ever achieved. The WGFF is working to expand the range of application of its transfer standards, for example by using the same meter for water and hydrocarbon liquid flow comparisons.

Gravimetry

The Working Group on Gravimetry (WGG) met in June 2010 at VNIIM, Russian Federation, jointly with Study Group 2.1.1 (SGCAG) of International Association of Geodesy (IAG). Dr Vitushkin, previously of the BIPM, was officially approved as chair of the WGG by VNIIM.

The 8th International Comparison of Absolute Gravimeters (ICAG-2009) was held at the BIPM headquarters in September 2009, specifically consisting of key comparison CCM.G-K1 for 11 gravimeters from NMIs and DIs and a pilot study (PS) for 10 gravimeters from other

participants. A new type of absolute gravimeter, a cold atom absolute gravimeter, from SYRTE (France) participated in ICAG-2009. The Draft Reports A and B are under preparation.

The BIPM gravimetry activity has ceased. In 2010, the CIPM called for volunteers to offer facilities for future ICAGs from members of WGG and SGCAG. Three groups offered facilities, namely: Geophysical Laboratory in Walferdange, Luxembourg, with technical support from METAS; Changping Campus of NIM, China; and the Lomonosov site of VNIIM, Russian Federation, for ICAG2013, ICAG2017 and ICAG2021. The WGG agreed to the proposal from Geophysical Laboratory in Walferdange for the CCM key comparison in Gravimetry to be held in 2013.

Currently, about 60 mainly commercial non-calibrated absolute gravimeters operate world-wide, with increased interest expressed for the participation in the comparisons. This is because the only way to determine the accuracy of absolute gravimeters is through participation in the comparisons. Three institutes claim their CMC in gravimetry but, in practice, the calibration service for absolute gravimeters is not yet working sufficiently well.

A main goal of WGG is to prepare recommendations for the organization of comparisons of absolute gravimeters, to be agreed by both metrology and geodetic-geophysical communities. At a closed meeting in February 2010 in BKG, Germany, it was proposed that the recommendations be based on the documents of the CIPM MRA and on the experience gained from eight ICAGs at the BIPM headquarters.

Viscosity

The Working Group on Viscosity (WGV) met in April 2008 at the BIPM headquarters.

Simplification of the CMC list was discussed and the criteria proposed were agreed. The temperature range for claiming CMC status was discussed and concluded to be only the one covered by comparisons. The same arguments were applied to the viscosity range. The periodic re-establishment of the viscosity scale, starting from water, was agreed to be made about every ten years

The WG manages the key comparison:

CCM.V-K2 (Viscosity measurements of standard liquids, 1300 mm²/s at 20 °C, 150 mm²/s at 60 °C and 40 mm²/s at 100 °C, pilot CANNON, United States of America) status ‘Approved for equivalence, results available in the KCDB’.

As the follow-up comparison to CCM.V-K2 (measurements at 100 °C), additional cooperation was proposed in order to investigate various technical issues, such as temperature stability and method of filling of the viscometers. The group recommended the planning of a new key comparison in the temperature range 20 °C to 25 °C, covering all viscosity ranges from less than 1 mm²/s to 105 mm²/s. For absolute viscosity measurement, rotational viscometer and non-Newtonian fluids were proposed to meet emerging needs in industry. Viscosity at higher pressure up to 200 MPa and higher temperature up to 200 °C was discussed.

Prof. Bauer, chair of WGV retired and was succeeded by Dr Wolf (PTB).

Task Group 1: Mass metrology under vacuum for a *mise en pratique*

Terms of references are: evaluation of the available experimental results from the watt balance and Avogadro experiments with particular emphasis on the vacuum mass metrology; identification of requirements in mass metrology for practical realization of a new definition of the kilogram; investigation of the suitability of artefacts used for the determination of the Planck

and the Avogadro constants for the maintenance and dissemination of the unit of mass; organization of international comparisons relating to mass in vacuum and evaluation of the results; and in coordination with TG2, identification and evaluation of the uncertainty inherent in the *mise en pratique* for the kilogram when a new definition is proposed to the CGPM.

Dr Borys, PTB, has been the chairman of Task Group 1 (TG1) since April 2008. TG1 met in April 2008 and March 2010 to discuss:

- status of results and discussions regarding the redefinition of the kilogram and the *mise en pratique*
- comparison measurements on watt balance test masses and silicon spheres of the IAC
- requirements on mass metrology under vacuum
- activities and projects of TG1 members in the field of mass metrology under vacuum and surface studies
- present and future projects by RMOs relevant to the work of the TG1
- TG1 comparison for the air to vacuum transfer and mass determination under vacuum.

Some important technical issues related to TG/WG involve: the first TG1 comparison which will elaborate an appropriate protocol and give all members of TG1 the opportunity to gain experience in mass determination under vacuum conditions; air/vacuum transfer; and determination of sorption coefficients.

The present uncertainty contributions of mass determinations under vacuum for the Avogadro and watt balance experiments amount to less than 10 % of the total uncertainties published for the determination of the Planck and Avogadro constants. Comparison measurements with artefacts used for the watt balance experiments reveal excellent agreement and stability of silicon mass standards, reasonable stability of stainless steel standards and a large drift of AuCu standards. Mass comparisons with silicon spheres used for the Avogadro project showed that standard uncertainties for the sorption correction of the reference masses under vacuum of less than 10 µg could be achieved depending on the properties of the sorption artefacts used. Smallest uncertainties of about 1 µg were achieved for sorption artefacts made of PtIr. Standard uncertainties of between 5.5 µg and 17 µg were obtained for the mass determination of silicon spheres under vacuum conditions with an agreement in the order of magnitude of 10 µg between the participants. The reproducibility of an approved cleaning method for silicon spheres was within a few micrograms.

Task Group 2: Uncertainty components due to traceability to the international prototype of the kilogram

The task group TG2 was established in 2008 with Dr Nielsen, DFM, as chairman. According to the terms of reference, TG2 will report to the WGM and the CCM on the following: the present uncertainty to which the unit of mass can be disseminated from the international to the national prototypes; methods for evaluating the correlation between the measured mass values of the prototypes of the kilogram; recommendations for additional measurements, which would allow an improved uncertainty evaluation (these measurements may involve the use of the international prototype of the kilogram or its official copies); and in cooperation with TG1, identification and evaluation of the uncertainty components inherent in the *mise en pratique* for the kilogram when a new definition is proposed to the CGPM.

An initial meeting was held at the BIPM headquarters in April 2008. It was decided to collect data from all comparisons carried out at the BIPM headquarters between the international prototype of the kilogram, the six official copies (temoins) and eleven BIPM platinum-iridium mass standards of nominal mass 1 kg. An analysis of the comparisons carried out in the period 1885-1992 was presented at a TG2 meeting held on 23 March 2010. A complete analysis covering the period 1885-2009 was presented at the TG2 meeting held on 9 May 2011. The analysis predicts that mass values traceable to the international prototype of the kilogram may be assigned to the BIPM standards with a standard uncertainty of 0.005 mg. It was recommended that this prediction is tested by comparisons involving the international prototype of the kilogram.

Calibration and Measurement Capability

The terms of reference of the Working Group on Calibration and Measurement Capabilities (WGCMC) follow the recommendations of the CIPM ([CIPM MRA-D-04](#)) although it was decided at the inception of the Working Group that it will not conduct inter-regional reviews of CMCs, because of the wide range of quantities covered by the CCM. WGCMC membership includes RMO, TCM and TCFE chairpersons (or equivalent) and all chairpersons of CCM Working Groups that are involved in CIPM MRA activities.

In practice, CMC submissions for mass and related quantities are efficiently reviewed by RMO technical committees for mass and related quantities and for flow. Any specific CMC-related issues that arise are referred to the WGCMC and resolved by the WGCMC and/or the JCRB Executive Secretary. Since 2007, the WGCMC has dealt with 10 specific questions and concerns related to CMCs for mass, density and force.

A guidance document on comparisons to support CMCs has been drafted but in practice issues concerning the lack of availability of timely key comparison results mean that wider criteria to support CMCs as given in CIPM MRA-D-04 are normally applied.

The list of services for mass and related quantities has been reviewed to make it more user-friendly. The outcome of the review was: to restrict the list of services to those services normally offered by NMIs, to keep the current structure of the list, to add specific instruments or artefacts where it helps to estimate the best uncertainty of the device under test, and, for NMIs in developing economies, to allow some CMCs for services outside those normally offered by NMIs which are provided by commercial calibration laboratories.

Chairpersons meeting

The chairpersons met in April 2008 at the BIPM headquarters and endorsed the status of the key comparisons reported and discussed key comparison periodicity, terms of reference and new technical areas for each WG. It was proposed to improve the reviewing process for CCM and RMO key comparisons to have two people reviewing each key comparison report, the WG chairperson and another person from a different WG, to be selected by the Executive Secretary in consultation with the WG chairpersons. Strategic planning presentations were given by the WG chairpersons and it was noted that EURAMET roadmaps would be a useful basis for strategic planning in the technical areas. The CIPM initiative in material metrology was presented and discussed.

Working Group on the changes to the SI kilogram

The terms of reference of the Working Group on SI kilogram, chaired by Dr Richard, METAS, are to:

- advise the CCM about issues concerning the redefinition of the kilogram
- consider the impact on mass metrology of a new definition of the kilogram (and its *mise en pratique*)
- monitor the results of relevant experiments by following progress of the different projects (individual, regional, and international) to determine how a *mise en pratique* at the level of 1 kg can best be achieved
- solicit and collate comments from the wider scientific community on the wording of the future definition and on the *mise en pratique*
- coordinate and assist the regional work of the WGM Task Groups.

The Working Group on SI kg met in April 2008 and March 2010 to:

- monitor the results of watt balance and XRCD experiments
- discuss the wording of the new definition proposed by the CCU
- contribute to the elaboration of CCM Recommendations G1 (2010) and G2 (2010)
- draft the first preliminary version of the *mise en pratique* of the new definition of the kilogram.

The President of the CGPM thanked Dr Tanaka for his presentation.

23.3 Consultative Committee for Electricity and Magnetism

Dr Inglis, President of the Consultative Committee for Electricity and Magnetism (*Comité consultatif d'électricité et magnétisme*, CCEM), presented his report and mentioned that the CCEM has met on two occasions since the 23rd meeting of the CGPM (2007): on 12-13 March 2009 and on 17-18 March 2011. Much of the work of the CCEM is conducted in Working Groups that report to the CCEM. Working Group meetings were held in March 2009, June 2010 and March 2011. The work of the Working Groups is regularly reviewed by the CCEM to ensure its relevance for the CCEM and CIPM. Since the 23rd meeting of the CGPM (2007), two WGs were closed: the Working Group on ac Quantum Hall Resistance (WGacQHR) and the Working Group on Strategic Planning (WGSP). Both WGs made valuable contributions and achieved their objectives. It was therefore decided by the CCEM to terminate their ongoing role. However, it was acknowledged that *ad hoc* committees could be formed if required to address specific issues relevant to the work of these WGs. For WGacQHR, a compendium for state-of-the-art ac measurements of the quantized Hall resistance has been published in *Metrologia*.

Five CCEM Working Groups are currently active: the WG on Low-Frequency Quantities (WGLF), the WG on Radiofrequency Quantities (GT-RF), the WG on Electrical Methods to Monitor the Stability of the Kilogram (WGkg), the WG for Regional Metrology Organization coordination (WGRMO) and the WG on Proposed Modifications to the SI (WGSI).

Redefinition of Units

The primary task of the WGS1 is to examine and advise the CCEM on the proposed redefinition of units, in particular, the electrical units. Recommendations of the WG were discussed by the CCEM and the resulting position of the CCEM was incorporated into the final Draft Resolution A proposed by the CCU. A draft *mise en pratique* for the ampere and other electric units in the SI has also been approved, in principle.

Strategic Planning

Strategic planning is an important role for the CCs and some years ago the CCEM took the initiative to establish a WG on strategic planning (WGSP). The brief for the WG was to identify long-term challenges for metrology involving electricity and magnetism, mindful of the fact that many of the challenges were likely to be multi-disciplinary and may well involve other CCs. The work culminated in the production of a report entitled ‘[Big Problems in Electromagnetics](#)’. This document will assist strategic planning at the BIPM and NMIs. The CCEM predicts an increasing need to adopt a multidisciplinary approach to work programmes, both within the BIPM and in NMIs, with an increased emphasis on collaboration.

The WGSP, through its ‘Big Problems in Electromagnetics’ document, identified a range of ‘big problems’ in electromagnetism for consideration by the CCEM. The CCEM selected two of these, ‘single electronics’ and ‘single photonics’, and established two initial Task Groups to investigate opportunities for collaboration with other CCs, and to seek wider input in these areas.

In response to a request from the CIPM to consider whether a more active role is needed in metrology for materials, the CCEM established a Task Group to determine if a Working Group to study the electromagnetic properties of materials is required. The Task Group’s initial report indicates that the electrical metrological needs for materials can be addressed through existing WGs. However, NMIs which have expressed interest in this area have been asked to undertake further discussion and the GT-RF has been requested to consider possible new comparisons in the field of measurements of high frequency material properties.

CIPM MRA

As reported at the 23rd meeting of the CGPM, the CCEM considers that the activities and procedures in Electricity and Magnetism related to the CIPM MRA are well established and increased focus should be placed on science, collaboration, strategic planning and the BIPM programme of work. However, it is recognized that CIPM MRA activities are core to the role of all CCs and they will continue to be closely monitored by the CCEM. In discussion with the KCDB Coordinator, the CCEM assessed how to increase the efficiency of entering and maintaining data in the database. This led to changes in the format required for entries in Electricity and Magnetism.

Work of the BIPM Electricity Department

An important activity of the CCEM is to oversee and advise on the activities of the Electricity Department of the BIPM. The main activities of the Department over the past four years relate to: the development of the watt balance experiment (in collaboration with the Mass Department of the BIPM); development of a calculable capacitor (in collaboration with NMIA, Australia); on-site comparisons and the development of new and improved travelling standards for Quantized Hall Resistance and Josephson voltage comparisons; and the ongoing provision of a limited number of calibrations for States Parties to the Metre Convention.

Watt balance

Excellent progress has been made on the construction of the BIPM watt balance. Preliminary trials are promising and plans are well advanced to install the watt balance in a new more stable location and to convert it to vacuum operation. The BIPM Electricity Department will continue its work on this project with the development and maintenance of a dedicated Josephson voltage standard for use with the watt balance and the provision of ongoing advice on electrical measurement issues.

Calculable capacitor

The BIPM calculable capacitor is close to becoming operational and indications are that it is on track to achieve an accuracy of one part in 10^8 . Accuracy of this level will provide the BIPM with an accurate reference for capacitance and enable it to undertake a new, very accurate, determination of the von Klitzing constant R_K , which will underpin the future *mise en pratique* of the electrical units.

Travelling quantum standards

The BIPM provides on-site comparisons using the BIPM's quantum travelling standards. This unique service provided by the BIPM gives NMIs the opportunity to test their own realizations of the electrical units of voltage and resistance to the highest levels of accuracy. A great deal of interest from NMIs has been expressed to participate in these comparisons; 35 NMIs have participated or expressed an interest to participate in such comparisons during the period. The service is appreciated by NMIs, as demonstrated in a recent letter of appreciation from one of the NMIs, stating:

“BIPM should be commended for its key role in supporting the National Metrology Institutes world-wide to maintain the consistency and uniformity of measurements and their traceability to the International System of Units (SI) through the ongoing comparisons. [The comparison] has validated our dc voltage Calibration and Measurement Capabilities and our role as a linking laboratory for the region. It has also assisted us immensely in strengthening our competency and confidence in our reproducing of the unit of volt.”

This is a fine tribute to the professionalism and outstanding work of the staff in the Electricity Department.

The BIPM capability to provide on-site comparisons has enabled collaboration with a NMI to test the performance of a new Quantized Hall resistance device that utilizes two-dimensional graphene, a nano-based material. This collaboration demonstrated agreement between the new device and a conventional GaAs device in the order of 1 part in 10^{10} . This is both an important universality test and scientific result on the quantized Hall effect.

The BIPM Electricity Department continues to develop and improve its quantum travelling standards to support NMIs through on-site comparisons and by organizing comparisons of resistance, capacitance and voltage standards through the exchange of transfer standards. Since the 23rd meeting of the CGPM, 25 such comparisons have been carried out.

Calibration services

The BIPM Electricity Department provides a limited calibration service to NMIs that do not possess quantum-based standards, for dc voltage, dc resistance and capacitance. The availability of this service is arranged to minimize the impact on BIPM resources.

Certificates of appreciation

In 2011 the CCEM recognized the outstanding and long-term service of two of its former members by awarding BIPM Certificates of Appreciation. The CCEM is pleased to congratulate Mr Énard from LNE and Dr Bachmair from PTB.

The President of the CGPM thanked Dr Inglis for his presentation and asked if a key comparison is planned for the calculable capacitor. Dr Inglis commented that a key comparison is planned and there has been interest from NMIs in Canada and China.

23.4 Consultative Committee for Thermometry

Prof. Uğur, President of the Consultative Committee for Thermometry (*Comité consultatif de Thermométrie*, CCT) presented his report on the activities of the CCT since the 23rd meeting of the CGPM in 2007.

Present activities of the CCT concern matters related to the establishment and realization of the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90) and thermodynamic temperature, extension and improvement of the ITS-90, secondary reference points, and international reference tables for thermocouples and resistance thermometers. The CCT is also charged with establishing international equivalence between national humidity standards and the improvement of transfer standards for humidity measurements.

The CCT has met twice since the previous meeting of the CGPM (2007). The 24th meeting of the CCT took place on 22-23 May 2008 and the 25th meeting on 6-7 May 2010, both at the BIPM headquarters. Reports of these meetings are published on the BIPM website.

A considerable amount of work is done by Working Groups between official CCT meetings. Almost all Working Groups met during TEMPMEKO-ISHM 2010, held in Slovenia. A significant amount of work is also undertaken between meetings by the CCT via electronic correspondence and voting. Major ongoing issues, problems and decisions that cannot be resolved by electronic correspondence are discussed in official CCT meetings. The next CCT meeting is planned for May 2012. Prof. Uğur would like to thank CCT for the considerable amount of work carried out in the last four years.

Membership of CCT

President: Prof. Uğur, CIPM.

Executive Secretary: Mr Picard, BIPM Mass Department.

Currently CCT has 21 member laboratories and 2 observers.

Full Members: A*STAR (Singapore), CEM (Spain), CENAM (Mexico), INRIM (Italy), IPQ (Portugal), KRISS (Republic of Korea), LNE-INM/CNAM (France), MSL (New Zealand), NIM (China), NIST (United States of America), NMIA (Australia), NMIJ/AIST (Japan), NMISA (South Africa), NPL (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland), NRC-INMS (Canada), PTB (Germany), SMU (Slovakia), UME (Turkey), VNIIFTRI (Russian Federation), VNIIM (Russian Federation) and VSL (Netherlands).

Official observers: MIKES (Finland) and INMETRO (Brazil).

Working Groups

Currently the CCT has nine Working Groups.

WG1: Defining fixed points and interpolating equations of the ITS-90 and the dissemination of the Kelvin.

The terms of reference of CCT-WG1 are to improve and document the techniques for using, defining fixed points and interpolating instruments of the ITS-90 and to supervise the dissemination of the SI unit of thermodynamic temperature through the *mise en pratique* for the definition of the kelvin. WG1 is tasked to continue with the updates to the Supplementary Information for the ITS-90, and collaborating with WG3 and WG5 to incorporate material on uncertainties. WG1 also coordinates a task group (CCT Task Group for the *mise en pratique* for the definition of the kelvin (TG-*MeP-K*, which includes a representative from WG2, WG3, WG4 and WG5, and the BIPM) to:

- monitor developments supporting a future International Temperature Scale
- prepare and maintain the *mise en pratique* for the definition of the kelvin
- monitor research conducted to support the *mise en pratique* and future temperature scales
- coordinate the publication of CCT material on the dissemination of the kelvin by the BIPM.

Membership: PTB (Chair), CENAM, INRIM, KRIS, LNE, NIM, NIST, NMIJ, NPL, SMU, UME, VNIIM, VSL.

WG1 met at the TEMPMEKO 2007 Symposium, held in May 2007 in Canada; at the BIPM headquarters, 20 May 2008; and at the New Kelvin Dissemination Workshop, 28 October 2010, NPL.

Its main field of work was to update Supplementary Information for ITS-90 in collaboration with WG3 (document on uncertainties of standard platinum resistance thermometers, CCT/08-19) and WG5 (documents on uncertainties of radiation thermometry). A template for all chapters has been prepared and the chapter on interpolating constant-volume gas thermometry is ready for circulation within the CCT for adoption. For the other chapters, outlines, responsibilities and revision timetables have been agreed.

In 2005, CCT/05-08 ‘Methodologies for the estimation of uncertainties and the correction for fixed-point temperatures attributable to the influence of chemical impurities’ was approved by CCT-WG1. During the last six years, CCT-WG1 has monitored the application of this document. A number of papers in the literature have examined the application of the Sum of Individual Estimates (SIE) method. An existing appendix gives an example of an elemental analysis required by the SIE method. In 2008 CCT-WG1 prepared a second appendix, document CCT/08-16, on the common impurities found in each of the metals used for ITS-90 fixed points: mercury, gallium, indium, tin, zinc, aluminium, silver, gold, and copper. The list is preliminary until a larger body of independent assays can be collected. In addition, for each fixed-point considered, considerable literature investigation of binary phase diagrams is necessary.

In anticipation of the revision of the SI, the CCU is reviewing the *mise en pratique* documents. In March 2009, the CCU requested a draft of the proposed *mise en pratique* for the definition of the kelvin (*MeP-K*). The TG-*MeP-K* drafted an outline of the proposed *MeP-K* (CCT/10-26). During the preparation of the *MeP-K* outline, several issues arose regarding the organization, roles, and implementation of *MeP-K*. These issues resulted in the paper ‘The Roles of the *mise en pratique* for the Definition of the Kelvin’, which was submitted to the

TEMPMEKO-ISHM 2010 conference and published in the *International Journal of Thermophysics* (*Int. J. Thermophys.*, 2010, **31**, 1795-1808).

Considering the results of the different subsequent discussions including those in the 25th meeting of the CCT, and the status and acceptance of necessary documents as well as the postponement of the new definition of the kelvin, a second version of the *MeP-K* is being prepared, with only five changes when compared to the first version adopted by the CCT in 2006. The agreed and/or requested changes during the 25th meeting of the CCT were:

- rearrangement with five sections including scope and introduction according to document CCT/10-26
- inclusion of nomenclature for defining important terms as an appendix or in the introduction
- link to the Supplementary Information for PLTS 2000
- inclusion of absolute radiometric methods (the chairman of CCT-WG5 is responsible for this appendix)
- inclusion of recommended differences between thermodynamic temperature and temperature on ITS-90 along with the associated uncertainties (the chairman of CCT-WG4 is responsible for this appendix).

The inclusion of a nomenclature (or taxonomy) is important because with the *MeP-K* endorsement of multiple realization methods, there is a risk that reported values of temperature may be ambiguous. Thus, the *MeP-K* must provide clear recommendations on proper notation of temperature values and realization methods.

TG-*MeP-K* also discussed weaknesses in ITS-90, including mechanisms to deal with some of them without the need for a new International Temperature Scale ITS-XX. It concluded that no new ITS-XX is required in the near future.

WG2: Secondary reference points and techniques of approximation to ITS-90

The terms of reference of CCT-WG2 are to gather and review techniques and provide authoritative guidance for dissemination of temperature through contact methods. WG2 is tasked to continue with the updates to the ‘Techniques for Approximating the ITS-90’, including advice on secondary fixed-point construction and operation.

Membership: NMISA (Chair), CEM, CENAM, INRIM, KRISS, LNE, MSL, NIM, NIST, NMIJ, PTB, UME.

Most WG2 business is conducted by email. WG2 has met twice since 2007, in conjunction with the 2008 and 2010 CCT meetings. Activities have focused on the revision of ‘Techniques for Approximating the ITS-90’, now titled ‘CCT Guidelines on Secondary Contact Thermometry’. The new document has a broader scope than the former, including uncertainty guidelines for contact thermometry sensors. A guide to ‘Thermistor Thermometry’ has been submitted for review by the CCT. Drafts on ‘Specialized Fixed Points above 0 °C and Thermocouple Thermometry’ are in circulation. Drafts on ‘Industrial Platinum Resistance Thermometry and Heat Pipe Thermometry’ are in preparation. No significant progress has been made towards an update of the list of secondary reference points (*Metrologia*, 1996, **33**, 133–154).

WG3: Uncertainties

The terms of reference of CCT-WG3 are to review and recommend methods for evaluating, combining and reporting uncertainties in temperature, humidity, and thermophysical properties

measurements and to ensure consistency of CCT advice in matters related to uncertainty. WG3 is tasked with continuing the production of a document on uncertainty budgets for contact thermometry, and to oversee the production of similar documents by other Working Groups.

Membership: MSL (Chair), CEM, CENAM, INRIM, IPQ, LNE, NIM, NMIA, NMIJ, NIST, PTB, SMU, UME, VNIIM, VSL.

The activities of WG3 have been dominated by one major task, to prepare the guide on the ‘Uncertainties in the realization of the SPRT sub-ranges of the ITS-90’ (CCT/10-19). The guide summarizes the uncertainties in the realization of the standard platinum resistance thermometer (SPRT) sub-ranges of ITS-90, giving all known sources of uncertainty and influence variables, key references in the literature that discuss, model or evaluate each effect, an indication of the typical magnitudes of the uncertainties, and propagation laws so that total uncertainty may be determined. In addition to providing users of ITS-90 with guidance for assessing the uncertainty, the guide also promotes harmonization of the assessment of calibration and measurement capabilities. The document has been completed and is publicly available in the CCT working documents.

To accompany the guide, WG3 published two papers at TEMPMEKO conferences. The first summarized important findings of the guide (2007) and the second highlighted topics for further research (2010). During the preparation of the guide, WG3 established a number of guiding principles for uncertainty analysis in thermometry to improve understanding of the sources of uncertainty and to harmonize the reporting of uncertainty. These are presented in the introduction to the guide.

WG3 activities are coordinated by email or via the forum on the BIPM website. WG3 meetings were held in association with TEMPMEKO conferences (2007) and CCT meetings (2008).

WG4: Thermodynamic temperature determination and extension of the ITS-90 to lower temperatures

The terms of reference of CCT-WG4 are to review and make recommendations concerning thermodynamic temperature determination and the definition of the kelvin. WG4 is tasked with continuing to review measurements of $T - T_{90}$ and to monitor progress on the redefinition of the kelvin in terms of the Boltzmann constant.

The President of the CCT invited WG4 to establish a Task Group for the redefinition of the kelvin (TG-SI). The activities of this task group are given in the section ‘Redefinition of the kelvin’ in the present report.

Membership: PTB (Chair), INRIM, KRIS, LNE, MSL, NIM, NIST, NMIJ, NPL, NRC-INMS, CCT President, CCT Executive Secretary.

WG4/TG-SI met 21 May 2008 at the BIPM headquarters, 23 September 2009 at INRIM, Italy, and 5 May 2010, at the BIPM headquarters. All meetings were combined CCT WG4 and Task Group on the SI (TG-SI) meetings.

The main field of work was the update and critical review of the data collection on measurements of $T - T_{90}$, designated a priority due to the proposed inclusion of the corresponding data in the *mise en pratique* for the definition of the kelvin. Results are summarized in the report by WG4 to CCT, CCT/08-13/rev, dated 25 June 2008, and approved by the CCT on 6 February 2009 by email voting. The updated results of the WG4 report CCT/08-13/rev are published in the proceedings of TEMPMEKO-ISHM 2010, a special issue of *International Journal of Thermophysics*, 2011, **32**(1-2), 12-25. The paper is the first complete

account of the differences $T - T_{90}$ and the corresponding uncertainties since the adoption of the ITS-90 more than 20 years ago. WG4 is presently providing the data to CCT WG1 for inclusion in the *mise en pratique* for the definition of the kelvin. Two smooth interpolation functions are included for the convenience of the user. Considering the various weaknesses as discussed in CCT/08-13/rev, it is premature to base a new temperature scale on these estimates. The recommended functions do however allow values of T_{90} to be corrected to T .

WG4 input to the *mise en pratique* will be updated when the discrepancies in the differences $T - T_{90}$ below 77 K are resolved.

WG5: Radiation Thermometry

The terms of reference of CCT-WG5 are to study and advise the CCT on issues related to thermal radiation methods for temperature measurement and to develop and maintain an effective liaison with the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR).

WG5 is tasked with:

- evaluation of thermodynamic measurement results at higher temperatures
- examination and coordination of activities related to high-temperature fixed points
- providing appropriate input into the *mise en pratique* for the new definition of the kelvin
- providing updates for the Supplementary Information for the ITS-90, as required
- providing definitive guidance on secondary non-contact thermometry methods, as required
- supporting global efforts in thermal imaging standardization
- generating appropriate uncertainty budgets for radiation thermometry.

Membership: NPL (Chair), CEM, CENAM, INMETRO, INRIM, KRISS, LNE, MSL, NIM, NIST, NMC/A*STAR, NMIA, NMIJ, PTB, SMU, UME, VNIIM, VSL.

Two formal meetings of CCT-WG5 were held during the reporting period in conjunction with the 2008 and 2010 CCT meetings. The *MeP-K* HT drafting group met on 11 September 2009, at PTB, Germany, to complete the final draft of *MeP-K* HT for submission to the CCT in 2010.

In 2007, an ambitious research plan covering a number of years was elaborated by a sub-group of WG5 to move HTFPs from research status to mainstream temperature metrology tools. Although the timescales have slipped, the research plan has been very successful in guiding world activities in this important area of temperature measurement. Protocols have been elaborated for three technical work packages; WP1 ‘long-term stability tests’, WP2 ‘the construction and assessment of HTFP cells’ and WP4 ‘evaluation of absolute radiation thermometry capability’. Details of progress in WP1 and WP4 were presented at Tempbeijing 08 and TEMPMEKO-ISHM 2010. The protocol for WP5 ‘Radiometric temperature assignment to Co-C, Pt-C and Re-C’ is already in draft form and will be completed in 2011 and technical work will begin in 2012.

HTFPs of Co-C, Pt-C and Re-C have had initial long-term stability assessed [WP1]. Innovative work by LNE-CNAM and NMIJ aims to solve ongoing robustness problems with Co-C. PTB made baseline T assessments of these HTFPs, which were then circulated to and measured by NPL, NIST and NMIA. A second round of measurements is under way at CNAM, NRC and VNIIOFI. These measurements will provide a baseline assessment of the status of world radiometry, with recommendations for improvements to primary radiometric thermometry [WP4]. A set of high quality cells of Co-C, Pt-C and Re-C will be made in 2011 [WP2] for final

T assignment by enhanced primary radiometry in 2012-2014 [WP5]. In parallel WP3 is examining operational characteristics of HTFPs to develop a rigorous uncertainty budget for the T assignment, led by NIM, NMIJ and NPL.

CCT recommendation T 3 (2005) to the CIPM recommended:

- The creation of a *mise en pratique* of the definition of the kelvin containing in due course, recommendations concerning the direct determination of thermodynamic temperature, the text of the ITS-90, the text of the PLTS-2000, a Technical Annex of material essential for the unambiguous realization of both the ITS-90 and the PLTS-2000, and a section discussing difference $T - T_{90}$, and $T - T_{2000}$ together with their uncertainties.

A task group was established to draft a suitable text for the *MeP-K* at high temperature. The prepared documents are listed on the CCT website ([CCT/10-12r](#), [CCT/10-13](#) and [CCT/10-14](#)). It is anticipated that CCT/10-13 and CCT/10-14 will be abstracted and incorporated into the main body of the *MeP-K*, whereas CCT/10-12r will serve as a background document to support the radiometric temperature measurement parts of the *MeP-K*. The importance of this work was recognized by the international temperature community in an invited keynote address on the *MeP-K* HT work of WG5 at TEMPMEKO-ISHM 2010 and through a dedicated session on technical aspects of radiometric temperature measurement at TEMPMEKO-ISHM 2010.

In 2007, an ISO standard covering the use of thermal imaging for control of transmission of infectious diseases was brought to the attention of WG5. Concerns were expressed concerning the temperature metrology in the standard. WG5 wrote to the world standardization bodies expressing the concerns of WG5 and, as a result, the standard was revised significantly in January 2008 with input from the WG5 and as a result it now contains much more realistic temperature metrology, but concerns remain surrounding its technical feasibility.

In the May 2010 WG5 meeting it was agreed to perform a survey of calibration capability and requirements for thermal imaging among the NMIs in the regions. Dr Ballico (NMIA) produced a questionnaire which is currently being circulated among some of the metrology regions. NPL and NMIJ are coordinating the responses for EURAMET and APMP respectively. A summary of their findings will be presented at the 2012 WG5 meeting. This work is a first step towards understanding the future requirements of thermal imaging calibration capabilities of NMIs.

WG5 members contribute to the following ISO/IEC Committees:

- Specification standards for thermal imagers (chaired by Dr Machin, NPL, chairman of CCT-WG5). The standard will identify and describe parameters for FPA thermal imagers. A standard will be agreed by end 2012.
- Specification standards for radiation thermometers (chaired by Dr Hollandt, PTB, CCT-WG5 member). A standard was published in 2008 defining specification parameters. A second document on the determination of those parameters is currently in preparation.

WG6: Humidity measurements

The terms of reference of CCT-WG6 are to advise the CCT on matters relating to humidity, to pursue harmonization relevant to the field of humidity measurement, and to develop and maintain an effective liaison with the international humidity and moisture community. WG6 is tasked with:

- production of a document on uncertainty in humidity

- operation of CCT-K6
- strategic planning of ongoing and future key and supplementary comparisons in the field
- clarification of quantities, units, symbols and realizations relating to humidity measurement
- coordination with CCQM in areas of trace moisture in gases, and moisture in materials, as required
- convening the International Symposium on Humidity and Moisture (ISHM).

Membership: NPL (Chair), CENAM, INRIM, INTA, KRIS, LNE-CETIAT, MIKES, MSL, NIM, NIST, NMC/A*STAR, NMIJ, PTB, UME, VNIIM, VSL.

WG6 conducts business substantially by email. It has met three times since 2007, in conjunction with meetings of the CCT and at TEMPMEKO-ISHM 2010. WG6 ensures alignment of CCT comparisons, where relevant, with RMO key comparisons in the humidity field. Since 2007, EURAMET.T-K6 has been completed and published, and SIM.T-K6 completed. In progress are CCT-K6.1, EURAMET.T-K8 and APMP.T-K8.

WG6 is responsible for convening the ISHM, held in 2010 as part of the joint event TEMPMEKO and ISHM (in cooperation with IMEKO TC 12) hosted in Slovenia. WG6 participated in the Steering Committee, as co-chair and members of the International Programme Committee, and editorship of journal special issues.

Documents under development by WG6 cover harmonization of humidity terms and definitions, and expression of uncertainty in humidity [standards]. These have been incrementally progressed as working drafts by WG6 during this period.

WG6 has liaised with CCQM and the International Association of Properties of Water and Steam (IAPWS) on trace moisture in gases, and moisture in materials.

WG7: Key comparisons

The terms of reference of CCT-WG7 are to oversee all aspects of key comparison documentation, from protocol to Draft B Report and KCDB entry, including the provision of advice to pilots on the calculation of degrees of equivalence, key comparison reference values and linkage between RMO and CIPM key comparisons.

WG7 is tasked with:

- examining all relevant documents for each key comparison from the protocol to the Draft B Report;
- advising the pilot laboratory on how to prepare a text entry for Appendix B of the CIPM MRA as required and to prepare a recommendation on the subjects for approval by the CCT;
- advising the pilot laboratory on how to prepare a comparison status document.

Membership: NMIA (Chair), NPL (pilot CCT-K1), NRC (pilot CCT-K2), NIST (pilot CCT-K3), PTB (pilot CCT-K4), VSL (pilot CCT-K5), NPL (pilot CCT-K6), BIPM (pilot CCT-K7), INRIM, Chair of CCT-WG3 and KCDB coordinator (non-voting).

During the last two years, WG7 has considered 15 comparisons. A pertinent issue in all reports is linkage to the corresponding key comparisons, which may be separated in time by ten years. A pilot laboratory must detail how it has maintained the equivalence of their present standards to the previous standards, so that sensible linkage can be made. This is incumbent upon

coordinators of bilateral or RMO comparisons to ensure that the pilot chosen can provide the necessary information to demonstrate that linkage can be maintained. Participants in key comparisons are responsible for the storage of necessary documentation and hardware in their laboratories to provide linkage for all future comparisons.

Pilot comparisons or pilot studies (PSs) are also an issue. The CCT does not have a procedure in place for pilot comparisons. The CCQM registers each PS, gives it a number, and allocates a portion of the website to record the protocols and reports. The reports are registered and may be published in *Metrologia*. CCQM PSs are not recorded in the KCDB; instead they are maintained by the appropriate Working Group within CCQM. CCT WG9 has four comparisons in progress that it refers to as pilot studies. They have not been registered with WG7 and there is no process to record the protocols and no real process to handle comparisons that are not key comparisons or supplementary comparisons. WG7 requests status for these comparisons so that the information learned can be used as the basis for a future key comparison. WG5 has a similar comparison in progress. WG6 has a comparison it is terming a PS, although the CCT does not currently define a pilot study. It has been suggested that the CCT adopt a process similar to the CCQM to formalize the status of pilot studies, with a regular naming system, a mechanism to archive the results, and procedures to publish the results to raise the status of these comparisons and make them more useful and formal than they are at present. It was decided to survey procedures for future comparisons and pilot studies.

WG8: Calibration and Measurement Capabilities

The terms of reference are substantially those recommended by the JCRB in the document JCRB-10/6(3). The terms of reference of CCT-WG8 are:

- to establish and maintain lists of service categories and, where necessary, rules for the preparation of CMC entries
- to agree on detailed technical review criteria
- to coordinate and, where possible, conduct inter-regional reviews of CMCs submitted by RMOs for posting in Appendix C of the CIPM MRA
- to provide guidance on the range of CMCs supported by particular key comparisons
- to examine the sufficiency of existing comparisons for supporting CMC submissions and to recommend new comparisons where deemed necessary
- to coordinate the review of existing CMCs in the context of new results of key and supplementary comparisons.

WG8 is tasked to continue with the creation of CMC review protocols, to review fast-track CMC submissions for inclusion in Appendix C, and to identify new comparisons to support CMC submissions.

Membership: SIM (Chair), APMP, COOMET, EURAMET, SADC MET.

WG8 has held annual meetings since 2007 in conjunction with the CCT meetings (2008 and 2010) and at a NMI (2007 and 2009). Between meetings members communicate via the BIPM discussion forum and by email. WG8 documents are available on the BIPM [CCT-WG8](#) open access webpage. A paper on the activities of WG8 was published following the TEMPMEKO 2007 conference ([CCT-WG8/CMC-08](#)).

The three primary goals of WG8:

- to create service categories for temperature and humidity CMCs
- to create technical review protocols for CMCs (available on the BIPM website)
- to review CMCs for approval in Appendix C of the KCDB.

WG9: Thermophysical Properties

The terms of reference of CCT-WG9 are to advise the CCT on matters related to thermophysical properties; to assess the need for key comparisons in this field; to develop and maintain an effective liaison with the international materials science community, including the Versailles Project on Advanced Materials and Standards (VAMAS). WG9 is tasked to produce a document on uncertainty, and to identify and undertake suitable pilot studies to establish the state of measurement and maturity in the field.

Membership: NMIJ (Chair), CENAM, INRIM, KRIS, LNE, NIM, NIST, NPL, PTB, VNIIM.

WG9 has held five meetings since 2007. Two meetings were associated with 2008 and 2010 CCT meetings. The other three meetings were held during international conferences of thermophysical properties in Japan (2007), France (2008) and United States of America (2009). Between meetings members communicate via email.

Three pilot studies were conducted:

- thermal conductivity of insulating materials by the guarded hot plate method
- thermal diffusivity of dense materials by the laser flash method
- normal spectral emissivity of solids by spectroscopic methods.

Measurements are complete and data is under analysis for inclusion in a report.

Members of WG9 published a review paper ‘Measurements and data of thermophysical properties traceable to a metrological standard’ in *Metrologia* (*Metrologia*, 2010, **47**(2), [S143-S155](#)) and two papers on the progress of the pilot studies about thermal conductivity and thermal diffusivity in the Proceeding of the 30th International Thermal Conductivity Conference (2010).

APMP and EURAMET have established Working Groups for thermophysical properties, in collaboration with WG9. WG9 collaborates with VAMAS and ISO in the field of materials metrology.

New thermophysical properties were added to the CMC Classification of services in Thermometry at the CCT meeting in 2010.

WG9 is preparing a CMC review protocol for representative properties (e.g. thermal diffusivity) and is planning a key or supplementary comparison of the property.

WG9 has discussed priorities for metrological standards in environmental monitoring, health, safety, international trade, certification, science, and technology for the next term.

Key comparisons

Completed, results published in the KCDB:

- CCT-K1: Realizations of the ITS-90 from 0.65 K to 24.6 K (1997-2001).
- CCT-K2: Realizations of the ITS-90 from 13.8 K to 273.16 K (1997-1999).

- CCT-K3: Realizations of the ITS-90 from 83.8058 K to 933.473 K (1997-2001).
- CCT-K4: Comparisons of local realizations of Aluminium and Silver fixed points (1998-2000).
- CCT-K5: Realizations of the ITS-90 between 962 °C and 1700 °C using vacuum strip lamps as transfer standards (1997-1999).
- CCT-K7: Comparisons of water triple point cells (2002-2004).

In Progress:

- CCT-K6: Comparison of humidity standards: dew and frost point temperatures –50 °C to 20 °C. Pilot NPL. Measurements are complete and results are being analysed.
- CCT-K8: Comparison of realizations of local scales of dew-point temperature of humid gas: 30 °C to 90 °C. The comparison was agreed at CCT 2008 and registered in the KCDB with pilot CEM-INTA. Participants agreed, and the protocol and travelling standards were in preparation for pilot initial measurements in spring 2011. Participants' measurements were scheduled to begin in summer 2011.

Other Events

CCT Working Groups organized the following international meetings:

- 3rd International Workshop on Progress in Determining the Boltzmann Constant, 7 April 2008, LNE-INM, France.
- 4th International Workshop on Progress in Determining the Boltzmann Constant, 22-23 September 2009, INRIM, Italy.
- New Kelvin Dissemination Workshop, 27-28 October 2010, NPL, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.
- Dedicated sessions at the conference TEMPMEKO-ISHM 2010, 31 May to 3 June 2010, Portorož, Slovenia:
 - temperature Scales
 - determination of the Boltzmann Constant
 - thermodynamic Temperature Determination
 - the second meeting of the Blackbody Users Group (BBUG)
 - workshop on planning the next steps of the HTFP research.
- International Workshop on High Temperature Fixed Points Solutions for Research and Industry, 17 October 2008, KRISS, Republic of Korea.

Outputs (2008-2011)

CCT member laboratories have led research in temperature and related areas of metrology. In addition to organizing the meetings listed above, CCT Working Groups made three recommendations to the CIPM and produced or updated twelve high quality guidance documents or technical reports, and thirteen scientific outputs were published.

Recommendations

The CCT adopted three recommendations at its 2010 meeting for submission to the CIPM. The CIPM accepted all three recommendations as CCT recommendations at its 2010 meeting:

- T1 (2010) on the Mission of the CCT.
- T2 (2010) on Considerations for a new definition of the kelvin.
- T3 (2010) on Climate and meteorological observations measurements.

Guidance Documents or Technical Reports (new or updated)

- Addendum to the Supplementary Information for the ITS-90.
- Supplementary Information for the PLTS-2000.
- Guidance Document on the Uncertainties in the Realization of the SPRT sub-ranges of ITS-90.
- Techniques for Approximating the ITS-90 (Blue Book).
- Isotopic Effects in the Hydrogen Fixed Points: Report to the CCT.
- Summary of Facts Relating to Isotopic Effects and the Triple Point of Water: Report of the *ad hoc* Task Group on the Triple Point of Water.
- Methodologies for the estimation of uncertainties and the correction of fixed-point temperatures attributable to the influence of chemical impurities.
- Uncertainty Budgets for SPRT Calibrations at the Defining Fixed Points.
- Working document cataloguing the uncertainties associated with the radiation thermometry approximation of the ITS-90 below the silver point.
- Uncertainty in the generation of humidity.
- Report to the CIPM on the implications of changing the definition of the base unit kelvin.
- Uncertainty document in low temperature radiation thermometry.

Other Scientific outputs

- List of Common Impurities for Metallic Fixed-point Materials of the ITS-90 (CCT/08-16).
- TG-MeP-K Report to CCT (CCT/08-17).
- TG-MeP-K: Draft Outline of the *mise en pratique* for the Definition of the Kelvin (CCT/10-26).
- The Roles of the *mise en pratique* for the Definition of the kelvin (CCT/10-27).
- D.C. Ripple, R. Davis, B. Fellmuth, J. Fischer, G. Machin, T. Quinn, P. Steur, O. Tamura, D.R. White. The Roles of the *mise en pratique* for the Definition of the Kelvin. *Int. J. Thermophys.*, 2010, **31**, 1795-1808.
- G. Machin, D. del Campo, B. Fellmuth, J. Fischer, R. Gavioso, C. Lusher, A. Merlone, I. Mills, L. Pitre, M. de Podesta. New kelvin dissemination workshop held at NPL on 27-28 October 2010. *Metrologia*, 2011, **48**, 68–69.
- J. Fischer, S. Gerasimov, K.D. Hill, G. Machin, M.R. Moldover, L. Pitre, P. Steur, M. Stock, O. Tamura, H. Ugur, D.R. White, I. Yang, J. Zhang. Preparative Steps Towards the New

Definition of the Kelvin in Terms of the Boltzmann Constant. *Int. J. Thermophys.*, 2007, **28**, 1753–1765.

- J. Fischer, C. Gaiser, B. Fellmuth, W. Buck. New Definition of Kelvin. International Conference on Temperature and Thermal Measurement, TEMPBEIJING 2008, 20-23 October 2008, Beijing, China, *Acta Metrologica Sinica*, 2008, **29**, 1–9.
- Report on experiments to measure the Boltzmann constant, presented at the CCU meeting, 26-28 May 2009, BIPM (document CCU/09-12); also presented at the CODATA meeting, 25 May 2009, BIPM (document CODATA TGFC/09-03).
- J. Fischer, M. DePodesta, K.D. Hill, M. Moldover, L. Pitre, R. Rusby, P. Steur, O. Tamura, R. White, L. Wolber. Present estimates of the differences between thermodynamic temperatures and the ITS-90. *Int. J. Thermophys.*, 2011, **32**, 12–25.
- WG5: Open letter to world standards bodies on thermal imaging for control of transmission of infectious diseases.
- WG5: Research requirements for high temperature fixed points.
- WG5: Text for the high temperature section of the *MeP-K*.

Redefinition of the kelvin

A new task group (TG-SI) was formed within WG4 in response to the CIPM Recommendation 1 of 2005 (CI-2005). Its first meeting was held in October 2006. The terms of reference of TG-SI follow closely CIPM Recommendation 1 of 2005 (CI-2005), ‘Preparative steps towards new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole in terms of fundamental constants’, and are repeated here for convenience:

- Consider the implications of changing the definitions of the base units of the SI, with particular emphasis on the kelvin, from the point of view of metrology in thermometry.
- Present this point of view to the CCT and to other Consultative Committees or Working Groups and to work with them to prepare a report to the CIPM (not later than June 2007).
- Monitor closely the results of new experiments relevant to the possible new definition of the kelvin, and to identify the necessary conditions to be met before proceeding to change the definition.
- Solicit input from the wider scientific and technical community on this important matter.

Chairperson: Dr Fischer, PTB.

Members: INRIM, KRISS, LNE-INM/CNAM, MSL, NIM, NIST, NMIJ, NPL, NRC-INMS, VNIIM, the CCT President and CCT Executive Secretary.

TG-SI successfully completed the first two tasks of the list of terms of reference (implications and report to CIPM) in 2007. Work on the remaining two tasks continues. For this purpose, 3 international workshops and 3 conference sessions were organized. Contributions to the 3rd International Workshop on Progress in Determining the Boltzmann Constant, 7 April 2008 at LNE-INM, France, was published in November 2009 in a special issue of *Comptes Rendus de l’Académie des Sciences, Physique*. The presentations at the ‘4th International Workshop on Progress in Determining the Boltzmann Constant’ were published in a special issue of *Int. J. Thermophys.*, in July 2010. TG-SI has closely monitored the results of new experiments relevant to the new definition of the kelvin.

The necessary conditions to be met before changing the definition have been updated in CCT RECOMMENDATION T 2 (2010) to the CIPM: ‘Considerations for a new definition of the kelvin’. In the last 3 years there has been excellent progress in determining the Boltzmann constant k but the CCT notes that the experiments currently under way to measure k need another two years before CODATA can recommend a robust value for k with a relative standard uncertainty about a factor of two smaller than the current u_r of approximately 2×10^{-6} .

The CCT recommends that before proceeding with the redefinition of the kelvin a relative standard uncertainty of the value of k of order one part in 10^6 be obtained, based on measurements applying different methods of primary thermometry, and equally important, that these measurements ideally include at least two fundamentally different methods such as acoustic gas thermometry and dielectric constant gas thermometry and be corroborated by other measurements such as Johnson noise thermometry, total radiation thermometry or Doppler broadening thermometry.

Document CCT/10-34 was discussed and comments from the Russian Academy of Science on the new definition of the kelvin were responded to. A ‘New Kelvin Dissemination’ workshop was jointly organized with the NPL on 27-28 October 2010. The results were summarized in a report published in *Metrologia* (*Metrologia*, 2011, **48**, 68–69).

TG-SI will continue to work until the kelvin is redefined.

CCT Strategy

The decision to form a Task Group (TG) on ‘Strategy’ within the CCT was taken at the 24th meeting of the CCT in 2008. The TG was initially formed by: Dr Pavese (Chair), Dr Machin (NPL) and Prof. Uğur (President of the CCT). Initial group activities began in October 2008 to consider the CIPM strategy on science priorities for the BIPM (meeting of 14 October 2008). TG membership was extended to seven and now stands at sixteen members. Terms of Reference were established to ascertain its duties, including rules for membership of the TG. Drafts were prepared and discussed and submitted to CCT. Approval followed in December 2009 (Document 1).

The Task Group has defined a roadmap in order to conceive a CCT strategy and to apply it, prepared by three bodies in sequence, whose proposals are approved by the CCT:

- the original TG (CCT terms of reference and definition of a methodology to establish the CCT strategy), which became TG1
- a TG2 (SWOT – Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats), following on from TG1
- a new CCT WG ‘Strategy’ (WG-S) was established following the two TGs completion of activities, according to the membership criteria given in Document 1. WG-S is permanent and will continue until it is disbanded by the CCT.

A TG1 document on the CCT ToR, approved with the consensus of the TG1 members (Document 2), was discussed in a special session preceding the 25th meeting of the CCT in June 2010. It was agreed to amend the text of the new CCT terms of reference, which was subsequently approved in the CCT plenary meeting and by the CIPM in October 2010 (Document 3).

Subsequently, TG1 activity focuses on the second task (methodology for setting up the CCT strategy) in preparation for the 26th meeting of the CCT, due to be held in 2012. A draft was prepared and circulated (Document 4).

Prof. Uğur finished his presentation by commenting that he is stepping down as President of the CCT and will be succeeded by Dr Duan, NIM, China. Both Prof. Uğur and Dr Duan will attend the next meeting of the CCT to ensure a smooth hand over. Prof. Uğur thanked everyone for the support he has received during his time as President of the CCT. The President of the CGPM thanked Prof. Uğur for his presentation and asked if there were any questions.

Dr Shehata (Egypt) asked about the BIPM's strategy for nanometrology. Prof. Kühne commented that there is currently insufficient reason for the BIPM to pursue a strategy on nanometrology; however it will be discussed as part of the discussions on the long-term strategy.

23.5 Consultative Committee for Time and Frequency

Mr Érard, President of the Consultative Committee for Time and Frequency (*Comité consultatif du temps et des fréquences*, CCTF) gave his report on the activities of the CCTF since the previous meeting of the CGPM in 2007.

The CCTF has met once since the 23rd meeting of the CGPM. The 18th meeting of the CCTF was held at the BIPM headquarters on 4-5 June 2009. The meeting of the CCTF Working Group on International Atomic Time (TAI), with the attendance of laboratories contributing to UTC was held prior to the CCTF plenary meeting.

Progress on the development and operation of primary frequency standards in national laboratories was reported at the CCTF plenary meeting, as well as frequency standards based on radiations that could provide secondary representations of the second. The CCTF comparison, CCTF-K001.UTC, is the unique key comparison on time: its results are published monthly by the BIPM in the *Circular T* which provides traceability to the local UTC realizations of national metrology laboratories, without need of any other kind of publication.

The BIPM Time, Frequency and Gravimetry Section (now the BIPM Time Department) reported to the CCTF on the achievements and improvement of the international timescales International Atomic Time (TAI), Coordinated Universal Time (UTC), and the realization of Terrestrial Time TT(BIPM), and submitted to the Committee the work programme for the period 2013-2016. The CCTF congratulated the BIPM staff for the quality of the work, and expressed its support for the proposed programme of work.

The CCTF Working Group on Strategic Planning was created at the meeting, and its membership established.

The 6 following recommendations were adopted:

RECOMMENDATION CCTF 1 (2009)

Updates to the list of standard frequencies

- Update of the list of '*Recommended values of standard frequencies for applications including the practical realization of the metre and secondary representations of the second*' was approved by the CCTF.
- The frequency and uncertainty of the ^{87}Sr neutral atom was updated and four other transitions recommended (^{88}Sr neutral atom, $^{40}\text{Ca}^+$ ion, $^{171}\text{Yb}^+$ ion and ^{171}Yb neutral atom) for inclusion in the list of frequencies for secondary representations of the second.

This recommendation was submitted to the CIPM in 2009 and adopted as Recommendation 2 (C2-2009).

In support of this recommendation, and to establish a list of recommended frequencies for secondary representations of the second progress has been made toward the development of ultra-stable optical frequency standards (optical clocks) that provide a basis for a possible new definition and realization of the SI second. Progress in time and frequency transfer techniques is not sufficient to allow the comparison of such standards. The CCTF created the Working Group on the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques (WGATFT) in 2006 to monitor the state-of-the art in these techniques and to propose improvements.

Events related to the possible redefinition of the second within the reporting period were: the ‘*Optical clocks: a new frontier in high accuracy metrology*’ meeting, held in Torino, Italy, 1-3 December 2010; the Royal Society Discussion on ‘*The New SI: Units of measurement based on fundamental constants*’, held in London, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, 24-25 January 2011; and the ‘*BIPM Workshop on Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques*’, held at the BIPM headquarters on 28-29 June 2011.

Due the present state of time and frequency transfer techniques, no change in the definition of the second is expected in the near future, but the time and frequency metrology community anticipates achieving this target.

RECOMMENDATION CCTF 2 (2009)

Characterization of delays of GNSS time transfer equipment in TAI contributing laboratories

- Recommends the BIPM continues organizing and running campaigns of measurement of delays in GNSS (Global Navigation Satellite System) equipment in laboratories, and requests the Regional Metrology Organizations (RMOs) to support the BIPM in these activities.

In response, the BIPM Time Department continuously organizes campaigns with the aim of maintaining calibrated equipment in participating laboratories contributing to the UTC system. The BIPM coordinates actions with a RMO to obtain support with regional GNSS equipment calibrations.

RECOMMENDATION CCTF 3 (2009)

On the weakness of present definition of UTC

- Recommends that national and international agencies and relevant scientific unions concerned with the definition of international time scales urgently consider decisions regarding the future definition of UTC so that international agreement can be reached as soon as possible.

This recommendation was submitted to the CIPM in 2009 and adopted as Recommendation 4 (C4-2009).

Actions at the international level are ongoing to reach an agreement on a new definition of UTC without discontinuities, that is, without leap seconds. The BIPM actively participates as a sector member of the International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector (ITU-R), where a recommendation redefining UTC will be voted on by ITU-R member administrations at the next World Radio Conference in Geneva, Switzerland, in 2012.

RECOMMENDATION CCTF 4 (2009)

Concerning adoption of a common terrestrial reference system by the CGPM

- Recommends that the necessary steps be taken such that the ITRS, as defined by the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) and realized by the International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) and International GNSS Service (IGS), be adopted by the General Conference on Weights and Measures as the international standard for terrestrial reference frames used for all metrological applications.

This recommendation was submitted to the CIPM in 2009 and adopted as Recommendation 1 (C1-2009).

RECOMMENDATION CCTF 5 (2009)

Alignment of geodetic references and synchronization of time references to international standards

- Recommends that the geodetic references for Global Navigation Satellite Systems (GNSS) be aligned to the International Terrestrial Reference System (ITRS), that the internal System Times (ST) of GNSS be synchronized to UTC (modulo 1 s), and gives instructions for the broadcasting of the various system times and their relations. It requests the BIPM to coordinate actions within the International Committee on GNSS (ICG) for the accomplishment of this recommendation.

This recommendation was submitted to the CIPM in 2009 and adopted as Recommendation 3 (C3-2009).

RECOMMENDATION CCTF 6 (2009)

Relationship of predictions of UTC(*k*) disseminated by Global Navigation Satellite Systems (GNSS) to UTC and TAI

- Recommends that the BIPM's *Circular T* publishes the relationship of UTC/TAI with the predicted UTC(*k*) disseminated by GNSS.

The BIPM Time Department made the necessary actions to publish these values in the BIPM's *Circular T* from January 2011.

Members of the CCTF

The number of members of the CCTF has increased since the 23rd meeting of the CGPM (2007) with the approval of applications from CENAM, Mexico (2007), NMISA, South Africa (2008), and SP, Sweden (2010).

Next meeting of the CCTF

The 19th meeting of the CCTF will be held in September 2012.

CCTF Working Group meetings

The WG on two-way satellite time and frequency transfer (WGTWTFT) organized four annual meetings during the reporting period: Borås (Sweden) on 2-3 October 2008; Poznan (Poland) on 21-22 October 2009; Beijing (China) on 16-17 September 2010; and Tokyo (Japan) on 12-13 September 2011. Meetings of the two-way participating stations were held at the international meetings.

The Working Group on International Atomic Time (WGTAI) convoked the UTC participating laboratories to a meeting at the BIPM headquarters on 4-5 June 2009.

The Working Group on the MRA (WGMRA) held a meeting at Besançon (France) on 23 April 2009, and informal meetings on two other occasions.

The Working Group on Strategic Planning (WGSP) held two meetings since the 23rd meeting of the CGPM: Torino (Italy) on 1 December 2010 and San Francisco (United States of America) on 2 May 2011.

The CCL-CCTF Frequency Standards Working Group (WGFS) met at the BIPM headquarters on 2 June 2009.

Activities and achievements of the BIPM Time Department

This section refers to the activities on time and frequency carried out by BIPM for the period 2007-2011. The Time, Frequency and Gravimetry Section became the Time, Frequency and Gravimetry Department at the beginning of 2010 and the Time Department from the start of 2011. For the sake of clarity, Time Department is used hereinafter.

Regular publications

The Time Department provides traceability to UTC to its local approximations in National Metrology Institutes through the monthly publication of the values $[UTC - UTC(k)]$ in the BIPM's *Circular T*. Sixty-nine laboratories world-wide are traceable to UTC. The Annual Report of time activities for 2007, 2008, 2009 and 2010 have been published, the electronic versions for 2009 and 2010 are available on the BIPM website. BIPM reports on campaigns of measurement of relative delays in national laboratories have been published. The relevant information is accessible on the BIPM website. Completing the publications by the Time Department, updated information on timescales is available on the BIPM website.

Clock comparison and international time links

The calculation of UTC is based on clock comparison between participating laboratories using various techniques of time transfer over long distances for establishing the time links. Improvement in time transfer affects directly the stability of the related time scales, and has an impact on their uncertainty. The BIPM has developed methods of time transfer having maximum benefits using data from upgraded equipment in the contributing laboratories.

Time links via global navigation satellite system (GNSS) observations and by two-way satellite time and frequency transfer (TWSTFT) are used for comparing clocks.

Time comparisons via GPS have been improved with the introduction of a combination of the phase and the code of the carrier (precise point positioning, so-called GPS PPP), thus reducing by a factor of 2 to 3 the statistical uncertainty of UTC.

At the end of 2009 observations of the GLONASS satellites began to be used for clock comparison after successful campaigns to characterize the relative delays of the GLONASS equipment in participating laboratories.

It is well known that some GNSS hardware constraints prevent a systematic uncertainty better than a few nanoseconds from being achieved, while the statistical uncertainty today can be as good as 0.3 ns. This degrades the total uncertainty of UTC when GNSS time transfer is used. The TWSTFT, when calibrated, allows 1 nanosecond or better systematic uncertainty to be

maintained. To profit from the quality of GNSS and TWSTFT, the Time Department has developed methods to combine these two types of link.

Regular campaigns to characterize the relative delays in time transfer equipment are organized by the BIPM. Maintenance of these calibrations is essential for the accuracy of time dissemination. To support these campaigns, and to follow a CCTF recommendation, the BIPM agreed to share campaigns with RMOs, the first being EURAMET.

To support the maintenance of high quality TWSFTF links in the Asia-Pacific Region, a newly designed calibration campaign using a set of GPS receivers has been tested.

Clocks in TAI

About 350 clocks in national contributing laboratories participate in the calculation of UTC at the BIPM. These clocks are mostly caesium industrial beams, but the number of hydrogen masers is rapidly increasing. Complete characterization of the noise of participating clocks is necessary to assure the stability of TAI with an adequate weighting procedure and clock frequency prediction.

Two factors were detected as probable origins of the drift of TAI: the increasing number of hydrogen maser clocks with inadequate frequency prediction; and the ageing of the caesium beam clocks, which leads to long-term frequency drifts. Studies conducted in the Time Department culminated in a new model for the clock frequency prediction, which significantly reduced the drift of TAI.

Primary frequency standards

Whilst the stability of TAI/UTC is based on a large number of industrial atomic clocks, the high accuracy of TAI and UTC is obtained from the primary frequency standards, mostly caesium fountains, developed and maintained in some laboratories. During November 2007 to January 2011, 15 primary frequency standards in 8 national laboratories, which included 11 caesium fountains, contributed with frequency measurements to the accuracy of TAI.

International coordination

The Time Department is linked with many international organizations with activities related to timekeeping. Activities during 2007 to 2011 include:

- The International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector (ITU-R), where the BIPM is a sector member; BIPM delegates contributed with guidance and expertise to the discussions of a future redefinition of UTC without leap seconds, to render it adequate to modern applications necessitating a continuous, non-stepped reference timescale.
- The International Committee on GNSS (ICG), where the BIPM acts as an observer; BIPM delegates have provided guidance and expertise on discussions on the adoption of an international reference for time and geodetic references in GNSS and the GNSS service providers have accepted to follow some of their recommendations. The BIPM chairs the ICG Task Force on Time References.

Two members of the Time Department are members of commissions for timing issues related to the future European global navigation satellite system Galileo. They provide advice on scientific applications of the system and on strategy to follow for time references. Two members of the Time Department have active roles in Commissions of the International Astronomical Union (IAU) related to space-time referencing.

In cooperation with the IERS, a new edition of the IERS Conventions (2010) was published jointly between the BIPM and the US Naval Observatory.

The President of the CGPM thanked Mr Érard for his presentation.

23.6 Consultative Committee for Photometry and Radiometry

Dr Hengstberger, President of the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (*Comité consultatif de photométrie et radiométrie*, CCPR) gave his report on the activities of the CCPR since the previous meeting of the CGPM in 2007.

The operational arrangements for the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR) have remained unchanged since the last CCPR report to the CGPM in 2007. The CCPR meets at approximately two-year intervals to discuss and consider approval of the reports and recommendations of its Working Groups, which in turn meet approximately annually. The Working Groups are led by leading members of the international photometry and radiometry community and are the forum for detailed technical discussions. Information is circulated among CCPR members and Working Groups by email by the CCPR executive secretary, Dr Stock (BIPM) who is held in high regard by CCPR members, both for his professionalism and expertise in the field. Since the 23rd meeting of the CGPM (2007) the CCPR has met only once at the BIPM headquarters in September 2009. The next meeting of the CCPR will be held shortly after the 24th meeting of the CGPM.

The CCPR Working Group meetings took place as follows:

- All Working Groups met during October 2008 at KRISS, Republic of Korea, in conjunction with the NEWRAD 2008 conference;
- All Working Groups met in 2009 prior to the CCPR meeting at the BIPM headquarters;
- All Working Groups except WG-CMC met in July 2010 at the NPL, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland;
- WG association with the NEWRAD conferences continues. All WGs except WG-CMC met at the NEWRAD 2011 conference in Hawaii, United States of America, during September 2011.

The main CCPR activities discussed via the Working Groups were:

- completion of the first round of CCPR key comparisons
- evaluation of key comparison reports
- planning of the second round of CCPR key comparisons
- completion of further sections of the CCPR-specific guidelines for key comparisons
- evaluation of CMC submissions by the CMC Working Group
- finalizing the structure of the CCPR and the terms of reference of all Working Groups, Task Groups and discussion forums
- consideration of the most adequate formulation of the definition of the candela
- production of a position paper on the SI and the candela
- review of the progress in the NMIs of CCPR members and in RMOs.

In the 2007 report by the CCPR to the CGPM it was noted that the response of the human eye for different wavelengths (action spectra) had only been defined by the International Commission on Illumination (CIE) for the fully light-adapted human eye (photopic vision) and the fully dark-adapted eye (scotopic vision). An action spectrum for the region between these two domains (mesopic vision, as encountered for example under road-lighting conditions) remains elusive and a performance-based mesopic action spectrum had only been defined in early 2011 by the CIE. With this work, valid light measurements (physical photometry) over the full range of human vision are now within reach. This requires the CCPR to consider adoption of new CIE mesopic action spectra in addition to scotopic and photopic spectra and will require revision of the 1983 BIPM Monograph 'Principles governing photometry'. During the revision the document will probably be converted into a full *mise en pratique* for the definition of the candela. A joint Working Group with the CIE is being considered for this purpose. The subject will be discussed at a yearly liaison meeting between the CIE and BIPM.

The new mesopic vision model has potentially significant economic implications. Nearly 20 % of global electrical energy is used on lighting. Energy-saving light sources and more accurate lighting calculations and light measurements via the mesopic model enable large potential energy savings, without necessarily reducing lighting quality. This fact has not escaped policy makers and regulators who are trying to reduce energy consumption and contain global warming. Both the CIE and the CCPR support these developments through appropriate standards and metrology systems.

A workshop on physiological quantities and SI units was held at the BIPM headquarters in November 2009. The workshop concluded that:

“Physiology is the study of the mechanical, physical and biochemical functions of living organisms. In recent years needs have increased to quantify the effects of a multitude of factors on the human body in particular relating to health and safety issues. To quantify these effects in an objective and comparable manner it is necessary to first properly define suitable measurands and then provide, to the largest possible extent, their traceability to appropriate SI units. Guidance on the evaluation of measurement uncertainty also needs to be developed in some cases, for instance where measurands are referred to diverse ordinal scales or where measurements are qualitative and/or multivariate.”

The action of light and optical radiation (UV, visible and infrared wavelengths) on the human eye and their effect on the human body through other channels (like the skin) are characterized by many different action spectra standardized by the work of the CIE. These effects include tanning, reddening of skin, causation of skin cancer, pre-vitamin D3 production in the skin, photokeratitis, photoconjunctivitis, infrared cataract, low level UV cataract, infant hyperbilirubinemia and melatonin suppression. Measurements of these effects involve physiological quantities and SI units in photometry, colorimetry and radiometry. The BIPM workshop of November 2009 discussed these effects together with the effects on the human body of radio waves and microwaves, ionizing radiation (e.g. x-rays and gamma rays), sound and ultrasound, magnetic fields and biological quantities.

CENAM (Mexico) applied and was accepted as a member of the CCPR. Official CCPR observer status was granted to the CIE and the World Meteorological Organization (WMO). An application for observer status by the CMI (Czech Republic) is under consideration by the CCPR.

Working Group on Calibration and Measurement Capabilities (WG-CMC)

The terms of reference of the WG-CMC are:

- to coordinate and approve the definition of service categories requested by RMOs and to maintain lists of service categories, and – where necessary – rules for the preparation of CMC entries
- to agree on detailed technical review criteria
- to coordinate and, if necessary, conduct inter-regional reviews of CMCs submitted by RMOs for posting in Appendix C of the CIPM MRA
- to provide guidance on the range of CMCs supported by particular key and supplementary comparisons
- to suggest to the WG-KC areas where additional key and supplementary comparisons may be needed
- to coordinate the review of existing CMCs in the context of new results of key and supplementary comparisons.

The Working Group members are representatives of the Technical Committees of the RMOs in the field of photometry and radiometry. The chairmanship of the WG-CMC is held by the RMO TC chairs on a biannual rotating basis.

The majority of CMC submissions have been processed and new proposals for CMCs in photometry and radiometry are reviewed annually. Proposals must be submitted to RMOs during October and an intra-RMO review completed by February of the following year. The inter-RMO review process begins on 1 March and annually thereafter. The Working Group has prepared a table relating CMCs to supporting key comparisons.

Thirty eight countries from all RMOs provide services in photometry and radiometry and these are entered in the KCDB. The services cover 58 different quantities, for approximately 80 different combinations of parameters in many different ranges and wavelength regions from the vacuum ultraviolet to the far infrared, in the fields of:

- photometry (light measurement as perceived by the human eye)
- properties of sources and detectors
- properties of materials
- fibre-optics.

The total number of CMC entries for the fields of photometry and radiometry in the KCDB in September 2011 stands at 1175. This number represents the majority of all the services by CIPM MRA signatories in these fields and the number is now increasing only by a small percentage each year. New CMC submissions and modifications of existing CMCs have reached a maintenance level, requiring fewer RMO review resources than were needed in the first years after the signing of the CIPM MRA.

Working Group meetings during the reporting period were held in Daejeon, Republic of Korea, (October 2008), and at the BIPM headquarters (September 2009).

Working Group on Key Comparisons (WG-KC)

WG-KC is chaired by Dr Ohno, NIST (United States of America). The terms of reference of the Working Group are:

- to establish and maintain a list of key and other comparisons in the field of photometry and radiometry, which will adequately support CMC claims by NMIs in this field of measurement in the spirit of the CIPM MRA
- to coordinate and schedule key comparisons, to review progress in comparisons and to recommend to the CCPR the inclusion of the results of key comparisons in Appendix B of the CIPM MRA
- to provide supplementary guidelines and/or interpretations to the guidelines on how to conduct key comparisons included in the CIPM MRA, specifically in the field of photometry and radiometry
- to recommend general principles for the calculation of key comparison reference values in photometry and radiometry
- to provide advice to the WG-CMC on the range of CMCs supported by particular key comparisons
- to monitor and approve RMO key comparisons and provide advice on RMO supplementary comparison activities.

At this stage the Working Group has defined six key comparisons in photometry and radiometry and the first round of these comparisons is either complete or in progress. The key comparisons are often divided into sub-comparisons for different wavelength ranges that require different instrumentation and techniques. The WG-KC has one or more task groups for each ongoing key comparison. For key comparisons of the same quantity carried out in different wavelength regions, different WG-KC task groups and pilot laboratories manage the individual sub-comparisons. A letter appended to the key comparison number identifies the sub-comparison and task group. The task group members are representatives of the pilot laboratory and of selected participating laboratories, and each task group reports progress and problems at WG-KC meetings. WG-KC task groups are disbanded after the production of the final comparison report.

Advanced drafts of CCPR guidelines for different subjects related to comparisons have been prepared and are constantly updated. These include:

- CCPR comparison report preparation (Revision 2 approved; Revision 3, draft 1.3 under discussion)
- Preparation of CCPR key comparisons (draft 1.4)
- CCPR and RMO bilateral key comparisons (draft 2.1)
- RMO PR key comparisons (draft 2.1)
- RMO PR supplementary comparisons (draft 1.1).

CCPR-approved versions are already in use for ongoing comparisons. Some Draft documents may be finalized and recommended for CCPR approval at the 2011 WG-KC meetings in Hawaii, United States of America.

To streamline the execution of CCPR key comparisons, the WG-KC has proposed to limit the number of participants to 12. The WG-KC agreed the following conditions to select participants for CIPM key comparisons in photometry and radiometry:

- i. CCPR membership
- ii. Willingness to serve as an RMO link laboratory
- iii. Independent scale realization
- iv. CMC coverage of the comparison quantity over the whole wavelength range at the time of the call for participant.

For new key comparisons, meeting condition 4 will not be required. In some exceptional circumstances, the WG-KC may waive one or more of these conditions for a particular comparison. If the total number of applications for participation is 12 or less, all applicants are accepted. If the total number of interested participants exceeds 12, it is proposed that each RMO Group will limit the number of participants as follows:

RMO Group	Maximum number of participants
Group 1: EURAMET + COOMET	6
Group 2: APMP + AFRIMETS	4
Group 3: SIM	2

Each RMO Group will determine the method to select participants. These decisions are incorporated in the relevant CCPR guidance documents. The WG-KC agreed that only those bilateral comparisons that are carried out to improve the result of an NMI which made a measurement error in a previous CCPR KC will be designated as CCPR bilateral comparisons. All other bilateral comparison to align NMIs to KCRVs in past KCs will be designated RMO bilateral comparisons. Agreement was reached on membership criteria for the Working Group.

For what concerns key comparisons, the first round of measurements is completed, with only the reporting for K5 (Draft A-2 stage) and K2.c (pre-draft A stage) still in progress. The agreed sequence of the second-round comparisons and the selected pilot laboratories are as follows (year indicates year of planned start of measurements):

Year	KC	Quantity	Pilot	Status
2011	K6	Spectral regular transmittance	MSL	protocol completed
2012	K3	Luminous intensity	NRC	
2012	K4	Luminous flux	NMIJ	
2013	K2.b	Spectral responsivity (300 nm to 1000 nm)	KRIS	
2013	K2.a	Spectral responsivity (900 nm to 1600 nm)	NPL	
2014	K1.a	Spectral irradiance (250 nm to 2500 nm)	NMIA	
2015	K5	Diffuse spectral reflectance	MIKES	

2016	K1.b	Spectral irradiance (200 nm to 350 nm)	NIST
2017	K2.c	Spectral responsivity (200 nm to 400 nm)	PTB
2019	K2.d	Spectral responsivity (10 nm to 200 nm)	PTB

The protocol for comparison K6 (KCDB identifier CCPR-K6.2010) has been agreed and the testing of the comparison artefacts (glass filters) in the pilot laboratory is proceeding. A call for participants for comparisons K3 and K4 has been circulated among CCPR members and the comparison task group for K3 has recommended luminous intensity standard lamps as comparison artefacts.

The WG-KC Discussion Group on Comparison Analysis organized a successful workshop on this subject in July 2010 at the NPL, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. It will support the work of WG-KC by bringing together the input of statisticians and other experts, which is often needed when preparing or revising comparison protocols.

WG-KC meetings were held in Daejeon, Republic of Korea, (October 2008), at the BIPM headquarters (September 2009), in Teddington, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (July 2010) and in Maui, United States of America (September 2011).

Working Group on Strategic Planning (WG-SP)

The chairperson of WG-SP is Dr Zwinkels, NRC (Canada).

Current terms of reference of WG-SP are to:

- establish and maintain a strategic planning document for the CCPR in line with the CIPM guidance document for CCs
- advise the CCPR on the optimal operational structure
- draft and maintain admission criteria for membership of CCPR and its Working Groups
- monitor and respond to developments with respect to the future of the SI
- regularly review and update the *mise en pratique* for the candela.

The WG-SP has five task groups (TGs): TG1 (Terms of Reference), TG2 (Membership criteria), TG3 (CCPR structure), TG4 (SI) and TG5 (*Mise en pratique* for the definition of the candela). TG1 and TG3 were disbanded in 2010 after successfully completing their objectives. Membership criteria drafted by TG 2 apply only to WG-KC membership at present.

TG3 recommended that discussion groups are included in the CCPR structure to simplify interaction with experts from outside the CCPR. The CCPR accepted the proposal but renamed the discussion groups as ‘Discussion Forum for...’. Members can only be from within the CCPR although competent experts can be invited. A ‘Discussion forum on fibre-optics’ and a ‘Discussion forum on few photon metrology’ have been commissioned. A further ‘Discussion forum on terahertz metrology’ was created in 2010 to facilitate discussions on new or emerging metrology areas to a much wider range of participants.

Members of the TG4 prepared a position paper on the subject of the SI and the candela for publication in *Metrologia*.

Following a proposal by the Consultative Committee in Units (CCU), WG-SP members supported the adoption of an explicit-constant version of the definition of the candela in the framework of the revised SI. The CCPR agreed to this recommendation and an *ad hoc* task group, chaired by Dr Ohno will update the 1983 BIPM Monograph on ‘*Principles governing photometry*’ to serve as a future *mise en pratique* for the definition of the candela. A proposal to make this a joint task group with the CIE and to consider the inclusion of the new CIE recommendations for mesopic vision was accepted.

WG-SP meetings were held in Daejeon, Republic of Korea, (October 2008), at the BIPM headquarters (September 2009), in Teddington, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland (July 2010) and in Maui, United States of America (September 2011).

The President of the CGPM thanked Dr Hengstberger for his presentation.

23.7 Consultative Committee for Ionizing Radiation

Dr Carneiro, President of the Consultative Committee for Ionizing Radiation (*Comité consultatif des rayonnements ionisants*, CCRI) gave his report on the activities of the CCRI since the previous meeting of the CGPM in 2007.

CCRI summary

Modified by a change of name in 1997, the CCRI has operated since 1958. Its present activities relate to definitions of quantities and units, standards for x-ray, gamma-ray, charged particle and neutron dosimetry, radioactivity measurement and the International Reference System for radionuclides (SIR), and advice to the CIPM on matters related to ionizing radiation standards.

Traceability in ionizing radiation measurements covers the following quantities, units and ranges: Absorbed dose (unit gray (Gy) and range from nGy to 100 kGy); dose equivalent (unit sievert (Sv) and range nSv to Sv); activity (unit becquerel (Bq) and range mBq to GBq); and neutron fluence (unit cm^{-2} and range 10^3 cm^{-2} to 10^{16} cm^{-2}). Uncertainties are typically at the 1 % level in standards laboratories and 5 % in hospitals (for example in radiation therapy or nuclear medicine). Concerning calibration and measurement capabilities, standards laboratories should meet the requirements set for safe cancer treatment.

The CCRI operates in three Sections and in a number of Working Groups, namely:

- Section I: x-rays and gamma-rays, charged particles; with three Working Groups
- Section II: Measurement of radionuclides; with five Working Groups
- Section III: Neutrons; with one Working Group

The Sections and Working Groups ordinarily meet during odd-numbered years at the BIPM headquarters or at venues convenient to the participants, the latter usually in connection with scientific meetings. The CCRI is composed of only the three Section chairpersons, the BIPM Director, the CCRI Executive Secretary and President. The CCRI plenary meetings are held in odd-numbered years usually following the Section meetings; representatives of various associated international organizations attend the plenary sessions as invited guests. Some of the Working Groups address specific topics related to the CIPM MRA, and others develop new comparison facilities and resolve technical issues that have arisen during comparisons.

The CCRI is the third largest CC in terms of declared CMCs, of which the major contribution comes from the *Système International de Référence* (SIR). This sets a common reference of

activity measurement for some 65 radionuclides and its maintenance is crucial as an internationally unique facility provided by the BIPM. In order to ensure continuity of this scale in the event of an accident damaging this unique facility, work is under way to construct a back-up facility.

Another unique aspect of the CCRI is its direct benefit to the network of secondary standard dosimetry laboratories (SSDL) that is operated by the WHO and the IAEA. The SSDL network, which includes many States that are not signatories to the CIPM MRA, facilitates the transfer of the work conducted at the BIPM beyond those of the Member States and Associates.

The CCRI benefits from the work programme carried out by the BIPM Ionizing Radiation Department, particularly Sections I and II.

Highlights

Of the many achievements of the CCRI since the 23rd meeting of the CGPM (2007), three deserve to be highlighted:

- the planning for a medical-type linear accelerator (LINAC) at the BIPM
- adoption of a strategy plan for the CCRI
- reflecting on the first 50 years of the CCRI.

Planning a medical-type linear accelerator at the BIPM

The project to install a medical-type linear accelerator (LINAC) at the BIPM dedicated to metrology for radiotherapy dosimetry is considered the most important issue for the CCRI as it will have a major impact on the traceability of modern therapeutic methods both today and in the future. This action is in response to Resolution 3 adopted by the CGPM at its 23rd meeting, inviting the CIPM to present, to the 24th meeting of the CGPM, options for addressing the needs for dosimetry comparisons and calibrations using a linear accelerator. The aim is to achieve global equivalence in the calibration of accelerators in therapeutic use, to optimize the curative benefits for patients, and to obtain dosimetric equivalence between participants in future key comparisons. The key comparison BIPM.RI(I)-K6, in which the BIPM primary calorimetric standard is taken to each NMI in turn to make on-site comparisons of these high-energy x-ray accelerator beams, was then set-up to gain experience in establishing degrees of equivalence. The Accelerator Dosimetry Working Group (ADWG) concluded in its report to the CIPM that the BIPM requires its own dedicated accelerator in order to achieve the necessary uncertainty in both comparisons and calibration characterizations of national standards without using undue resources. Therefore, the BIPM and the ADWG collaborated on the details of the project, which has been included in the programme of work for 2013-2016.

Financing a dedicated accelerator will put a heavy initial drain on the BIPM Capital Investment Fund; however the running costs can be kept within the 2013-2016 budget with some reorganization of resources. The CCRI will look into possible external financing for the one-off investment required.

Two alternative solutions to establish a key comparison scheme for accelerators were considered by the CCRI. The first is to lease time at a national facility, which removes the capital investment challenge, but introduces practical problems with availability and accelerator settings, making it significantly inferior to the first choice. It is estimated that in the long term it would become a more expensive option. The second option is to continue with the procedure

currently applied in BIPM.RI(I)-K6, however this is labour-intensive and inefficient in the long term. When the final uncertainties are considered, both alternatives are possible but inefficient.

The installation of a medical-type linear accelerator at the BIPM will allow the Ionizing Radiation Department to become a research partner, at a preferred site, for secondees. The CCRI welcomes the active role adopted by the BIPM in convincing partner organizations and planning for the necessary funding to achieve these goals.

Adopting a strategy plan for the CCRI

The CCRI strategy plan was initiated in 2009 and updated in 2010 and 2011 in accordance with developments at the BIPM and those of the members of the CCRI Sections. Future actions were separated into short-, medium-, and long-term and have been discussed in order to ensure consensus about the CCRI role and its activities. It is an ongoing task to provide the strategy plan with more descriptive text to make it more understandable for the uninitiated reader. Continuous monitoring of actions by the Working Groups is part of the strategic approach.

The strategy plan is a practical document, available on the CCRI website, to report the many different viewpoints of the radiation metrology stakeholders to achieve coherent actions. It sets timescales that fit the budgetary periods of the BIPM and sets priorities, which are continuously reviewed to ensure validity.

Reflecting on the first 50 years of the CCRI

The 50th anniversary of the CCRI was commemorated at the meetings of the CCRI and its Sections in 2009. At each of the meetings held in 2009, invited speakers presented topical lectures on subjects of metrological interest for the medium- to long-term. The lectures were on nano-dosimetry and possible radiobiological standards, long-term stability of ionization chamber measurements for radionuclides and computational dosimetry for neutron metrology.

Three special issues of *Metrologia* were published. Each is intended as a stand-alone monograph bringing together the latest thinking in a field of highly specialized metrology: the first two issues on dosimetry and on radionuclide metrology (i.e. the fields of activity of the CCRI Sections I and II respectively) have been published and very well received, while the third issue on neutron metrology (Section III) is in progress.

The 50 year celebrations were used to commemorate the highlights of radiation metrology, both at the BIPM and world-wide; 24 certificates of appreciation were presented to past chairmen and members who had made outstanding contributions to the work of the CCRI and its Sections.

Facts and figures

End users of radiation metrology

Since the use of ionizing radiation is strictly regulated, it is possible to assess the number of end-users of the corresponding metrology. The result is:

- 7 million patients world-wide are treated by radiotherapy annually
- 33 million patients world-wide are diagnosed or treated using nuclear medicine annually
- 360 million patients world-wide are diagnosed using x-rays annually
- 11 million people world-wide are monitored for personal dose because they work with ionizing radiation.

The CCRI in the KCDB

The KCDB appendix C lists some 3 909¹² CMCs for the three CCRI Sections out of a total of 24 188, distributed 973, 2 742, and 194 for the three Sections (CCRI I, CCRI II and CCRI III) respectively. Some 35 countries and 2 international organizations participate in the work under the auspices of the CCRI.

Ionizing radiation metrology is for the most part undertaken at DIs, sometimes with a relatively weak link to the local NMI. The CCRI is working towards a means of further integrating these institutes for the benefit of both parties.

The 3 909 CMCs are supported by 193 active key and supplementary comparisons. In the KCDB, 137 of these are executed as ‘BIPM comparisons’ demonstrating the active participation of the BIPM in the work of the CCRI. During the last four years, the process from start to final reporting of the key and supplementary comparisons has been improved and accelerated. In addition, with the use of a measurement methods matrix (MMM) enabling comparisons to be cross-linked, comparatively few data supporting CMCs from the SIR are now older than the ten-year limit recommended by the CIPM. Also, more ‘applied’ comparisons addressing specific modalities such as mammography, brachytherapy and linear accelerator therapy, have gained momentum.

The ratio of CMCs to comparisons is about 20:1 for the CCRI domain. This is identical to the global figure in the KCDB but, due to the multitude of radionuclides and measurement techniques, only through the use of the MMM is it possible to increase this ratio. This matrix, developed during the last decade, allows results from one comparison to be transferred to a series of similar measurements and thus to support a larger number of CMCs. Finally, in radiotherapy dosimetry, there is a move away from air kerma standards towards absorbed dose to water standards, which implies a transition in focus from one comparison type to another.

Working Groups

Tasks of the Working Groups of the CCRI and of its Sections are summarized as follows:

There are five Working Groups that are considered to be ‘ongoing’ which deal with matters including the management of the CIPM MRA. The discussion on CCRI strategy has now reached a mature state and has been diverted to the CCRI Strategy Group with the remit to produce a strategic plan for ionizing radiation metrology and update this plan as necessary. Another Working Group, the CCRI RMO Working Group, ensures that ionizing radiation CMCs are properly registered in the KCDB through cooperation with the RMOs, the JCRB and three sectional Working Groups that supervise key and supplementary comparisons: KCWG(I), KCWG(II) and KCWG(III).

Five Working Groups deal with the extension of the scope of key comparisons and with the reliability of the KCDB data for ionizing radiation. A separate Working Group (BSWG(I)) was established by Section I to oversee the protocol for the novel key comparison using sealed brachytherapy sources; it supervised the first round of comparisons for high dose-rate (HDR) ¹⁹²Ir dosimetry that started in 2010. A Working Group (ESWG(II)) deals with the extension of the SIR to include pure β-emitters using liquid scintillation counters. Encouraging results have been produced for the radionuclide ³H and the Working Group is now working on ⁶³Ni. Another Working Group (TIWG(II)) has produced the protocol for the key comparison of the

¹² Data from 3 October 2011.

short-lived radionuclide ^{99m}Tc , the most-widely used radionuclide in nuclear medicine. The Working Group is assisting the BIPM to develop a transfer instrument for the even shorter-lived positron emission tomography (PET) radionuclides. A Working Group (UCWG(II)) that provides ongoing support to the CCRI(II), BIPM, and RMOs to evaluate uncertainties in radionuclide metrology, particularly for the MMM, is likely to join with the key comparisons Working Group now that its work is almost complete. A fifth Working Group (BqWG(II)) is developing a universal primary standard for the realization of the becquerel, in order to make the global maintenance of this unit more robust. All these Working Groups have a time limited scope and will be terminated when their goals are achieved.

Two Working Groups were formed to address special issues: the first (ADWG(I)) was set-up to respond to Resolution 3 adopted by the CGPM at its 23rd meeting, inviting the CIPM to present to the 24th meeting of the CGPM, options for addressing the needs for dosimetry comparisons and calibrations using a linear accelerator; the second (HEWG(II)) was formed to assist the author of a monograph on high-efficiency photon detection systems. Both Working Groups will be dissolved on completion of their tasks.

Outlook

Future directions of work discussed by the CCRI included:

- During the next BIPM programme of work for 2013-2016, the CCRI and its three Sections predict a continued influence from the medical sector, with traceable accelerator dosimetry as the major driver. The CCRI has identified that the ionizing radiation metrology community, consisting of some 40 laboratories and the BIPM, must be well prepared to meet the challenges, where the major issue will be to transfer traceability from primary standards to patient treatment with sufficient accuracy to ensure optimized treatment. The greatest single challenge will be calibration of linear accelerators.
- In spite of the recent nuclear power-plant incident in Japan, following the devastating earthquake and tsunami, nuclear power will be needed to bridge the energy gap between the use of fossil fuels and sustainable energy sources. However, this will require revitalization of the nuclear industry, and a significant investment in nuclear metrology, including updating neutron cross-sections.
- Security issues from potential terrorist attacks using radioactive, chemical and biological materials have resulted in an increased level of security and associated monitoring around the handling of these materials. This ongoing threat increases the need for effective environmental monitoring of radioactivity. Institutions that monitor and protect the public through emergency preparedness against irradiation from radioactive materials are expected to face increased workloads.

List of actions

The CCRI concluded its strategic discussion by establishing priorities for the period 2013-2016, these include:

- the acquisition and installation of an international accelerator facility at the BIPM headquarters
- organization of electron dosimetry comparisons
- to identify comparisons to support small field dosimetry for intensity-modulated radiotherapy (IMRT)

- to measure neutron cross-sections
- to revitalize neutron metrology
- to develop nano-dosimetry
- to convert from air kerma to absorbed dose in water
- to develop an instrument to maintain the becquerel (Bq)
- measuring radionuclide decay schemes to ensure consistent activity measurements
- to identify new metrology needs for public health and security
- to extend the SIR to obtain a consistent activity scale for pure beta- and pure alpha-emitters
- to develop the SIR transfer instrument for more short-lived radionuclides
- to identify molecular imaging and treatment measurement needs.

Conclusion

The CCRI has developed a positive work programme to support national and international metrology needs for the next decade. It is looking forward to the next 50 years of service to the CIPM and the ionizing radiation metrology community.

The President of the CGPM thanked Dr Carneiro for his presentation.

23.8 Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry

Dr Kaarls, President of the Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry (*Comité consultatif pour la Quantité de Matière : Métrologie en Chimie, CCQM*) presented a report on activities in metrology in chemistry and biotechnology since the previous meeting of the CGPM in 2007.

Metrology in chemistry, biotechnology and micro-biology

The significant global interest shown towards metrology in chemistry, already present at the inauguration of the CCQM in 1993, has grown further during the years 2007-2011. The importance for trade, industry, economy and society has become further evident. Issues such as reliability and comparability of measurement results underpinning possible climate change, food quality and food safety measures and decisions with respect to clinical diagnostics and medical treatment are of crucial importance and have direct consequences for trade, government, industry and insurance budgets, and thus affect the economy as well as quality of life.

It is still necessary to significantly improve the credibility, the quality and the global comparability of chemical, bio-chemical and micro-biological measurement results, so they could be widely accepted and recognized.

Many governments around the world recognize that there is a need to improve the metrological quality of measurement results in the areas mentioned above. For example, in the United States of America, as well as in the European Union, areas of high metrological priority include health care, food quality and safety, climate change and energy. An EU European Metrology Research Programme (EMRP), amounting to 400 million Euros over 7 years, is addressing a number of measurement problems in these areas.

Several investigations, carried out by organizations around the world, show the importance of more accurate and globally comparable and traceable measurement results. For example:

- The 2008 world export volume of food products amounted to more than \$1100 billion. It is estimated that 20 % to 30 % of the total world food production is lost due to microbial spoilage. Recent food crises in Europe lead to a commercial loss for farmers in the order of 400 million Euros. Recent statistics from the US Centers for Disease Control and Prevention (CDC) on food-borne illnesses indicate that in the United States of America, 48 million illnesses per year occur due to food-borne pathogens, of which there are 128 000 hospitalizations and 3000 deaths. Statistics in Europe found the same results. The Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) has made the fight against food poisoning a very high priority.
- The WHO Diabetes fact sheet No.312, January 2011, estimates that there are 220 million people world-wide with diabetes. Diabetes UK expects this number to rise to about 438 million people by 2030. The US CDC estimates that diabetes costs in the United States of America (direct and indirect) in 2007 were about \$174 billion, and estimates that in the United States of America about 26 % of adults with diabetes take insulin. Current WHO standards for insulin are assigned in IU and are not based on biosynthetic human insulin used to treat patients. Regional pharmacopoeias establish their own reference standards with relative assigned property values which can differ and result in differences in the measured dose of insulin in different regions of the world. The global pharmaceutical industry invites the establishment of a new insulin International Reference Standard with an assigned value expressed in SI units. This should lead to consistent doses of biosynthetic human insulin for patients world-wide, produced commercially at a lower cost, while also improving the consistency and accuracy of clinical diagnostic tests.
- Global climate change monitoring is a major responsibility of the WMO. The WMO signed the CIPM MRA in 2010, bringing in two of its reference laboratories with responsibilities for gas standards and calibrations, which work closely with and participate in the CCQM Working Group on Gas Analysis. During the BIPM-WMO workshop, held in March-April 2010 in Geneva, Switzerland, two sessions on the monitoring of atmospheric composition were held, addressing stable time series for key greenhouse gases and other trace species and remote sensing of atmospheric composition and traceability issues in spectroscopic data. As a result of the close cooperation between NMIs, the CCQM, the BIPM and the WMO, the NPL is now the recognized holder of the WMO primary standard for measurements of VOCs in the atmosphere, while NIST is the Central Calibration Laboratory for the WMO-GAW network for surface ozone. Joint research activities by the BIPM and NIST have solved a number of systematic biases discovered in earlier comparisons. Joint activities include the cooperation with respect to ocean salinity measurements in the CCQM Working Group on Electrochemical Analysis.
- In the field of biofuels (ethanol and fatty acid methyl esters (FAME) or bio-diesel) cooperation between INMETRO (Brazil), NIST (United States of America), the EU (different NMIs and the IRMM) and the CCQM Working Groups on Organic, Inorganic and Electrochemical Analysis contributed to harmonized specifications, needed to protect engines from damage resulting from the use of biofuels of different sources and quality, and which contribute to globally comparable measurements results, so removing technical barriers to trade when biofuels are exported.

The interest in metrology in chemistry shown by many stakeholders is demonstrated by the participation of all concerned stakeholders in a number of specialized CCQM and BIPM workshops, held over the last 4 years, including:

- CCQM ‘Measurement Traceability for Pharma and Bio-pharma Measurements’ in December 2008, held with the USP, multinational pharmaceutical industries, the National Institute for Biological Standards and Control (NIBSC, being the major WHO reference laboratory), regulators (EDQM) and clinical chemists from hospitals.
- CCQM Workshop on ‘Metrology for Forensic Science’ in April 2010, held with the regional Networks of Forensics Sciences Institutes, police organizations and accreditors.
- CCQM Workshop on ‘Metrology and the Need for Reliable Traceable Microbiological Measurements to Ensure Food Quality and Safety’ in April 2011, held with the International Dairy Federation (IDF), multinational food industries, regulators, standardization bodies and food testing laboratories.
- BIPM-WMO Workshop on ‘Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty’ in March-April 2010, held at the WMO headquarters, Geneva, Switzerland.

As a consequence of the importance of the activities undertaken by the CCQM, many intergovernmental organizations and international bodies, including the IAEA, WMO, Codex Alimentarius Commission of the WHO and the UN Food and Agricultural Organization (FAO), International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC), World Anti Doping Agency (WADA), International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC), Reference Materials Committee of the International Standardization Organization (ISO REMCO), ILAC, the international forensic sciences community, pharmacopeia, IDF and GMO and micro-biological measurements/testing laboratories, participate in the CCQM and its Working Groups.

In addition to the above mentioned workshops the CCQM organized workshops addressing general topics of interest to the CCQM during 2007-2011:

- CCQM Workshop on ‘15 years of CCQM, Achievements and Challenges’, held April 2008
- CCQM Workshop on ‘Frontiers of Traceability in Chem/Bio Measurements’, held April 2009
- CCQM Workshop on ‘Key Comparisons Reference Value (KCRV) and Degrees of Equivalence (DoEs)’, held November 2009.

The CCQM Working Groups have organized workshops to address specific problems encountered in their work, in particular with respect to the developments, availability and application of measurement methods and techniques and specific problems faced in the execution of key and other comparisons.

Since the 23rd meeting of the CGPM, the CCQM has met in April of each year at the BIPM headquarters. During the same week, or the previous week; meetings of all seven CCQM Working Groups were held.

The number of members and observers of the CCQM has grown over the last 4 years as a consequence of the development of metrology in chemistry in the Member States and Associates, also because of the fast growing interest of other intergovernmental organizations and international bodies. This reflects the rapidly growing need of trade, industry and society in

reliable, comparable and traceable measurements in all fields of chemistry. In April 2011 the CCQM had 28 member organizations and 11 observer organizations. Among the member organizations are the IAEA, the Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM) of the Joint Research Centre of the European Union, the IFCC, ISO REMCO and IUPAC. CCQM meetings have also been attended by a representative from the ILAC and the Cooperation on International Traceability in Analytical Chemistry (CITAC).

In the CCQM Working Groups several experts from other intergovernmental organizations and bodies actively participated in scientific discussions and key and pilot study comparisons. Among these participants were experts from the IAEA, WMO, WHO (NIBSC), pharmacopoeia, IFCC and biological and food measurement laboratories.

The broad interest in metrology in chemistry is clearly demonstrated by the increased participation in the activities of the CCQM Working Groups of many other NMIs and DIs from non-CCQM members and observers which are active and/or developing their metrology in chemistry capabilities. These developing NMIs and other DIs can join pilot study comparisons to gain experience and bench-mark their capabilities.

Most CCQM Working Groups met twice a year; every April at the BIPM headquarters and during September-October at a venue hosted by a local NMI/DI. When hosting CCQM Working Groups and having a group of international experts visiting, most of the inviting NMIs organize a symposium on behalf of their local or regional community, inviting a variety of stakeholders. This process has contributed to increased awareness and a better understanding of the issues involved, particularly for local participants at the second half yearly meeting. International cooperation is stimulated and mutual confidence created among all participants. Moreover, the burden and cost of travelling, participation and organization is distributed more fairly.

Most of these national and regional symposia are dedicated to issues of local interest, including:

- food safety and nutritional content
- clinical measurements
- environmental measurements (pollution control and climate change)
- metals and other (raw) materials
- energy sources, including fossil, bio and hydrogen energy sources
- support to small and medium size enterprises (SMEs)
- organizing a national metrology in chemistry infrastructure
- Certified Reference Materials
- advantages of participation in the CIPM MRA.

Depending on the specific needs of a country, there may be other priorities, but in general the work carried out by the CCQM Working Groups is driven by the issues set above.

Over the period 2007-2011, CCQM Working Groups held their second half year meetings in:

2007:

- IAWG/EAWG – Charleston, SC, United States of America, hosted by NIST
- OAWG – Braunschweig, Germany, hosted by PTB
- GAWG/BAWG – Sydney, Australia, hosted by NMIA

2008:

- IAWG/EAWG – Vienna, Austria, hosted by IAEA
- BAWG/OAWG/GAWG – Bangkok, Thailand, hosted by NIMT

2009:

- IAWG/EAWG/OAWG/BAWG/GAWG – Rio de Janeiro, Brazil, hosted by INMETRO

2010:

- IAWG/EAWG – Borås, Sweden, hosted by SP
- GAWG/OAWG/BAWG – Singapore, hosted by A*STAR and HSA

2011:

- GAWG – Boulder, CO, United States of America, hosted by NIST and NOAA
- BAWG – Queretaro, Mexico, hosted by CENAM
- OAWG/IAWG/EAWG – Sydney, Australia, hosted by NMIA

The majority of key and pilot study comparisons are organized and carried out by the CCQM Working Groups at one session for the global NMI/DI community (because well characterized samples available to serve the global community most effectively and efficiently are often only available at that time), there is much less need for RMOs to organize regional comparisons. This avoids the need for unnecessary and costly duplication of comparisons by RMOs. Equally, the CCQM can consider and compare all comparison results at the same time. As a consequence, although growing, the activities of the RMOs in the field of metrology in chemistry are rather limited and in the majority of cases concentrates on training, knowledge transfer and bench-marking of NMIs and DIs in preparation for participation in CCQM and its Working Group's activities. An exception is the development in gas analysis, where more-and-more RMO key comparisons are being organized.

CCQM Working Groups

Major activities by the CCQM can be distinguished as 'studies' or 'key comparisons' and are conducted by the 7 CCQM Working Groups:

- Working Group on Organic Analysis (OAWG), chaired by Dr May, NIST, United States of America
- Working Group on Inorganic Analysis (IAWG), chaired by Dr Sargent, LGC, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
- Working Group on Gas Analysis (GAWG), chaired by Dr Milton, NPL, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
- Working Group on Electrochemical Analysis (EAWG), chaired by Dr Mariassy, SMU, Slovakia
- Working Group on Bioanalysis (BAWG), chaired by Dr Parkes, LGC, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
- Working Group on Surface Analysis (SAWG), chaired by Dr Unger, BAM, Germany

- Working Group on Key Comparisons and CMC Quality (KCWG), chaired by Dr Mackay, NMIA, Australia.

In addition to the 7 permanent CCQM WGs the CCQM has 3 *ad hoc* Working Groups:

- *ad hoc* Working Group on Efficient and Effective Testing of CMC claims (EETWG) of the NMIs and DIs participating in the CIPM MRA, chaired by Dr Turk, NIST, United States of America
- *ad hoc* Working Group on the calculation of the Key Comparison Reference Value (KCRVWG), chaired by Prof. Cox, NPL, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
- *ad hoc* Working Group on the Redefinition of the mole, chaired by Dr Milton, NPL, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.

The EETWG has completed its work and the results are being implemented by the IAWG, OAWG and the GAWG. Therefore, the EETWG has been disbanded.

As a result of the CCQM microbial workshop, held at the BIPM headquarters in April 2011, the CCQM has initiated an *ad hoc* Steering Group, chaired by Dr Locassio, NIST, charged with investigating in close cooperation with the relevant stakeholder communities, how the comparability through traceability of micro-biological measurement results can be realized and improved.

The areas covered by the CCQM include health, food, environment, advanced materials, commodities, forensics, pharmaceuticals, biotechnology, surface analysis and general analytical applications. All Working Groups contribute to all areas depending on the type of study or analysis to be conducted. The lists of Studies, KCs and results are published on the BIPM website.

The number of KCs and pilot study comparisons is increasing and will underpin the very wide area of claimed CMCs in metrology in chemistry. In June 2011 some 100 KCs had been carried out, are ongoing or are planned, underpinning some 4841 CMCs in metrology in chemistry, of 24 000 CMCs in total recognized under the CIPM MRA. In addition to KCs another 130 pilot study comparisons have been carried out, are under way or will begin shortly. These pilot studies are partly used as additional information underpinning claimed CMCs, but are mainly carried out as feasibility studies in complex cases, and for new NMIs/DIs in the field of metrology in chemistry for learning and bench-marking. There are still several areas of claimed CMCs where the reliability based on the results of a study or key comparison is not evident. The Working Group on Key Comparisons and CMC Quality has compiled a list of areas for detailed study or key comparison.

The area of metrology in chemistry is very wide with thousands of different analytes embedded in an even larger number of chemical matrices. The preparation of a chemical sample prior to its measurement is a critical part of the whole procedure. In many cases the largest uncertainty components originate in this phase of preparation. Furthermore, in order to be able to calibrate analytical equipment for all the different measurands, many different calibration solutions and certified reference materials (CRMs) are needed. An extra complication is that, depending on the chemical matrix, the measurement device may behave differently and provide different results. This means that the analytical equipment and the measurement process have also to be validated or calibrated with a CRM of, as far as is possible, the same composition as the material being measured.

To limit the enormous burden on NMIs carrying out key comparisons and pilot study comparisons the results of a study, conducted by the CCQM EETWG, is being implemented by the CCQM Organic-, Inorganic- and Gas-Analysis Working Groups.

The principle of the new approach is to establish global comparability of measurement results through traceability, and to strengthen confidence in claimed CMCs from participating NMIs and DIs, to verify the core capabilities and competences of an NMI/DI to conduct calibrations, undertake value assignment or production and certification of CRMs in broader areas of metrology in chemistry. This covers a wide range of related CMCs, but avoids the necessity to organize a KC for every claimed CMC and can be achieved by:

- key comparisons testing core competencies
- key comparisons of deliverables to the customers, such as CRMs and samples of PT schemes
- key comparisons of challenging chemical components and matrices.

In addition pilot study comparisons will be organized for research, feasibility studies, training and bench-marking.

Taking into account the large number of comparisons already carried out for a more limited group of analytes and matrices in the field of gas analysis, the GAWG judged the performance of NMIs/DIs on the basis of the results obtained following participation in a limited number of well-chosen gas comparisons.

Issues needed to be addressed and understood are:

- understanding and research with respect to the definition of the measurand. Many of the discrepancies between measurement results obtained by laboratories is caused by not having precisely defined the measurand for measurement and/or being unaware whether the measurand is correct for purpose
- method/procedure dependent measurement results
- matrix problems
- commutability in clinical and therapeutic measurements
- inhomogeneity and stability problems
- expressing large molecules in terms of the SI
- the use of non-SI units in cases where traceability to SI is not (yet) achievable, for example WHO units for biological activity:
 - quantification of DNA
 - cell measurements
 - microbial measurements.

Traceability to the SI, and when this is not (yet) possible to other internationally agreed references, means at the pinnacle of the metrological traceability pyramid the availability of a primary method/procedure and a primary calibrator, i.e. a very well-known and characterized pure material. Purity analysis should be a major priority for NMIs/DIs and more attention should be paid to this issue, which is a core activity of the BIPM in the field of large organic molecules of importance to the health care, forensics and food safety sector.

Working Group on Organic Analysis (OAWG)

The OAWG has about 45 members and meets twice a year. Membership includes experts from the EU food safety testing reference laboratories and clinical diagnostic laboratories (IFCC). The Working Group focuses on key- and pilot study comparisons underpinning CMCs in the areas of:

- high purity chemicals, such as organic compounds
- organic solutions, such as PAHs, PCBs, pesticides and others
- advanced materials, including plastics
- biological fluids and materials, such as blood serum, renal fluids, tissues
- food, including nutritional constituents, contaminants
- fuels and biofuels
- sediments and soils.

Over the last 4 years 12 KCs and 13 pilot study comparisons have been carried out. Almost all results were satisfactory with measurement uncertainties in the order of magnitude of 1 % to 3 % or better. It is expected that the OAWG will further investigate the needs of the food, clinical chemistry and forensics sectors, while the amount of essential work on purity analysis will be increased. Recent work has included purity assessment of aldrin, and comparisons of malachite green in fish tissue, and ethanol and water in bioethanol derived from sugar cane. A joint Working Group meeting with the IAWG and a half-day symposium devoted to clinical measurements are planned.

Working Group on Inorganic Analysis (IAWG)

The IAWG has 50 members and meets twice a year. Membership includes experts from the IAEA and from a number of reactor institutes with Neutron Activation Analysis (NAA) measurement capabilities.

The CCQM IAWG workshop on specialized measurement techniques, held in April 2011, emphasized emerging or novel techniques, such as laser ablation for the direct analysis of solids, multi-element analysis and tagging for speciation, and bio-imaging and geochronology. Concerns have been expressed about the long-term availability of a sufficient number of essential techniques, in particular those for the determination of non-metallic impurities in pure metal primary standards, techniques for the analysis of high purity metals, notably for the measurement of C, N, O, H, and for measurements by glow discharge mass spectrometry, coulometry and techniques such as neutron and photon activation analysis. In particular, there are concerns that fewer and fewer reactor institutes are able to maintain NAA capabilities and have these essential and therefore do not have the primary capabilities needed for the metrological community. The IAWG is focusing on key- and pilot Study comparisons underpinning CMCs in the areas of:

- high purity chemicals, such as inorganic compounds, metals and isotopic ratios
- inorganic solutions, such as elemental calibration and anionic solutions
- water, such as fresh water, heavy metals contaminated water, sea water
- metals and metal alloys, such as elements in steel, aluminium alloy, copper alloy, solder, high purity metals

- advanced materials, such as polymers
- biological fluids and materials, such as blood serum, renal fluids
- food, such as contaminants, fertilizers, pharmaceutical supplements
- fuels, such as petroleum products and biomass
- sediments and soils
- other materials, such as clay.

Over the last 4 years 10 KCs and 21 pilot study comparisons have been carried out. Almost all results are very satisfactory with an uncertainty in the order of magnitude of 1 %. Recent, ongoing and planned work includes elemental calibration solutions, lead in lead-free solder, arsenic and arsenobetaine (AsB) in an AsB standard solution and in fish, trace metals in water, assay of dichromate and selected elements in bio-ethanol.

An important but difficult issue is moisture measurement in chemical compounds. An example, under discussion for a number of years, is the measurement of moisture in grain and cereals. Many NMIs and DIs prefer to have CMCs approved and recognized under the CIPM MRA, because the price of traded grain is highly dependent on moisture content. However, as moisture is a strongly method/procedure defined measurand and CRMs used to calibrate moisture in grain field instruments is vulnerable under normal environmental conditions, it is essential that a global agreement is reached for the method/procedure. This standardization issue is being addressed by different international organizations, including the Codex Alimentarius Commission, the OIML and ISO. A consequence of different written standards being applied is that not all sufficiently define the measurand, so no global comparability of moisture in grain and cereals measurement results can be realized.

In its meeting in April 2011 the CCQM invited the OIML to take a lead in harmonizing the global moisture in grain measurement methods/procedures in cooperation with the Codex Alimentarius Commission and ISO. A number of metrological problems, such as coulometry, are multi-disciplinary. Therefore the IAWG and the EAWG hold joint meetings twice a year.

Working Group on Gas Analysis (GAWG)

The GAWG has 40 members and meets twice a year. Membership includes experts from the WMO Global Atmosphere Watch (GAW) programme reference laboratories, such as NOAA. The Working Group has organized a number of workshops addressing GAW issues including greenhouse gases and the consequences of the results of relevant comparisons. The GAWG focuses on key- and pilot study comparisons underpinning CMCs in the area of gases, such as high purity, environmental, fuel, forensic and medical gases.

Over the last 4 years 10 KCs and 6 pilot study comparisons have been carried out. Most of the results are very accurate, achieving uncertainties better than 1 % and in several cases approaching 0.01 %. Recent work includes comparisons of natural and synthetic refinery gas, forensic and indoor air quality gases which are regulated in different areas around the world, like ethanol and VOCs, and emission level studies and gases associated with air quality and atmospheric monitoring. Some of the GAWG activities are carried out in cooperation with the WMO GAW programme. At the CCQM meeting in 2011, further work was agreed with the WMO GAW programme to establish a VOC scale.

The GAWG also contributes to important international studies of absorption cross-sections for ozone and the impact of setting ranges for atomic weights. These studies are carried out in cooperation with the WMO *ad hoc* Absorption Cross-Sections of Ozone committee, IUPAC and ISO. The results are important to reduce biases between the different measurement techniques used in air quality monitoring, and reducing measurement uncertainty, crucial to the WMO and the speciality gases industry.

Working Group on Electrochemical Analysis (EAWG)

The EAWG has about 25 members and meets twice per year. The Working Group has a specialist scope dedicated to pH, electrolytic conductivity and coulometric measurements. These measurements are critical in clinical/medical, pharmaceutical, food and environmental measurements. The Working Group focuses on key- and pilot study comparisons underpinning CMCs in the areas of:

- pH, such as different points on the pH scale
- electrolytic conductivity, such as different points over the wide conductivity scale
- coulometry, in cooperation with the CCQM IAWG.

In general, results have been good and have contributed to better comparability in pH and conductivity measurements. Some challenges still exist, including pH in ethanol. Furthermore, as NMIs and DIs of developing countries start to realize national measurement standards for these quantities, comparison work will be needed in these areas in the near future.

Recent, ongoing and planned work includes the identification of critical parameters in the preparation of Ag/AgCl electrodes and their sensitivities with respect to the accuracy of pH measurement, pH of phthalate, assay of dichromate, and conductivity of sea water (salinity measurements). Another issue of concern are the consequences and problems for the calculation and size of the final measurement uncertainty, resulting from the IUPAC decision to publish new atomic weight data, in particular where IUPAC is presenting ranges for atomic weights of the elements. The CCQM concluded that the IUPAC Commission on Atomic Weights should be approached as soon as possible, to make them aware of the problems created by the publication of new atomic weight data.

Working Group on Bioanalysis (BAWG)

The BAWG has about 45 members and meets twice a year. The Working Group addresses measurement problems in the relatively new area of chemical metrology of very large and complex molecules. The measurand may be difficult to define and in several cases the measurand is defined by the method/procedure applied. Often it is more important to know the biological activity, which is best related to the composition of the molecule/particle itself, preferably expressed in terms of the SI. Comparability, traceability and measurement uncertainty are important issues, particularly when major decisions are based on measurement results, for example in health treatment decisions and the quantity of genetically-modified organisms (GMOs) in crops. The Working Group focuses on key- and pilot study comparisons underpinning CMCs in the area of:

- biological fluids and materials, such as proteins and cells
- food, such as GMO, DNA.

The UK National Institute for Biological Standards and Control (NIBSC), the major WHO laboratory, and the US Pharmacopeia both actively participate in studies and comparisons organized by the BAWG.

Recent, ongoing and planned work includes measurement of multiple RNA transcripts, investigation of comparability of enzyme (amylase) catalytic concentration, quantification of the relative quantity of two genomic DNA fragments in biological tissue, quantification of DNA methylation, peptide/protein quantification, quantification of CD4⁺ cell enumeration and fluorescence calibration of diagnostic flow cytometry assays, and number of and geometrical property of cells adhered to a solid substrate.

As innovative applications and methods are developed in the field of bioanalysis, issues over intellectual property may arise. This issue was discussed with the CIPM with the aim of agreeing a set of rules to be applied if it occurs.

A symposium on 'Biometry in support of Clinical Diagnostics' will be held at the BAWG meeting in Mexico in October 2011.

Working Group on Surface Analysis (SAWG)

The Working Group has about 20 members and meets annually. Membership includes experts from NMIs and academia. The Working Group focuses on key- and pilot study comparisons underpinning CMCs in the areas of:

- surfaces, such as quantitative analysis of Fe-Ni alloy, carbon in precipitates in Fe, N in surface layers of Fe
- films, such as SiO₂ on Si film thickness
- engineered nano-materials of inorganic, organic, bio- or other materials.

Recent, ongoing and planned work includes amount of Fe and Ni in 200 nm Fe-Ni alloy, calibration issues of electron probe micro-analysis (EPMA), and thin-film of CuInGaSe₂ on silica substrate, which is of importance to the solar cell industry. Future work will include studies and comparisons in engineered nano-particles. Test particles will be taken from the current OECD list.

A second joint meeting of the SAWG and the BAWG will discuss and study the possibilities of surface analysis in the area of bio-chemical analysis. The methods and technologies used in this type of measurement and the type of problems encountered are generally the same as those in chemical analysis. So, collaboration with other CCQM Working Groups, like the BAWG is desirable.

Working Group on Key Comparisons and CMC Quality (KCWG)

The KCWG meets annually. The Working Group is composed of selected representatives/experts from the RMOs and all CCQM Working Groups. The Working Group is charged with discussing and solving issues that result from the intra- and inter-RMO review of the CMCs claimed by NMIs and DIs. Another task is to harmonize the policies and procedures applied by the other CCQM Working Groups when organizing key comparisons and other comparisons. The Working Group also investigates areas where NMIs claim CMCs, where no key comparisons have been organized.

NMIs not only deliver services to customers through calibration and measuring capabilities, but in many cases through Certified Reference Materials (CRMs) as the means of disseminating

traceability, and/or to deliver assigned reference values to proficiency testing (PT) providers. The Working Group also investigates criteria for accepting CRMs mentioned in CMCs published by the BIPM in the KCDB, and the capability and competence to assign reference values for PT schemes.

In a limited number of cases a one-to-one comparison can be carried out to test the claimed CMCs, the discussion on 'How Far the Light Shines' (HFTLS) is still relevant. The KCWG is studying this matter and the consequences of new approaches for testing the core capabilities and competences, as implemented by the IAWG, OAWG and GAWG, on judging the CMCs claimed by the NMIs and DIs.

In this respect the proposals made by the CCQM *ad hoc* Working Group on the KCRV will be considered. The KCRVWG has developed a number of statistical models to calculate the uncertainty of the reference value of key comparisons. However, the general opinion is that, in most cases, the model to apply should be simple and be based on arithmetic mean or median calculations, because in many cases a more sophisticated statistical approach is not justified. Decisions on outliers in the results have to be taken on the basis of careful scientific considerations, taking into account the different types of techniques used in a comparison and the differences experienced by participating NMIs/DIs. Another debate concerns the relationship between the degree of equivalence obtained by a laboratory in a key comparison and the uncertainty of the corresponding CMC that it claims. Different opinions have been expressed but a final conclusion has not yet been reached. The KCWG is in the process of reviewing the published chemical CMCs, because during the first years of the CIPM MRA, acceptance of CMCs was not always based on the results of key comparisons, but instead on other additional information. Whether this information is justified will be checked over the next few years.

CCQM Advisory Group on the BIPM programme of work

In 2006 the CCQM created a special group, composed of the chairs of the CCQM Working Groups and the chairs of the RMO Technical Committees on metrology in chemistry, to advise the CCQM and the BIPM with planning and execution of the programme of work of the BIPM in the field of metrology in chemistry. The BIPM Chemistry Department reports each year to the CCQM about the progress of its work.

At the CCQM Advisory Group meeting held in April 2010 the BIPM presented an overview of its achievements in recent years, particularly the work to be carried out under the programme of work for the period 2009-2012. The Advisory Group concluded that the results achieved by the BIPM were satisfactory and appreciated by NMIs and other stakeholders, including the WMO GAW, IFCC and the JCTLM. Results have been achieved in:

- accuracy of the primary ozone standard meters used in monitoring possible climate change have been improved for gas metrology.
- comparisons carried out by the BIPM of the greenhouse gas CRMs, as delivered by the NMIs, demonstrated much lower measurement uncertainties and are considered by the NMIs as a very effective and efficient way of demonstrating global comparability.
- purity analysis of organic compounds carried out by the BIPM, in addition to similar activities carried out by a very limited number of NMIs, is unique and essential for establishing comparability through traceability to the SI, this work is executed in close coordination with NIST among others.

The validation of primary purity methods and procedures is crucial to establish traceability in the area of clinical, forensics and food measurements.

The work reported by the BIPM fully meets the criteria formulated for the Chemistry Department of the BIPM, namely:

- The BIPM needs to be a scientific institute in order to deliver its mission.
- The BIPM science programme should focus on the specific needs of international metrology and demonstrate clear added value to its customers (the world-wide measurement community).
- Activities of the BIPM should occupy a niche which addresses high-level metrology issues and reflects the BIPM's global status.
- The BIPM should focus on gas metrology in support of the WMO GAW programme and on organic purity analysis in support of the activities of the Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) in clinical diagnostic measurements, and pharmaceutical, forensics and food safety measurements.

The Advisory Group considered the proposals for the 2013-2016 BIPM programme of work in metrology in chemistry. The Advisory Group welcomed and supported the BIPM programme of work and its focus on:

- the international equivalence of standards in support of greenhouse gases and air quality monitoring (WMO GAW programme)
- primary calibrators for clinical chemistry, pharma, forensics, environmental, and food analyses
- organic large molecule calibrators for therapeutics and diagnostics, and noting that this activity has received full and explicit support from the pharmaceutical industry delivering pharmaceuticals for diabetes.

The CCQM in its April 2010 meeting endorsed unanimously the recommendations formulated by the CCQM Advisory Group. Equally, the CCQM appreciates the role of the BIPM Chemistry Department as the Executive Secretariat of the JCTLM.

The CCQM welcomed the report [BIPM-2011/02](#) 'Study of Measurement Service and Comparison Needs for an International Measurement Infrastructure for the Biosciences and Biotechnology: Input for the BIPM Work Programme', under the direction of the BIPM and carried out by Dr Marriott, Dr O'Connor, and Dr Parkes, LGC, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland. The report provides guidance to the BIPM, the CCQM and its Working Groups, NMIs and DIs.

Joint CCQM Working Group meetings

The CCQM Working Groups hold regular joint meetings with other CCQM Working Groups: the Working Group on Inorganic Analysis with the Working Group on Electrochemical Analysis; the Working Group on Organic Analysis with the Working Group on Bio Analysis; and the Working Group on Organic Analysis with the Working Group on Gas Analysis. These joint meetings have been useful and will continue in the future, for example the Bio Analysis Working Group and the Surface Analysis Working Group.

Although the scope and size of a number of the CCQM Working Groups is comparable with those of Consultative Committees in 'physical' metrology, it is preferable to have direct and

easy discussions, cooperation and harmonization under one Consultative Committee for Metrology in Chemistry.

Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine – JCTLM

The JCTLM was created as a result of EU regulation. The EU Directive 98/79/EC on *in vitro* diagnostic medical devices requires ‘the traceability of values assigned to calibrators and/or control materials must be assured through available reference measurement procedures and/or available reference materials of a higher order’. The JCTLM is composed of representatives from the BIPM, the IFCC and the ILAC and is supported by all relevant stakeholder communities, including IVD industry associations. The JCTLM is chaired by the IFCC, while the secretariat is with the BIPM. A regular stakeholder meeting is held between representatives of the WHO, regulators, clinical laboratories, proficiency testing providers, relevant standardization bodies and the *in vitro* diagnostics industry. Experts from these stakeholder communities participate in the JCTLM Working Groups.

The JCTLM has two Working Groups:

- Working Group 1 on Reference Materials and Reference Procedures, co-chaired by NIST and the IRMM
- Working Group 2 on Reference Measurement Laboratories and PT schemes, co-chaired by the German Association of Clinical Chemists, University of Bonn (Germany) and the University of Ghent (Belgium).

Working Group 1 has 14 sub-groups:

- blood cell counting
- blood groupings
- coagulation factor
- drugs (digoxin, lithium, cocaine, etc.)
- electrolytes (calcium, chloride, potassium, etc.) and blood gases
- enzymes (AST, Amylase, CK, GGT, etc.)
- metabolites and substrates (cholesterol, urea, etc.)
- microbial serology
- non-electrolyte metals
- non-peptide hormones (cortisol, estriol, testosterone, etc.)
- nucleic acids (DNA, RNA)
- proteins (albumin, troponin-1, PSA)
- vitamins
- quality systems.

Whenever possible, comparisons are organized to test the comparability of ‘higher order’ reference materials that fulfil the basic criteria of quality and traceability. Few NMIs have the capability to undertake these comparisons and the JCTLM invites support from NMIs as much as possible. There exist areas where almost no NMIs have capability, comparability tests in these

areas, e.g. hormones, are carried out only by recognized clinical laboratories, participating in the network of reference laboratories in that particular field.

Working Group 1 has published two lists of higher order reference materials and reference measurement methods/procedures:

- List 1: Certified Reference Materials and Reference Procedures for well-defined chemical entities or internationally recognized reference method-defined measurands; these are SI traceable measurands.
- List 2: Reference Materials that are value-assigned using an internationally agreed upon protocol; values of the measurands in the reference materials on this list are not SI-traceable and/or no internationally-recognized reference measurement procedures exist.

Working Group 2 has published a list of approved and available Laboratory Reference Measurement Services. The results of both Working Groups are published on the websites of the BIPM and the IFCC.

Certified Reference Materials

Certified Reference Materials (CRMs) are prepared and used for the calibration of the chemical measurement system (calibration solutions) and for measurement method/procedure validation (chemical matrix materials).

Calibration and measurement services provided by the NMIs and DIs in the field of metrology in chemistry in general exist to deliver CRMs, assign values for in-house reference materials for customers, and deliver an assigned reference value to a PT scheme. Undoubtedly the best way of disseminating traceability is by CRMs.

In the CMCs published in the KCDB, the CRMs delivered by NMIs and DIs are listed. These CRMs are indicative of the quantities/measurands and measurement ranges delivered by a NMI to its customers. It is not the intention that the KCDB will cover the entire catalogue of CRMs deliverable by a NMI or DI. The need for special CRMs, in particular for matrix materials, is almost endless. It is clear that it is an impossible task for NMIs to produce and deliver all the CRMs needed. However, NMIs should certify and deliver very pure materials (primary calibrators), based on the application of direct or indirect primary purity (in general the impurities are determined) measurements, at the top of the traceability chain. Much work with respect to purity analysis remains to be done by the BIPM and NMIs.

A considerable gap still exists between the internationally recognized traceability of CRMs, delivered by NMIs under the CIPM MRA, and commercially produced CRMs. A lack of demonstrated traceability of commercially available CRMs often creates great difficulties for the chemical laboratory community when traceability of their measurement and test results has to be demonstrated. The CCQM welcomed the decision by ILAC to open the possibility for CRM producers to become accredited on the basis of ISO/IEC 17025:2005 and ISO Guide 34:2009, which assumes that traceability requirements are strictly implemented. Cooperation with ISO REMCO has been established to address common issues.

International transportation problems caused by customs and security restrictions

The international transportation of test samples is seriously hindered by continuous, and sometimes disastrous, customs intervention. Increased security measures and an increasing number of regulations with respect to the transport of chemicals create barriers, hindering the organization of important inter-laboratory comparisons. The establishment of global

comparability and demonstrated credibility of measurement results cannot be realized without the organization of pilot study comparisons and key comparisons. It is therefore essential that international transportation of chemical samples is facilitated by the creation of transportation agreements with the responsible authorities. A joint meeting of the BIPM with the World Customs Organization, together with other organizations interested and involved in globally recognized traceability and comparability of measurement and test results, including the IAEA, IFCC, IDF and ISO, addressing the above mentioned issues will be welcomed.

Cooperation with other intergovernmental organizations, international bodies and sector specific associations and expert institutes

Metrology in chemistry covers a wide range of chemical measurements. Metrology in chemistry, coordinated on a global level under the CIPM, has existed for less than 18 years. As the needs in trade, industry, authorities, regulators and society, on reliable, globally comparable and recognized chemical measurement and test results are exacting, the NMIs and DIs do not always have the correct and full expertise in-house. To address this, the CCQM is cooperating with a number of other international organizations, bodies and stakeholder associations with an interest in metrology in chemistry. Experts from these organizations are participating in the activities of the CCQM and its Working Groups, which has been demonstrated to be effective and efficient.

The WMO-BIPM workshop on ‘Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability and Uncertainty’ held in March-April 2010 at the WMO headquarters in Geneva, Switzerland, was very successful and demonstrated the need for and benefits of cooperation between metrologists and meteorologists. The existing cooperation between the CCQM Gas Analysis Working Group and the WMO GAW programme has been intensified. A number of NMIs now deliver traceability to WMO reference laboratories or maintain a measurement scale on behalf of the WMO (e.g. NPL for VOCs), while WMO reference laboratories now participate in the CIPM MRA. The CCQM Electrochemical Analysis Working Group cooperates with respect to salinity measurements. Accurate measurements traceable to the SI, as long-term stable fixed reference anchor points, are essential for several programmes in the environmental area. In particular, WMO GAW programme requires accuracies on the highest achievable levels which are traceable to these long-term stable reference measurement standards.

Measurements in clinical chemistry and laboratory medicine form a vast daily activity world-wide. The production of medical measuring equipment, diagnostic markers and pharmaceuticals is a global activity and as people travel it is clear that comparability and traceability of measurement results will be high on the agenda of the medical, clinical, *in vitro* diagnostics and therapeutics community. Conformance to regulations (e.g. the EU IVD Directive), accreditation requirements, improved treatment of patients and cost savings will require more accurate and precise measurements. The majority of measurements use chemical analysis, therefore close cooperation with the clinical and pharmaceutical community has been established in particular by CCQM Working Groups on Organic Analysis and Bio Analysis, while work has to be done by the CCQM Working Group on Inorganic Analysis. Full participation of the IFCC, NIBSC and US Pharmacopeia in the CCQM and cooperation with the JCTLM demonstrate the interest of these organizations in good measurements.

Support from the BIPM Chemistry Department in pure organic molecules (primary calibrators) and the realization of traceability to the SI for larger organic molecules, such as insulin, was highly commended by the pharmaceutical industry because it will improve world-wide quality of insulin, while reducing the costs of producing insulin.

Cooperation with the World Anti-Doping Agency (WADA) has continued. A BIPM staff member is on the WADA expert committee.

In 2005 the President of the CCQM was invited by the forensic science community at its global meeting in Hong Kong to present on accurate, comparable and traceable measurement results in forensic analysis. This led to cooperation with the European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI) which culminated in a successful workshop on forensic sciences, held in April 2010, demonstrating that 70 % of all chemical analysis, particularly illicit drugs, can be made SI traceable. A follow up workshop may be organized.

The CCQM workshop ‘Metrology and the Need for Reliable Traceable Microbiological Measurements to Ensure Food Quality and Safety’, held in April 2011, demonstrated an urgent need for traceable measurement and test results. The Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) considers that food borne illnesses are a major economic disaster, and therefore declared this a high priority issue which needs to be addressed. The workshop brought together experts from farms, the multinational food industry, food testing laboratories, the IDF, PT providers, regulators, APEC, standardization bodies and NMIs, who reached the unanimous conclusion that intense cooperation between all workshop participants is urgently needed. The CCQM has decided to establish an *ad hoc* Steering Group, chaired by NIST, to study and prepare possible methods of cooperation. Issues to be addressed are:

- sampling
- cell/organism growth
- viable colony counting
- viable non-cultural organisms
- detection, isolation, identification, characterization
- enumeration/counting in different units, e.g. cfu (colony forming unit – a measure of viable bacterial or fungal numbers, expressed as cfu/g or cfu/ml)
- slow laboratory methods versus rapid methods
- reference methods based on growth of organisms
- immunoassays, DNA based tests (e.g. PCR).

Cooperation with the IAEA and the IRMM was realized by the participation of these organizations in the appropriate CCQM Working Groups. With respect to accreditation, standardization and chemical science and guidance documentation, cooperation exists with ILAC, ISO REMCO, CITAC and IUPAC.

Redefinition of the mole

Discussions within the CCQM on the redefinition of the mole in terms of fundamental constants (Avogadro number) continue. The opinion of the CCQM that a redefinition will not affect the results of chemical measurements, as the changes in the uncertainty of molar masses are much smaller than the best measurement uncertainties obtainable, has not changed. However, the CCQM maintains its opinion that a redefinition should only take place after the existing discrepancies between the watt balance results and the x-ray crystal density/molar mass measurements have been explained and solved. Of the measurements still to be carried out, with more accurate and consistent results, are isotope ratio measurements of natural and enriched isotopic composition.

Another point of considerable concern is awareness creation and communication within the wider chemical community. Although IUPAC, as the major representative of the chemical community, has agreed with the proposed redefinition, the CCQM is still not convinced that the IUPAC point of view of agreeing with the proposed redefinition is understood sufficiently well by the chemists. IUPAC is currently addressing this issue. A CCQM workshop on the redefinition of the mole is planned for April 2012.

Designated Institutes (DIs) and national/regional sector specific 'reference laboratories'

In many countries NMIs do not have broad expertise and measurement capabilities with respect to metrology in chemistry. In order to serve trade, industry and society at short notice in an efficient and effective way, it is recommended to make use of existing capabilities and expertise in metrology in chemistry available in several national institutes and universities by designating these institutes to act as a NMI for certain quantities and measurement ranges in chemistry. This has increasingly led to the designation in different countries of other chemical, food, environmental and health care institutes as a DI.

For certain types of measurements in chemistry the use of expensive facilities like a reactor for instrumental neutron activation analysis is used. As the majority of NMIs do not have such a facility it is strongly recommended that NMIs may make use of available reactors in their own countries that are owned by universities and reactor institutes.

World-wide it is observed that in the areas of clinical chemistry, food testing, environmental control and forensics, the authorities are nominating national or regional reference laboratories with the aim of harmonizing measurement procedures and to establish comparable measurement results. As reference laboratories form part of the chain of traceability it is essential that they cooperate with NMIs and that measurements made, when useful, are directly linked to CCQM key comparisons and pilot study comparisons.

Dissemination of traceability, proficiency testing and accreditation

It is impossible for NMIs and DIs to deliver traceability directly to all 'field' laboratories. Therefore, it is important that a second layer of accredited chemical 'calibration' laboratories and accredited CRM producers is realized. ILAC is promoting the accreditation of these CRM producers on the basis of ISO/IEC 17025:2005 plus ISO Guide 34:2009. A system of accredited PT providers, which organize PT schemes with an assigned reference value, is recommended. ILAC is promoting the accreditation of PT providers on the basis of ISO 17043:2010.

Conclusions

The invited cooperation from intergovernmental organizations and other international bodies and associations indicates the importance of metrology in chemistry and shows the urgent need for reliable, accurate, comparable and traceable measurement results. Good progress is being made and work is moving forward to address traceability of larger organic molecules. Although many scientific studies and developments on DNA, RNA, protein, cell and microbial organisms, measurements have to be carried out and realized, it is expected that during the next quadrennial period much progress will be made.

The CCQM has demonstrated since its conception in 1993 by the CIPM, that accurate metrology in chemistry is feasible. The CCQM thanks the support and efforts received from participating NMIs, DIs and other international organizations, institutes and associations.

The President of the CGPM thanked Dr Kaarls for his presentation.

23.9 Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration

Prof. Valdés, President of the Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (*Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations*, CCAUV), presented his report on the activities of the CCAUV since the previous meeting of the CGPM in 2007.

The CCAUV was established in 1998 at the 87th meeting of the CIPM. The CCAUV has met twice since the 23rd meeting of the CGPM in 2007. At present, the CCAUV is composed of seventeen members and thirteen observers, and coordinated by its President, the Director of the BIPM and the CCAUV Executive Secretary.

At the last CCAUV meeting held at the BIPM headquarters in October 2010, Dr Allisy-Roberts announced that she would be handing over the position of Executive Secretary of the CCAUV to Dr S. Picard, BIPM. A special certificate endorsed by all the CCAUV participants was presented to Dr Allisy-Roberts, commending her service to the CCAUV. On 1 January 2011 Dr Picard took over as Executive Secretary of the CCAUV.

Status of key comparisons

Since its creation, the CCAUV has initiated an active programme of key comparisons. Detailed status of the CIPM key comparisons, related to the work of the CCAUV and available in the KCDB, are summarized below.

Acoustics

Four CIPM key comparisons of sound pressure in air have been published and another is in progress:

- CCAUV.A-K1, 1999-2001, Pressure sensitivity level of laboratory standard microphones LS1P, Frequency: 63 Hz to 8 kHz.
- CCAUV.A-K2, 2004-2005, Pressure sensitivity level of laboratory standard microphones LS1P at low frequencies, Frequency: 2 Hz to 250 Hz.
- CCAUV.A-K3, 2003 published in 2006, completed with a bilateral extension in 2007, Pressure sensitivity level of laboratory standard microphones LS2P, Frequency: 31.5 Hz to 31.5 kHz.
- CCAUV.A-K4, 2007-2008, Free-field sensitivity level of laboratory standard microphones type LS2aP, Frequency: 1 kHz to 40 kHz.
- CCAUV.A-K5, 2011-2012 (in progress), Pressure sensitivity level of laboratory standard microphones LS1P, Frequency: 2 Hz to 10 kHz.

Underwater acoustics

The results of a CIPM key comparison of sound pressure in water was published in 2004, with seven participants:

- CCAUV.W-K1, 2003-2004, Hydrophone calibration for underwater acoustics, frequencies between 1 kHz and 500 kHz.

Ultrasound

Two CIPM key comparisons of ultrasonic power have been published and two are in progress:

- CCAUV.U-K1, 1999-2002, Ultrasonic power, Frequency: 1.9 MHz, 6.3 MHz and 10.5 MHz Power: 10 mW, 100 mW, 1 W, 10 W and 15 W.
- CCAUV.U-K2, 1999-2005, Ultrasonic pressure, 1 mm hydrophone calibration, Frequency: 1 MHz to 15 MHz.
- CCAUV.U-K3, 2008 (in progress), Ultrasonic power, Frequency: 2 MHz to 15 MHz, Power: 10 mW to 15 W. Technical problems in the CCAUV.U-K3 comparison have been resolved. A broken connection in the reference transducer was promptly repaired by the PTB, the pilot laboratory, and returned to the first participant for re-measurement. A second problem with water ingress was discovered and the transducer was returned to the PTB. Following a second more extensive repair the PTB carried out further measurements on the repaired device and the results showed only a small increase in response, with a slightly larger deviation above 15 kHz, relative to measurements before the repairs. The project is now following a revised schedule. Regarding the magnitude of the deviations in the transducer performance these are smaller than the measurement uncertainty, which itself is one order of magnitude less than the typical uncertainties required in medical applications.
- CCAUV.U-K4, 2011-2013 (in progress), Ultrasonic pressure. Laboratory reference hydrophone calibration, Frequency: 1 MHz to 20 MHz.

Vibration

In the field of vibration, a CIPM key comparison of charge sensitivity was published in 2002, an extension was published in 2010 with four participants, three of them linked through the PTB:

- CCAUV.V-K1, 2000-2002 and CCAUV.V-K1.1, 2006-2010, Charge sensitivity measurements at 22 nominal frequencies ranging from 40 Hz to 5 kHz, using a Back-to-back (BB) accelerometer and a Single-ended (SE) accelerometer.
- CCAUV.V-K2, 2009 (in progress), Complex charge sensitivity measurement according to ISO 16063-11. Back-to-back and Single-ended accelerometers. Frequency: 10 Hz to 10 kHz.

New key comparisons

- CCAUV.A-K5. A draft protocol was circulated for a new key comparison on the pressure calibration of type LS1P microphones covering the frequency range of 2 Hz to 10 Hz, including both magnitude and phase calibration. The NPL, the pilot laboratory, organized a questionnaire to identify the capabilities of potential participants, which was approved during the 2010 CCAUV meeting. An issue regarding the inclusion of phase calibration was raised by NIST. As a consequence, it was agreed that a bilateral comparison would be organized with NIST following the completion of the measurements for this key comparison.
- CCAUV.W-K2. A draft protocol for a pressure calibration of hydrophones using the coupler reciprocity method is being prepared by the NPL, based initially on participation from six NMIs. The key comparison will cover the frequency range of 20 Hz to 1 kHz.
- CCAUV.U-K4. The NPL will be the pilot laboratory of a key comparison concerning the primary calibration of hydrophones in the frequency range of 1 MHz to 20 MHz, starting in spring 2011.

Proposal for a future comparison

The NIM presented a proposal for a new regional key comparison on low-frequency vibration measurements at the 2010 CCAUV meeting. A major earthquake in southern China in 2008 is the driver for this key comparison. Since the earthquake, the affected area has been regenerated. New regulations introduced since the earthquake require the area to have local on-site advanced sensors, including low-frequency vibration sensors, for detecting earthquake susceptibility. The APMP was therefore given an undertaking to propose and pilot a key comparison on low-frequency vibration measurement. A lower frequency limit for the comparison at 0.5 Hz appears realistic with the present general capability, but the NIM aims to achieve an even lower limit at 0.1 Hz.

RMO key comparisons

The RMO key comparisons linked to these CIPM key comparisons are:

APMP:

APMP.AUV.A-K1, 2004 - 2007; APMP.AUV.A-K1.1, 2008 - 2009; APMP.AUV.A-K3, 2006 - 2007; APMP.AUV.A-K3.1, 2008 - 2011; APMP.AUV.V-K1, 1996 - 2004; APMP.AUV.V-K1.1, 2010; APMP.AUV.V-K1.2, 2009 - 2010.

COOMET:

COOMET.AUV.A-K1, 2002 - 2009; COOMET.AUV.A-K1.1, 2004 - 2009; COOMET.AUV.A-K2, 2009 - 2011; COOMET.AUV.A-K3, 2005 - 2007; COOMET.AUV.V-K1, 2007 (in progress).

EURAMET:

EUROMET.AUV.A-K1, 1997 - 2006; EUROMET.AUV.A-K3, 2003 - 2007; EURAMET.AUV.V-K1.2, 2008 (in progress); EUROMET.AUV.V-K1, 2003 - 2006; EUROMET.AUV.V-K1.1, 2006 - 2010; EUROMET.AUV.V-K1.PREV, 1991 - 1995.

SIM:

SIM.AUV.A-K1, 1997 - 2007; SIM.AUV.A-K1.PREV, 1997 - 2001; SIM.AUV.V-K1, 1997 - 2009; SIM.AUV.V-K1.1, 2005 (report in progress).

Several supplementary comparisons are also in progress.

There are two families of seven key comparisons linked together, one in acoustics (Pressure sensitivity level of standard microphones LS1P at 1 kHz) and one in vibration (Calibration of back-to-back accelerometers at 160 kHz), carried out under the auspices of the CCAUV. The CCAUV is the first Consultative Committee to have achieved this. The successful linkage of the results of six regional key comparisons to the corresponding CIPM key comparison proves the effectiveness of the CIPM MRA after 10 years of effort.

CCAUV Working Groups

Working Group on Strategic Planning (CCAUV-SPWG)

The chairman of the CCAUV-SPWG is Dr Zeqiri (NPL). The CCAUV-SPWG has agreed on the terms of reference of the Working Group:

- Establish a view on the emerging metrology requirements for AUV and the way that these are driven by societal and industrial needs of stakeholders.

- Provide input within the area of AUV into the CIPM ‘Future Needs in Metrology’ documents.
- Advise the CCAUV on the optimal operational structure e.g. for information gathering, collation and dissemination.
- Share information on national priorities (road mapping etc.) for emerging metrology, helping NMIs to formulate improved metrological programmes.
- Identify areas suitable for collaboration, thereby allowing impact to be accelerated.
- Monitor and respond to developments within other CCs (including the future of the SI) which might impact the CCAUV.
- Identify developments needed for AUV measurement of properties relevant to ‘materials metrology’.
- Address key technologies that may provide solutions to the highlighted challenges.

The CCAUV pioneered the approach to strategic planning in a document highlighting future needs for metrology. The Working Group used a questionnaire to identify the existing topics of active research and to identify new areas.

Working Group for RMO Coordination (CCAUV-RMOWG)

The RMOWG is chaired by Mr Veldman (NMISA). The current status of CMC reviews is discussed in this Working Group. The increasing requirement for technical assessors to undertake peer review of quality systems has led to the suggestion to create a database listing expertise. A common format for CMC review was discussed. An existing EURAMET form was adopted with minor changes.

Secondary laboratories reporting uncertainties comparable or smaller than some NMIs will have the validity of their claims examined. It does not seem viable for secondary laboratories to exceed the performance of the NMIs without the research investment that the NMIs are likely to have made; a statement from the ILAC may be required to warn national accreditation bodies of this possible issue.

Working Group for Key Comparisons (CCAUV-KCWG)

The chairman of CCAUV-KCWG is Dr Bruns (PTB). Membership of the Working Group was reviewed and requests were sent to INMETRO, NPL and NMIJ/AIST to nominate additional delegates to the Working Group, bringing the total number of delegates to seven. The KCWG will review KC reports and related documents before that they are distributed to the CCAUV for approval. This contributes to a more robust investigation of the results.

AUV metrology for materials testing

A special issue of *Metrologia* edited by Dr Bennett and Prof. Valdés on ‘Materials Metrology’ was published in 2010, and included contributions from the AUV field.

Advances in AUV research and new developments

Reports of realizations of national standards, calibration and measurement capabilities, and research areas are available on the CCAUV section of the BIPM website. A selection of innovations with direct impact to society was presented by delegates of member NMIs to the CCAUV. These are:

NIM – Calibration equipment for seismographic purposes

Low frequency vibration transducers are widely used for monitoring earthquakes, for oil exploration, to study buildings and environmental vibrations, etc. The Global Seismographic Network consists of hundreds of observation stations world-wide and hundreds and thousands of seismometers used to monitor low frequency vibration of the earth. All seismometers work on low frequencies down to 0.5 Hz, 0.1 Hz or even to 0.008 Hz. These seismometers provide a record of the earthquakes occurring world-wide on daily basis.

Special low-frequency vibration calibration equipment has been developed to meet demands from seismographic departments. Ultra-low-frequency equipment developed by NIM, China, is able to calibrate seismometers at 0.008 Hz, so providing more accurate information of seismic activities. APMP's ongoing low-frequency vibration regional comparison is piloted by NIM and NMISA. It is the first attempt in the Region to ensure traceability and international equivalence of vibration standards at a low frequency range down to 0.1 Hz.

CENAM – Ultrasound physiotherapy devices

If an ultrasound device is not periodically compared to a reference standard, the effectiveness of a medical diagnostic or treatment may be compromised when the device is used. Data from recalls issued by the Food and Drugs Administration (United States of America) indicate that thousands of ultrasound units sold in different countries may show operational non-conformances in respect to their specifications. A study carried out in Mexico by CENAM remarked on the importance of periodic calibration programmes for ultrasound physiotherapy devices, in addition to regular maintenance. A portable radiation force balance with a convex-conical reflecting target, operating in the range 10 mW to 30 W, is used as a reference standard. The output power emitted by each ultrasound physiotherapy device at four nominal values was measured. CENAM performed two on-site studies, sampling 198 ultrasound devices distributed in 114 health care centres within Mexico. Users were mainly gynaecology-obstetrics and physiotherapy departments. The on-site studies demonstrated that about 20 % of the ultrasonography units tested may lead to false negative diagnostics in the case of relatively small and deep anechoic targets, while almost 25 % of the measured physiotherapy devices showed relative deviations larger than those referred in the IEC 61689 standard (20 % deviation is generally acceptable). Other NMIs also reported important developments for the measurement of ultrasound power. Member States and Associates were invited to investigate their own local infrastructure on this matter.

PTB – Noise screens for protecting the hearing of orchestra musicians

When participating in symphony orchestra rehearsals and performances, musicians can be subjected to 8 hours exposure to noise levels of more than 95 dB(A) daily. These values are much higher than the 87 dB(A) limit value in the 'Noise' directive of the European Union for working places, applied since 2008 to the music and entertainment sector. If generation of this 'noise' cannot be reduced, passive protection methods must be applied. The PTB has developed and studied sound insulation screens which can be mounted between rows of musicians, particularly in front of the brass section. These screens reduce the loudness, especially at head height of the musicians in front of the most emitting instruments, without changing the emitted sound of the music. The upper part of the screen is transparent so that the musicians can maintain eye contact with the conductor. Sound level measurements at ten different positions on stage were made with and without screens. In front of the brass section a reduction of 8 dB(A) to 12 dB(A) was obtained. At the position of the conductor a reduction of at least 3 dB(A) was

observed. These screens therefore form a significant element in a safety concept for protecting the hearing of orchestral musicians.

These examples, together with the recent natural catastrophes in China in 2008 and recently in Japan, show that the links between fundamental metrology and needs of society are becoming more and more important.

The President of the CGPM thanked Dr Valdés for his presentation.

23.10 Consultative Committee for Units

Prof. Mills, President of the Consultative Committee for Units (*Comité consultatif des unités*, CCU), presented his report of CCU activities during the last four years.

The CCU has held two meetings since the 23rd meeting of the CGPM (2007): 26-28 May 2009 (19th CCU meeting), and 14-16 September 2010 (20th CCU meeting). At both meetings the discussion was dominated by proposals for major revisions to the International System of Units, the SI. About forty persons attended each of these meetings, among which were some fifteen invited guests, representing the Consultative Committees or experts on the subject from many different institutions. Reports of the meetings are available on the BIPM website and include detailed lists of attendees.

The discussion of possible changes to the SI to redefine the kilogram, ampere, kelvin and mole to fix the numerical values of the Planck constant h , elementary charge e , Boltzmann constant k , and Avogadro constant N_A respectively, was developed from the proposals presented to the 23rd meeting of the CGPM (2007). CCU motivation to propose new definitions is the desire to use the most fundamental constants of nature as reference constants for the foundation of the SI.

19th meeting of the CCU, 26-28 May 2009

A full report of this meeting is available on the BIPM website (<http://www.bipm.org/utis/common/pdf/CCU19.pdf>): here only proposals to revise the definition of the SI are discussed.

After extensive discussion of possible revised definitions for the kilogram and the ampere, the Planck constant h , rather than a specified atomic mass, such as carbon 12 or silicon 28, was chosen to define the kilogram, while the elementary charge e rather than the magnetic constant μ_0 , was preferred to define the ampere. h and e are among the most fundamental constants of nature and, in addition, fixing their numerical values is advantageous for electrical measurements. The choice of the Boltzmann constant k , rather than the triple point of water T_{TPW} , to define the kelvin was unanimous, because of the more fundamental nature of k than T_{TPW} and the greater variety of experiments available to realize the new definition over a wide range of temperatures. The choice of fixing the Avogadro constant N_A , rather than the molar mass of carbon 12, $M(^{12}\text{C})$, to define the mole was discussed at length; the use of N_A was preferred because of the simplicity of the proposed new definition, and because it clarifies the distinction of the quantity amount of substance from mass, and correspondingly the definition of the mole from the kilogram. Although the alternatives were carefully considered, h , e , k and N_A remain the preferred choice of new ‘reference constants’ by the CCU for new definitions of the kilogram, ampere, kelvin and mole.

There followed extensive discussion of the words to be adopted for the new definitions. It was eventually decided to adopt the new approach of first defining the entire SI in a single sentence

by specifying the numerical values of the seven reference constants used to scale the magnitude of all the units, without introducing a distinction between base and derived units. It was agreed that this approach should be followed by worded definitions for each of the traditional seven base units, both for ease of understanding, and to maintain the relation of the definitions to the historical development of the SI. It was proposed to define each base unit by specifying the numerical value of a fundamental constant, which is described as an ‘explicit-constant definition’, followed by an explanation aimed at easing the understanding of the underlying physics, such as explicit-unit definitions. The CCU believes this to be a simpler and more fundamental approach to defining the SI.

Many views were expressed about the detailed choice of words to be used in the new definitions. The President of the CCU thus suggested revising Chapter 2 of the current SI Brochure and the CCU appointed a small working group with the objective of producing a Draft Chapter 2 as it might appear following the redefinition of the SI. The drafting committee appointed comprised Prof. Mills (President), with Dr Stenger (PTB), Prof. Himbert (LNE), Dr Davis (BIPM), and Dr Quinn (Emeritus Director of the BIPM). It met at the University of Reading, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, for two days in August 2009.

20th meeting of the CCU, 14-16 September 2010

This was a well attended meeting, and the proceedings were again dominated by further discussions on the proposed revisions to the definition of the SI. A full report on the meeting is available on the BIPM website (<http://www.bipm.org/utis/common/pdf/CCU20.pdf>).

Reports from many bodies, and on extensive discussions of proposals for the redefinition of the SI units held in diverse committees, were generally supportive. For the particular example of the mole, Prof. Mills reported that he had attended the General Assembly of the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC) in Glasgow, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, in September 2009, and that he had received strong support from the Interdivisional Committee on Terminology, Nomenclature and Symbols (ICTNS) for the proposed new definition in terms of a fixed numerical value of the Avogadro constant. This support was later endorsed by the Council of IUPAC.

Finally the meeting returned to the detailed formulation of proposals for what has now become known as the ‘New SI’. The proposals for the New SI are specified in the draft Chapter 2 for a revised SI Brochure following their adoption. The CCU recognized that these proposals cannot be adopted until further experimental results on the values of the fundamental constants to be used in the definitions have been published. Nonetheless it was felt that the proposals should be put to the CGPM in 2011 in order to set the stage for the New SI to be adopted as soon as the experimental requirements are satisfied.

The CCU then voted unanimously for the adoption of CCU Recommendation U 1 (2010) with the title ‘Proposal to the CIPM on elements for a draft resolution for the CGPM at its 24th meeting on the revision of the International System of Units, the SI’. The President of the CCU will present this Recommendation to the CIPM in his report to their meeting in October 2010.

Reports on other CCU activities since the 23rd meeting of the CGPM (2007)

The CCU President reports to the annual meetings of the CIPM in October each year on CCU activities. In the October 2009 report the proposal for changes to the SI from the CCU 19th meeting was presented. Discussion at that CIPM meeting was continued by correspondence

for some months after the meeting, and led to many modifications to the proposals and to draft Chapter 2. In October 2010, **CCU Recommendation U 1 (2010)** was presented as a proposal to the CIPM. After further discussion and modifications, the CIPM accepted almost unanimously the CCU Recommendation U 1 as the basis, with some revisions, for a Draft Resolution to be put to the CGPM. This is the origin of **Draft Resolution A** from the CIPM to the CGPM to be considered at the CGPM meeting in October 2011. Both Draft Resolution A and draft Chapter 2 are freely available on the BIPM website, on a page dedicated to current proposals for a New SI (http://www.bipm.org/en/si/new_si/).

Since there are many changes involved in the proposals with which readers will wish to become familiar, a list of frequently asked questions and answers (FAQs) about the changes involved in the proposed New SI was prepared. These were prepared in collaboration and discussion with many colleagues (of whom some but not all were members of the CCU). The FAQs are available on the BIPM website (http://www.bipm.org/en/si/new_si/faqs.html).

The proposed New SI, as presented in Draft Resolution A, in draft Chapter 2, and in the FAQs, is a proposal that will not actually be implemented for another 2 to 4 years, by which time it is anticipated that new and improved experimental results on the values of the fundamental constants to be used in the definitions will be available. When these proposals are adopted the required values of the fundamental constants used in the definitions should be taken from the most recent CODATA adjustment at the time of adoption. The CCU firmly believes that in the interim the proposed changes to the SI should be disseminated and discussed as widely as possible.

It should be noted that the Royal Society, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland, organized a two-day discussion meeting on 24-25 January 2011 on ‘The New SI: units defined in terms of fundamental constants’. A number of papers were presented by distinguished metrologists from around the world, and there was much discussion, most of which was favourable towards the CCU proposals for the New SI. The opening presentation at this meeting was authored by Prof. Mills, Dr Mohr, Dr Quinn, Dr Taylor and Dr Williams. It acted to review of proposals to be considered at the 24th meeting of the CGPM. The paper was accepted for publication in *Philosophical Transactions of the Royal Society*, and will be published in a special edition of the journal in 2011 along with all the other papers presented at this meeting.

Prof. Mills concluded by expressing his thanks to the Executive Secretary of the CCU, Claudine Thomas, for her professional and expert help in all his activities as President of the CCU.

Dr Quinn (Emeritus Director of the BIPM) paid tribute to Prof. Mills and the many years of work he has put into the development of Draft Resolution A.

The President of the CGPM thanked Prof. Mills for his presentation.

24 Final report from the Working Group on the Dotation of the BIPM

At the start of the fifth session on Friday 21 October, Dr Inglis as Chairman of the Working Group on the Dotation of the BIPM, made a short statement on the second round of discussions held on Thursday 20 October.

The Working Group reached some conclusions, although there was still some divergence of opinions. General points to emerge from the discussions were that the Working Group on the Dotation of the BIPM is still concerned about the run-down of the Capital Investment Fund and there was concern over the BIPM Pension Fund; it was felt that this issue will need to be revisited. However, Dr Inglis cautioned against an erroneous interpretation of the Pension Fund situation.

Within the Working Group on the Dotation of the BIPM, there were concerns over the governance of the BIPM. There was strong support for the creation of the *ad hoc* Working Group as outlined in Draft Resolution N. It was stressed that momentum must be maintained with the formation of the *ad hoc* Working Group, which will review the governance of the BIPM.

It was recommended that the dotation could only be agreed for a period of three years (2013-2015), rather than the traditional four-year period.

There was some support for the LINAC project. The BIPM should be encouraged to look for alternative funding for the LINAC and Member States that are interested in the LINAC project should be encouraged to make voluntary contributions.

The Working Group on the Dotation of the BIPM recommended that the dotation be revised for 2013-2015 to include an increase for inflation of 1 % per year for each of the three years.

The Secretary of the CGPM meeting read the revised text of Draft Resolution C: ‘Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2015’ drafted on this basis. Dr Inglis commented that the revised Draft Resolution C required a great deal of effort and he acknowledged the commitment and hard work of the Working Group on the Dotation of the BIPM, personally thanking all those who participated. There were no further comments on Draft Resolution C. It was recalled that voting on Draft Resolution C required no votes against.

Draft Resolution C was adopted without further discussion as Resolution 3 ‘Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2015’. There were five abstentions: Austria, Spain, Italy, Czech Republic and Slovakia¹³.

25 Votes on resolutions

Voting on Draft Resolutions A, B, D, E, F, G, I, J, and N were by roll-call vote. Forty-two States Parties to the Metre Convention were represented¹⁴ at the meeting of the CGPM, so the majority required was twenty two.

Draft Resolution A

The Secretary of the CGPM meeting, read Draft Resolution A ‘On the possible future revision of the International System of Units, the SI’.

¹³ List given in French alphabetical order

¹⁴ As the Bulgarian delegation was not present at the time of voting on resolutions, the number of represented Member States for the votes is 42.

Prof. Thor (Sweden) commented that there was a mistake in the second bullet point under ‘further notes’:

- that the magnetic constant (permeability of vacuum) μ_0 will be exactly $4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$ but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of the fine-structure constant α and that subsequently its value will be determined experimentally.

He stated that the word ‘exactly’ should be removed. Dr Besley (Australia) added that the word ‘exactly’ should be removed from all four bullet points under ‘further notes’.

This proposal was accepted and there were no more comments or changes to the text of Draft Resolution A, which was unanimously adopted as Resolution 1.

Draft Resolution B

The Secretary of the CGPM meeting read the full text of Draft Resolution B ‘On the importance of international collaboration so as to place measurements to monitor climate change on an SI traceable basis’.

Dr Bock (Switzerland) asked Prof. Kühne if the BIPM would have sufficient funds to carry out the work described in Draft Resolution B, considering the level of the dotation agreed in Resolution 3. Prof. Kühne confirmed that the BIPM will have sufficient funds.

Dr Kaarls commented that one minor change is to be brought to Draft Resolution B. The second bullet point under ‘welcomes’ mentions that the programme of work is for the years 2013-2016; this will be changed to 2013-2015 in light of the change to the period of the dotation adopted in Resolution 3.

There were no more comments or changes to the text of Draft Resolution B, which was unanimously adopted as Resolution 2.

Draft Resolution D

The Secretary of the CGPM meeting read the full text of Draft Resolution D ‘On the status of Associate State of the General Conference’.

Dr Santo (Uruguay) asked for clarification about the five-year period between accession to the status of Associate of the CGPM and the start of the increase of the subscription of Associate States encouraged to accede to the Metre Convention. She queried if the five-year period applies to States that have already been Associates of the CGPM for five years or if it is applied from 2013 onwards. Prof. Kühne replied that the period of five years will start from the date of accession. He added that for those States that have been an Associate State of the General Conference for more than five years, the calculation of their subscription under the new rules will take effect in the year 2013.

Dr Saundry (United States of America) asked for further clarification by posing a hypothetical situation. If a State became an Associate State of the CGPM in the year 2007 and its first CMC was registered in the KCDB in 2010, when would the five-year period start, 2007 or 2010? Prof. Kühne replied that the five-year period would start from the date of accession, i.e. 2007. Prof. Kühne added that the subscription of those States that are presently Associates will increase starting in 2013 to allow Associate States of the CGPM enough time to take the relevant budgetary decisions.

Draft Resolution D was adopted as Resolution 4. There were two abstentions: South Africa and Uruguay.

Draft Resolution E

The Secretary of the CGPM meeting read the revised text of Draft Resolution E ‘On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference’.

Dr Besley (Australia) asked if the term ‘territorial entity’ is defined in the Metre Convention, because CARICOM could be considered to be a territorial entity. Dr Kaarls and Prof. Kühne commented that legal advice was sought when the CIPM MRA was drafted in 1999. A territorial entity is an entity that is not a State. CARICOM is an international organization not a territorial entity.

Draft Resolution E which was adopted as Resolution 5. There were four abstentions: Belgium, Spain, France and Serbia¹⁵.

Draft Resolution F

The Secretary of the CGPM meeting read the full text of the revised Draft Resolution F ‘On financial arrears of States Parties to the Metre Convention’. The revised version of Draft Resolution F replaces Draft Resolutions F1 to F4. The defaulting States will be given a period of 12 months to come to a definitive rescheduling agreement. The delegation from France proposed that Draft Resolution F be adopted with no votes against.

Ms Heurley (France) commented that France is satisfied that the revised Draft Resolution F does not mention the name of individual States Parties to the Metre Convention as it will simplify the diplomatic process when notifying those States that have not signed a rescheduling agreement within the agreed deadline about their exclusion. France is in favour of an adoption with no vote against for Draft Resolution F. Dr Kaarls added that one of the purposes of Draft Resolution F is to clarify the process and prevent defaulting Member States from continuing to build up debts.

A short discussion clarified some minor editorial points in the wording of Draft Resolution F in English. Mrs Chambon commented that the French version is very clear and this is the authoritative version of the Resolution.

Draft Resolution F was adopted with no abstentions and no votes against as Resolution 6.

Draft Resolution G

The Secretary of the CGPM meeting read the full text of Draft Resolution G ‘On rescheduling agreements between the International Committee for Weights and Measures and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears’.

There were no further changes or comments on Draft Resolution G, which was adopted unanimously as Resolution 7.

Draft Resolution H

Withdrawn by the CIPM (See §20).

Draft Resolution I

The Secretary of the CGPM meeting read the full text of Draft Resolution I ‘On the revision of the *mise en pratique* of the metre and the development of new optical frequency standards’.

¹⁵ List given in French alphabetical order.

There were no changes to the text of this Draft Resolution, which was unanimously adopted as Resolution 8.

Draft Resolution J

The Secretary of the CGPM meeting read the full text of Draft Resolution J ‘On the adoption of a common terrestrial reference system’.

There were no changes to the text of this Draft Resolution, which was unanimously adopted as Resolution 9.

Draft Resolution N

The Secretary of the CGPM meeting read the full text of Draft Resolution N ‘On the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM’.

There were some minor editorial changes to Draft Resolution N and Dr Wayner (Canada) commented that strategy and governance are separate issues and should possibly be addressed by two sub-committees of the *ad hoc* Working Group. The Canadian proposal was supported by Dr Bock (Switzerland).

The delegation from the Republic of Korea commented that Draft Resolution N mentions that proposed actions by the *ad hoc* Working Group will be formulated during 2013-2014. He asked if this is correct now that the dotation has been agreed for 2013-2015. Dr Kaarls replied that the findings will be reviewed at the meetings of the representatives of States Parties to the Metre Convention and the NMI Directors and before the next meeting of the CGPM.

There were no further changes to the text of Draft Resolution N, which was unanimously adopted as Resolution 10.

26 Renewal of half of the CIPM

According to Article 8 (1921) of the Regulations annexed to the Metre Convention, election or re-election of half of the CIPM takes place at each meeting of the CGPM. The list of members subject to election comprises the four members provisionally elected by the CIPM since the last CGPM meeting, namely Dr K.H. Chung (2008), Dr Y. Duan (2009), Dr W.E. May (2008), and Dr H.O. Nava-Jaimes (2008). These four were the first to be nominated for ballot. The Secretary of the CGPM meeting, Dr Kaarls, outlined to the Delegates that because there were no current vacant seats on the CIPM, the number of CIPM Members drawn by lot at the last meeting of the CIPM (held the previous week at the BIPM headquarters), was five. The following names were drawn: Mr L. Énard, Dr R. Kaarls, Dr A. Sacconi, Dr W. Schwitz, and Prof. H. Uğur. These nine members are proposed for election by the CGPM.

Voting papers were distributed to the delegations and two scrutineers volunteered to count the votes. The scrutineers were Dr Bock (Switzerland) and Prof. Mills (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland). Delegations were reminded that there was one vote per State.

Dr Gallagher (United States of America) asked for clarification about the voting procedure and what marks were needed on the ballot papers. Dr Kaarls commented that the marks should be

yes, no or abstain for each name and that voting is by an absolute majority and it is not possible to have two members of the CIPM of the same nationality. The votes will be counted by the scrutineers.

Mr Gunn (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) made the following statement: “The United Kingdom delegation would like to place on the record that the rights of the CGPM to appoint a CIPM which is genuinely accountable to the States Parties to the Metre Convention have again been ignored and subverted. An election where there are only as many candidates as there are vacancies and the names of the candidates are only known a few days in advance is not a true election. The UK has strong hopes that the *ad hoc* Working Group on governance and strategy will propose a much better system of selecting those, who under the Metre Convention are responsible for supervising the management of our Organization. We also hope that this is the last time that this method of selection will be followed; the solution is for the *ad hoc* Working Group to identify, but we are certain that something very different is required in the 21st century. Our position is not just based on theory and principle; we believe that insufficient accountability has produced a CIPM whose first instinct is to look backward to how things have always been done, rather than to look forward to how things might be done in the future. We hope you are in the process of changing that. We do not wish to single out any individual CIPM members when making these comments, indeed we have been encouraged by the approach of the new members who have to present themselves for election this year. However, we believe that it is necessary to send a strong message to the CIPM and the new *ad hoc* Working Group that our expectations for far reaching changes are very high and we believe this election is the best means available to us to do so. Accordingly, the UK intends to vote in the ballot in favour of only the four new members: Dr Chung, Dr Duan, Dr May, and Dr Nava-Jaimes and we will abstain from voting for the five existing candidates. We invite other delegations who wish to send the same message to do the same. I would very much want to emphasize that this is not a comment on the individual contribution of the five other candidates, some of whom are indeed trusted advisers in my own domestic programme, however we consider this is the only formal way of expressing the desire for change”.

Dr Bock (Switzerland) added that Switzerland supports the stance taken by the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland.

Dr Bennett (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) made a statement as a member of the CIPM. He commented that the changes to the governance of the BIPM that have been envisaged and discussed are very welcome. Dr Bennett has served on the CIPM for ten years and commented that the Metre Convention may lack some details on governance of the BIPM but is very good for the operation of its laboratory work. He expressed disappointment that the UK delegation is not ready to vote for the proposed members of the CIPM. Dr Bennett commented that the CIPM is under the control of the CGPM and it would be inappropriate for the CGPM to send a message, via the voting process, requiring the CIPM to change and added that an expression of confidence would be preferable.

After the votes had been counted, the four members of the CIPM provisionally elected since the last meeting of the CGPM were elected: Dr Chung, Dr Duan, Dr May, and Dr Nava-Jaimes. In addition, the five members of the CIPM drawn by lot, Mr Érard, Dr Kaarls, Dr Sacconi, Dr Schwitz, and Prof. Uğur were re-elected.

Candidate	Votes
Dr Chung	35
Dr Duan	37
Mr Énard	30
Dr Kaarls	28
Dr May	36
Dr Nava-Jaimes	35
Dr Sacconi	28
Dr Schwitz	28
Prof. Uğur	25

27 Other business

Dr Inglis stated that he would like the *ad hoc* Working Group that has been charged with conducting a Review of the role, mission, objectives, long-term financial stability, strategic direction and governance of the BIPM, as outlined in Resolution 10 to start work as soon as possible. He commented that the Working Group should be restricted to about 15 members and participants should be aware that they will have to make a considerable commitment in terms of time and effort. Dr Inglis added that he will require contact details for individual representatives nominated to serve on the *ad hoc* Working Group and any additional States Parties to the Metre Convention that have an interest in taking part should inform him.

Dr Inglis commented that the dotation of the BIPM has been approved for a period of three years (2013-2015) instead of the usual quadrennium. Therefore, the next meeting of the CGPM will be held in three years i.e. in 2014. There were no objections.

Dr Inglis also mentioned that the Convocation of the General Conference is required to be sent out nine months in advance of a meeting of the General Conference. He commented that with a reduced timetable until the next meeting and the need to produce a new programme of work in less than three years, this will place a considerable burden on the staff of the BIPM. He asked that the CGPM decides a reduction in the time between sending the Convocation and the start of the next meeting of the General Conference from nine months to four months.

Prof. Thor (Sweden) suggested that the Convocation be sent out six months in advance to allow Member States to submit proposals and the CIPM to review them and circulate them sufficiently in advance to the Member States.

Dr Steele (Canada) suggested sending draft documents nine months before the next meeting of the CGPM, with final documents sent when they are ready. This would ensure transparency that work is under way on the documentation. Dr Inglis disagreed with this proposal. Dr Steele stated that electronic versions of the documents would be satisfactory, although he agreed that formal printed copies still need to be sent to the embassies of the States Parties to the Metre Convention. Prof. Kühne added that there are practical implications involved in holding the next meeting of

the CGPM in 2014. There will be meetings of the representatives of States Parties to the Metre Convention and NMI Directors in 2014 and there must be time between these two meetings and the meeting of the CGPM to allow documentation to be sent to Delegates. Therefore, it is essential that the meeting of the CGPM is held late in 2014 and the other two meetings are held early in the year to allow possible integration of proposals.

Following a comment made by the Swedish delegation on the implication of the proposal to reduce deadlines, Dr Inglis suggested that the Convocation be sent six months before the CGPM meeting in 2014, that Delegates submit any proposals four months before the CGPM meeting and that these proposals be circulated to States Parties to the Metre Convention two months before the CGPM meeting. There were no objections to the proposal made by Dr Inglis and these deadlines were approved by the CGPM.

Prof. Kühne commented that there has been a discussion related to Resolution 6 ‘On financial arrears of States Parties to the Metre Convention’ and Resolution 7 ‘On rescheduling agreements between the CIPM and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their arrears’. It has been suggested that if States Parties to the Metre Convention in arrears settle their arrears, the corresponding funds could be used to support the Capital Investment Fund rather than being reimbursed to the other States Parties. Dr Gallagher (United States of America) stated that he would need to look further into this proposal but that his initial thoughts were that the US would not be in favour. There were no other comments.

28 Closure of the 24th meeting of the CGPM

The President brought the 24th meeting of the CGPM to a close by thanking the Secretary of the CGPM meeting, Dr Kaarls; the President of the CIPM, Dr Inglis; and the Director of the BIPM, Prof. Kühne. He also thanked the staff members of the BIPM for their contribution to the 24th meeting of the CGPM as well as all the Delegates for their presence and active participation.

Dr Inglis thanked Prof. Bordé, for his presidency of the 24th meeting of the CGPM.

**Resolutions adopted by the
General Conference on Weights and Measures
at its 24th meeting (2011)**

- **On the possible future revision of the International System of Units, the SI**

Resolution 1

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering

- the international consensus on the importance, value, and potential benefits of a redefinition of a number of units of the International System of Units (SI),
- that the national metrology institutes (NMIs) as well as the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) have rightfully expended significant effort during the last several decades to advance the International System of Units (SI) by extending the frontiers of metrology so that SI base units can be defined in terms of the invariants of nature – the fundamental physical constants or properties of atoms,
- that a prominent example of the success of such efforts is the current definition of the SI unit of length, the metre (17th meeting of the CGPM, 1983, Resolution 1), which links it to an exact value of the speed of light in vacuum c , namely, 299 792 458 metre per second,
- that of the seven base units of the SI, only the kilogram is still defined in terms of a material artefact, namely, the international prototype of the kilogram (1st meeting of the CGPM, 1889, 3rd meeting of the CGPM, 1901), and that the definitions of the ampere, mole and candela depend on the kilogram,
- that although the international prototype has served science and technology well since it was sanctioned by the CGPM at its 1st meeting in 1889, it has a number of important limitations, one of the most significant being that its mass is not explicitly linked to an invariant of nature and in consequence its long-term stability is not assured,
- that the CGPM at its 21st meeting in 1999 adopted Resolution 7 in which it recommended that “national laboratories continue their efforts to refine experiments that link the unit of mass to fundamental or atomic constants with a view to a future redefinition of the kilogram”,
- that many advances have been made in recent years in relating the mass of the international prototype to the Planck constant h , by methods which include watt balances and measurements of the mass of a silicon atom,
- that the uncertainties of all SI electrical units realized directly or indirectly by means of the Josephson and quantum Hall effects together with the SI values of the Josephson and von Klitzing constants K_J and R_K could be significantly reduced if the kilogram were redefined so as to be linked to an exact numerical value of h , and if the ampere were to be redefined so as to be linked to an exact numerical value of the elementary charge e ,
- that the kelvin is currently defined in terms of an intrinsic property of water that, while being an invariant of nature, in practice depends on the purity and isotopic composition of the water used,
- that it is possible to redefine the kelvin so that it is linked to an exact numerical value of the Boltzmann constant k ,
- that it is also possible to redefine the mole so that it is linked to an exact numerical value of the Avogadro constant N_A , and is thus no longer dependent on the definition of the kilogram

even when the kilogram is defined so that it is linked to an exact numerical value of h , thereby emphasizing the distinction between amount of substance and mass,

- that the uncertainties of the values of many other important fundamental constants and energy conversion factors would be eliminated or greatly reduced if h , e , k and N_A had exact numerical values when expressed in SI units,
- that the General Conference, at its 23rd meeting in 2007, adopted Resolution 12 in which it outlined the work that should be carried out by the NMIs, the BIPM and the International Committee for Weights and Measures (CIPM) together with its Consultative Committees (CCs) so that new definitions of the kilogram, ampere, kelvin, and mole in terms of fundamental constants could be adopted,
- that, although this work has progressed well, not all the requirements set out in Resolution 12 adopted by the General Conference at its 23rd meeting in 2007 have been satisfied and so the International Committee for Weights and Measures is not yet ready to make a final proposal,
- that, nevertheless, a clear and detailed explanation of what is likely to be proposed can now be presented,

takes note of the intention of the International Committee for Weights and Measures to propose a revision of the SI as follows:

the International System of Units, the SI, will be the system of units in which:

- the ground state hyperfine splitting frequency of the caesium 133 atom $\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$ is exactly 9 192 631 770 hertz,
- the speed of light in vacuum c is exactly 299 792 458 metre per second,
- the Planck constant h is exactly $6.626\,06\text{X} \times 10^{-34}$ joule second,
- the elementary charge e is exactly $1.602\,17\text{X} \times 10^{-19}$ coulomb,
- the Boltzmann constant k is exactly $1.380\,6\text{X} \times 10^{-23}$ joule per kelvin,
- the Avogadro constant N_A is exactly $6.022\,14\text{X} \times 10^{23}$ reciprocal mole,
- the luminous efficacy K_{cd} of monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} Hz is exactly 683 lumen per watt,

where

(i) the hertz, joule, coulomb, lumen, and watt, with unit symbols Hz, J, C, lm, and W, respectively, are related to the units second, metre, kilogram, ampere, kelvin, mole, and candela, with unit symbols s, m, kg, A, K, mol, and cd, respectively, according to $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$, $\text{J} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$, $\text{C} = \text{s A}$, $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr}$, and $\text{W} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$,

(ii) the symbol X in this Draft Resolution represents one or more additional digits to be added to the numerical values of h , e , k , and N_A , using values based on the most recent CODATA adjustment,

from which it follows that the SI will continue to have the present set of seven base units, in particular

- the kilogram will continue to be the unit of mass, but its magnitude will be set by fixing the numerical value of the Planck constant to be equal to exactly $6.626\,06\text{X} \times 10^{-34}$ when it is expressed in the SI unit $\text{m}^2 \text{kg s}^{-1}$, which is equal to J s,

- the ampere will continue to be the unit of electric current, but its magnitude will be set by fixing the numerical value of the elementary charge to be equal to exactly $1.602\ 17X \times 10^{-19}$ when it is expressed in the SI unit s A, which is equal to C,
- the kelvin will continue to be the unit of thermodynamic temperature, but its magnitude will be set by fixing the numerical value of the Boltzmann constant to be equal to exactly $1.380\ 6X \times 10^{-23}$ when it is expressed in the SI unit $\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$, which is equal to J K^{-1} ,
- the mole will continue to be the unit of amount of substance of a specified elementary entity, which may be an atom, molecule, ion, electron, any other particle or a specified group of such particles, but its magnitude will be set by fixing the numerical value of the Avogadro constant to be equal to exactly $6.022\ 14X \times 10^{23}$ when it is expressed in the SI unit mol^{-1} .

The General Conference on Weights and Measures

further notes that since

- the new definitions of the kilogram, ampere, kelvin and mole are intended to be of the explicit-constant type, that is, a definition in which the unit is defined indirectly by specifying explicitly an exact value for a well-recognized fundamental constant,
- the existing definition of the metre is linked to an exact value of the speed of light in vacuum, which is also a well-recognized fundamental constant,
- the existing definition of the second is linked to an exact value of a well-defined property of the caesium atom, which is also an invariant of nature,
- although the existing definition of the candela is not linked to a fundamental constant, it may be viewed as being linked to an exact value of an invariant of nature,
- it would enhance the understandability of the International System if all of its base units were of similar wording,

the International Committee for Weights and Measures will also propose

the reformulation of the existing definitions of the second, metre and candela in completely equivalent forms, which might be the following:

- the second, symbol s, is the unit of time; its magnitude is set by fixing the numerical value of the ground state hyperfine splitting frequency of the caesium 133 atom, at rest and at a temperature of 0 K, to be equal to exactly 9 192 631 770 when it is expressed in the SI unit s^{-1} , which is equal to Hz,
- the metre, symbol m, is the unit of length; its magnitude is set by fixing the numerical value of the speed of light in vacuum to be equal to exactly 299 792 458 when it is expressed in the SI unit m s^{-1} ,
- the candela, symbol cd, is the unit of luminous intensity in a given direction; its magnitude is set by fixing the numerical value of the luminous efficacy of monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} Hz to be equal to exactly 683 when it is expressed in the SI unit $\text{m}^{-2} \text{kg}^{-1} \text{s}^3 \text{cd sr}$, or cd sr W^{-1} , which is equal to lm W^{-1} .

In this way, the definitions of all seven base units will be seen to follow naturally from the set of seven constants given above.

In consequence, on the date chosen for the implementation of the revision of the SI:

- the definition of the kilogram in force since 1889 based upon the mass of the international prototype of the kilogram (1st meeting of the CGPM, 1889, 3rd meeting of the CGPM, 1901) will be abrogated,
- the definition of the ampere in force since 1948 (9th meeting of the CGPM, 1948) based upon the definition proposed by the International Committee (CIPM, 1946, Resolution 2) will be abrogated,
- the conventional values of the Josephson constant K_{J-90} and of the von Klitzing constant R_{K-90} adopted by the International Committee (CIPM, 1988, Recommendations 1 and 2) at the request of the General Conference (18th meeting of the CGPM, 1987, Resolution 6) for the establishment of representations of the volt and the ohm using the Josephson and quantum Hall effects, respectively, will be abrogated,
- the definition of the kelvin in force since 1967/68 (13th meeting of the CGPM, 1967/68, Resolution 4) based upon a less explicit, earlier definition (10th meeting of the CGPM, 1954, Resolution 3) will be abrogated,
- the definition of the mole in force since 1971 (14th meeting of the CGPM, 1971, Resolution 3) based upon a definition whereby the molar mass of carbon 12 had the exact value $0.012 \text{ kg mol}^{-1}$ will be abrogated,
- the existing definitions of the metre, second and candela in force since they were adopted by the CGPM at its 17th (1983, Resolution 1), 13th (1967/68, Resolution 1) and 16th (1979, Resolution 3) meetings, respectively, will be abrogated.

The General Conference on Weights and Measures

further notes that on the same date

- the mass of the international prototype of the kilogram $m(\mathcal{K})$ will be 1 kg but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of h just before redefinition and that subsequently its value will be determined experimentally,
- that the magnetic constant (permeability of vacuum) μ_0 will be $4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$ but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of the fine-structure constant α and that subsequently its value will be determined experimentally,
- that the thermodynamic temperature of the triple point of water T_{TPW} will be 273.16 K but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of k just before redefinition and that subsequently its value will be determined experimentally,
- that the molar mass of carbon 12 $M(^{12}\text{C})$ will be $0.012 \text{ kg mol}^{-1}$ but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of $N_A h$ just before redefinition and that subsequently its value will be determined experimentally.

The General Conference on Weights and Measures

encourages

- researchers in national metrology institutes, the BIPM and academic institutions to continue their efforts and make known to the scientific community in general and to CODATA in particular, the outcome of their work relevant to the determination of the constants h , e , k , and N_A , and
- the BIPM to continue its work on relating the traceability of the prototypes it maintains to the international prototype of the kilogram, and in developing a pool of reference standards to facilitate the dissemination of the unit of mass when redefined,

invites

- CODATA to continue to provide adjusted values of the fundamental physical constants based on all relevant information available and to make the results known to the International Committee through its Consultative Committee for Units since these CODATA values and uncertainties will be those used for the revised SI,
- the CIPM to make a proposal for the revision of the SI as soon as the recommendations of Resolution 12 of the 23rd meeting of the General Conference are fulfilled, in particular the preparation of *mises en pratique* for the new definitions of the kilogram, ampere, kelvin and mole,
- the CIPM to continue its work towards improved formulations for the definitions of the SI base units in terms of fundamental constants, having as far as possible a more easily understandable description for users in general, consistent with scientific rigour and clarity,
- the CIPM, the Consultative Committees, the BIPM, the OIML and National Metrology Institutes significantly to increase their efforts to initiate awareness campaigns aimed at alerting user communities and the general public to the intention to redefine various units of the SI and to encourage consideration of the practical, technical, and legislative implications of such redefinitions, so that comments and contributions can be solicited from the wider scientific and user communities.

- **On the importance of international collaboration so as to place measurements to monitor climate change on an SI traceable basis**

Resolution 2

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling

- Resolution 4 adopted by the General Conference on Weights and Measures at its 21st meeting in 1999 concerning the need to use SI units in studies of Earth resources, the environment, human wellbeing and related issues,
- Resolution 11 adopted by the General Conference on Weights and Measures at its 23rd meeting in 2007 on the importance of SI traceable measurements to monitor climate change,

considering

- the expansion in the number of international and national initiatives to address the challenges and implications of climate change for the world,
- the deliberations of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change and the outcomes on the Copenhagen climate change conference 2009,
- the collaboration between the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) and the World Meteorological Organization (WMO),
- the signing by the WMO of the *Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes* (CIPM MRA),
- the outcome of the joint BIPM/WMO workshop on “Measurement challenges for global observation systems for climate change monitoring: Traceability, stability and reducing uncertainty”, held on 30 March to 1 April 2010,
- the deliberations of the Consultative Committee for Amount of Substance – Metrology in Chemistry (CCQM), the Consultative Committee for Thermometry (CCT), the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR), their Recommendations to the International Committee for Weights and Measures (CIPM) and the interactions between the National Metrology Institutes (NMIs) that are members of these Committees and relevant structures of the WMO, and
- the increase in interest from Governments in a global carbon trading and capture framework as well as mitigation initiatives,

welcomes

- the initiatives of the WMO to work more closely with the BIPM and the NMI community,
- the reaction of the BIPM, in its proposed programme of work for the years 2013 to 2015, to address measurement issues related to climate change and global warming, and
- the initiatives taken by a number of NMIs to become involved in research and other activities to underpin policies on the “carbon economy”,

recommends

- relevant bodies take steps to ensure that all measurements used to make observations which may be used for climate studies are made fully traceable to SI units,
- that any system agreed between Governments on carbon trading and capture includes a commitment to make relevant measurements traceable to the SI,
- that appropriate bodies support the development of techniques which can make possible a set of SI-traceable radiometric standards and instruments to allow such traceability to be established in terrestrial and space-based measurements,
- that NMIs continue to develop techniques and measurement systems that would enable biofuel processes and carbon sequestration to be modelled and monitored in an SI traceable and internationally equivalent way,
- that Governments and relevant intergovernmental organizations and international bodies commit themselves to adopt an internationally agreed and recognized system of measurement units and standards, and
- that the BIPM takes steps to contribute to the coordination of this activity with the full support of the States Parties to the Metre Convention.

- **Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2015**

Resolution 3

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling Article I of the Metre Convention in which States Parties to the Metre Convention undertake to maintain at their common expenses a scientific and permanent *International Bureau of Weights and Measures*,

recognizing that this implies a sustainable long term financial support to ensure the continued fulfilment of its mission, the delivery of its core activities and the responsibilities given to the BIPM in the proposed programme of work for 2013-2015,

considering

- the increased importance of the work of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) to international trade, industrial innovation, climate change, human health and medicine, food and forensic science in all States Parties to the Metre Convention,
- the recognition of the BIPM as a technically expert intergovernmental organization which reacts to the needs of the States Parties to the Metre Convention,
- the way in which the BIPM continues to adopt best management practice and improve the efficiency of its staff,
- the need to replenish the level of the BIPM Capital Investment Fund,
- that by sharing the cost of the proposed facilities and funding the BIPM, States Parties to the Metre Convention make substantial savings and increase the efficiency and effectiveness of both their national metrology structures and their international metrology activities,

thanks those National Metrology Institutes which have provided voluntary contributions of all kinds to the BIPM,

urges

- National Metrology Institutes to increase the number of staff seconded to the BIPM to work on projects of mutual interest integrated into the programme of work of the BIPM,
- States Parties, as well as international organizations, private organizations and foundations also to provide additional voluntary financial support of all kinds to support specific BIPM mission-related activities,

decides that the annual dotation of the BIPM, as defined in Article 6, 1921, of the Regulations annexed to the Metre Convention, will be increased in such a way that, for those States that are Parties to the Metre Convention at the time of the 24th meeting of the CGPM, it shall be:

11 577 000 euros in 2013

11 693 000 euros in 2014

11 810 000 euros in 2015.

- **On the status of Associate State of the General Conference**

Resolution 4

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling

- Resolution 3 adopted by the CGPM at its 21st meeting in 1999,
- Resolution 5 adopted by the CGPM at its 23rd meeting in 2007,

considering

- the growing participation of Associate States of the CGPM in the work carried out under the Metre Convention,
- the scientific and economic benefits gained by Associate States, in particular from their participation in the *Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes* (CIPM MRA) and from some services of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) that the International Committee for Weights and Measures (CIPM) made available to them,
- the increasing effective costs for the States Parties to the Metre Convention of these benefits for the Associate States,
- that the status of Associate State could constitute a first step to accede to the Metre Convention,

noting

- the decisions made by the CIPM at its 98th and 99th sessions, adopting the following criteria enabling it to review whether it would be appropriate for an Associate State to become a State Party to the Metre Convention:
 - Signature of the CIPM MRA by the Associate State's National Metrology Institute,
 - Publication of comparison results in the key comparison database (KCDB),
 - Having one or more Calibration and Measurement Capability (CMC) listed in the KCDB,

decides that

- during an initial 5-year period following the accession to the status of Associate of the CGPM, Associate States shall pay an annual subscription determined from their contributions to the United Nations Organisation, as for States Parties to the Metre Convention, with a minimum equal to 0.1 % of the annual *dotation* of the BIPM,
- this decision will be applicable to current Associate States for the calculation of their subscription starting for the year 2013,
- after the above-mentioned initial 5-year period, if the CIPM considers, on the basis of the criteria it adopted, that it would be appropriate for an Associate State to become a State Party to the Metre Convention, the amount of subscription for such an Associate will be progressively and irreversibly increased each year so that it reaches, in five years, an amount

equivalent to 90 % of the annual contribution it would pay as a State Party to the Metre Convention,

- this progressive and irreversible increase will be applicable starting on the 1st January of the second year following the CIPM decision to encourage an Associate State to become a State Party to the Metre Convention,
- the CIPM review of the situation of Associate States in 2011 will be used in application of the present Resolution and that the first increase of the subscriptions will become effective in 2013,
- such increase will not apply to Associate States whose annual subscription is already equal to the contribution they would pay as a State Party to the Metre Convention,
- as long as an Associate State does not fulfil the above-mentioned criteria to be encouraged to become a State Party to the Metre Convention, it will continue to benefit from the advantages of the Associate Status, as provided for in Resolution 3 adopted by the CGPM at its 21st meeting (1999), and from the BIPM services that the CIPM made available to them, and its subscription will continue to be determined as during the initial 5-year period,

invites

all Associate States, whether fulfilling or not the criteria adopted by the CIPM to encourage Associate States to become States Parties to the Metre Convention, to accede to the Metre Convention as such accession can only be beneficial for the strengthening of the world's measurement system.

- **On the acceptance of Economies as Associate of the General Conference**

Resolution 5

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering

- Resolution 3 adopted by the CGPM at its 21st meeting (1999), creating the status of Associate of the CGPM open to “*States and Economies*” as a means of promoting their participation in the world’s measurement system,
- Resolution 6 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007), which considered the desirability of setting criteria against which applications from Economies be assessed,

decides that

- the status of Associate Economy shall not be automatically acquired, but granted unanimously by the CGPM on a case by case basis,
- the decision of the CGPM to grant the status of Associate Economy shall be based on the following criteria:
 - an Associate Economy must be a Territorial Entity,
 - the Territorial Entity must possess its own Metrology Institute within its territory,
 - the participation of the Territorial Entity in the activities of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) must be considered beneficial for the strengthening of the world’s measurement system,
- the annual subscription of such Associate Economies shall be determined by the CGPM,
- Intergovernmental Organizations are not considered as “Territorial Entities”,
- CARICOM, the regional Intergovernmental Organization currently Associate Economy of the CGPM, having acceded to the status of Associate Economy of the CGPM prior to the adoption of the above-mentioned criteria, may continue to enjoy this status despite its not meeting the said criteria,

invites

- the Member States of CARICOM to accede to the Metre Convention or to become Associate States of the CGPM,
- the International Committee for Weights and Measures (CIPM) to consider further appropriate means by which intergovernmental organizations, in particular those from regions without well-developed metrology infrastructure, can be involved in the work of the BIPM and to bring forward proposals to the next meeting of the CGPM on how this can best be achieved.

- **On financial arrears of States Parties to the Metre Convention**

Resolution 6

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering

- Article 6 paragraphs 6 to 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention reads:

“6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l’État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l’adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l’égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l’État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l’article 20 du présent Règlement.”¹

- Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007) defining the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion,
- the contributions of States Parties to the Metre Convention in arrears for more than 6 years and advances made by the other States Parties pursuant to Article 6 paragraph 6 of the Regulations annexed to the Metre Convention,

reaffirming

- the absolute necessity that contributions of States Parties to the Metre Convention be paid timely and consistently to allow the BIPM to fulfil its mission and to avoid financial problems in its day-to-day operation,

decides

- for States Parties in arrears for more than 6 years to grant a period of 12 months from the date of adoption of the present Resolution to conclude with the International Committee for Weights and Measures (CIPM) a rescheduling agreement,
- that if a rescheduling agreement is not concluded within 12 months, those States will automatically be excluded, and the CIPM will inform in writing the French Ministry of Foreign and European Affairs for notification to this effect to those States and to all States Parties to the Metre Convention on behalf of the CGPM, and
- that the calculation of contributions is re-established in accordance with the applicable provisions in the most immediate calendar year after exclusion.

¹ English translation for easy reference of the authoritative French version:

6. If a State remains three years without paying its contribution, the said contribution is distributed among the other States pro-rata to their own contributions. The supplementary sums thus paid by these States to make up the dotation of the Bureau are considered as advances made to the State in arrears, and are reimbursed to them in the event that it repays its arrears of contributions.

7. The advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention are suspended for those States in arrears by three years.

8. After three more years, the State in arrears is excluded from the Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the present Regulations.

- **On rescheduling agreements between the International Committee for Weights and Measures and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears**

Resolution 7

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling that

- Article 6 paragraphs 6 to 8 of the Rules annexed to the Metre Convention reads:

“6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement.”²

- Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007) which provides that when a State Party to the Metre Convention has not paid its contributions for six years, the International Committee for Weights and Measures (CIPM) may enter into a rescheduling agreement with the defaulting State for the payment of its arrears,

considering

- that the entering by the CIPM into rescheduling agreements with defaulting States Parties to the Metre Convention has institutional, financial and budgetary consequences for the BIPM and the other States Parties to the Metre Convention,
- the need to define the rights and obligations of the States Parties to the Metre Convention having financial arrears for six years and having entered into a rescheduling agreement with the CIPM,

decides that

- when a State Party to the Metre Convention has not paid its contribution for six years, but if the CIPM has entered into a rescheduling agreement with that defaulting State, the arrears shall be settled in accordance with the rescheduling agreement together with the payment of the annual contribution,
- the defaulting State shall again benefit from the advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention after the CIPM has entered into a rescheduling

² English translation for easy reference of the authoritative French version:

6. If a State remains three years without paying its contribution, the said contribution is distributed among the other States pro-rata to their own contributions. The supplementary sums thus paid by these States to make up the dotation of the Bureau are considered as advances made to the State in arrears, and are reimbursed to them in the event that it repays its arrears of contributions.

7. The advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention are suspended for those States in arrears by three years.

8. After three more years, the State in arrears is excluded from the Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the present Regulations.

agreement with that defaulting State and on payment of the first settlement pursuant to the rescheduling agreement,

- the annual contribution of the defaulting State shall no longer be distributed among the other States Parties to the Metre Convention starting from the year following the entry into force of the rescheduling agreement,
- the advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention shall be suspended in the case that the defaulting State breaches the rescheduling agreement and its contribution be distributed among the other States Parties to the Metre Convention by applying the provisions of Article 6 paragraph 6 of the Regulations annexed to the Metre Convention,
- if the State breaches the rescheduling agreement for more than 12 months, it will be automatically excluded.

- **On the revision of the *mise en pratique* of the metre and the development of new optical frequency standards**

Resolution 8

The General Conference on Weight and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering that

- there have been rapid and important improvements in the performance of optical frequency standards,
- national metrology institutes are working on comparison techniques for optical frequency standards over short distances,
- remote comparison techniques need to be developed at an international level so that optical frequency standards can be compared,

welcomes

- the activities of the joint working group of the CCTF and the CCL to review the frequencies of optically-based representations of the second,
- the additions made by the CIPM in 2009 to the common list of “Recommended values of standard frequencies for applications including the practical realization of the metre and secondary representations of the second”,
- the establishment of a CCTF working group on Coordination of the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques,

recommends that

- NMIs commit resources to the development of optical frequency standards and their comparison,
- the BIPM supports the coordination of an international project with the participation of NMIs, oriented to the study of the techniques which could serve to compare optical frequency standards.

- **On the adoption of a common terrestrial reference system**

Resolution 9

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering

- that a significant number of global navigation satellite systems (GNSS) now exist and that in the future there may be more,
- the proliferation of time and geodesy reference systems in use in these navigation systems, which creates ambiguities for users with regard to the interpretation of navigation and timing solutions, and which renders interoperability between the systems more difficult,
- the existence of the International Terrestrial Reference System (ITRS),
- that the adoption of a common reference system would lead to benefits for users regarding unification of navigation and timing solutions and systems interoperability,

recommends that the ITRS, as defined by the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) and realized by the International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS), be adopted as the unique international reference system for terrestrial reference frames for all metrological applications.

- **On the role, mission, objectives, long-term strategy and governance of the BIPM**

Resolution 10

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering that

- the Metre Convention, which established the *Bureau International des Poids et Mesures*, was signed in 1875 and last modified in 1921,
- the Annexed Regulations of the Metre Convention were amended on a number of occasions since then,
- the role and mission of the BIPM were reconfirmed in Resolution 2 adopted by the CGPM at its 23rd meeting,
- the governance was last examined by an *ad hoc* Working Group set up at the 16th meeting of the CGPM, that the conclusions of this *ad hoc* Working Group were that changes to the Metre Convention at that time were neither necessary nor desirable, and that these conclusions were approved by the CGPM at its 17th meeting in 1983,
- expectations of financial management and accountability have continued to increase both in national administrations and international organizations,

noting

- that contacts between the BIPM and governments of States Parties to the Metre Convention have been reinforced since the 23rd meeting of the CGPM through short reports from the Director of the BIPM and a special meeting of representatives of States Parties to the Metre Convention prior to the 24th meeting of the CGPM,
- that the BIPM has implemented an accrual basis system of accounting to increase the effectiveness, accountability and transparency of the BIPM financial management,
- the comments expressed by representatives of States Parties to the Metre Convention at a meeting in May 2011, including the following:
 - All States strongly support and appreciate the Metre Convention and the work of the BIPM, noting that it is moving forward, for example with the development of the CIPM MRA,
 - There was unanimous support for a new and stronger strategic direction for the BIPM with a clear idea of priorities, developed jointly between States Parties to the Metre Convention, NMIs and the CIPM,
 - There are different opinions about the levels of coordination/cooperation activities and laboratory activities,
 - A key aspect of the new strategy will be consideration of the appropriate roles of the BIPM, Regional Metrology Organizations and NMIs,

invites

- the CIPM to establish an *ad hoc* Working Group under the Chairmanship of the President of the CIPM, with representation from the CIPM, States Parties to the Metre Convention (with maximum, intermediary and minimum contributions) and NMIs, properly balanced to represent all regions, and the Director of the BIPM, charged with conducting a Review of

the role, mission, objectives, long-term financial stability, strategic direction and governance of the BIPM,

- the *ad hoc* Working Group to present the findings of this Review to the CIPM, States Parties to the Metre Convention and NMI Directors in October 2012,
- the CIPM to formulate proposed actions on the basis of the findings of the *ad hoc* Working Group and implement those within its authority, subject to support from the representatives of States Parties to the Metre Convention and NMI Directors, during the 2013-2014 timeframe,
- the CIPM to report to the CGPM at its 25th meeting on recommendations from the Review of the *ad hoc* Working Group, actions consequently taken by the CIPM and proposals for additional actions that require the approval of the CGPM.

Appendix A

Convocation of the General Conference on Weights and Measures (24th meeting)

The General Conference on Weights and Measures is convoked for its 24th meeting for

Monday 17 October 2011 at 10:00

at the Centre de Conférences Ministériel du Ministère des Affaires Etrangères et Européennes,
27 rue de la Convention, Paris 15^e.

Constitution of the General Conference on Weights and Measures for its 24th meeting

Convention du Mètre (1875): Article 3^{*}

“The International Bureau^{**} shall operate under the exclusive direction and supervision of an *International Committee for Weights and Measures*^{***}, itself placed under the authority of a *General Conference on Weights and Measures*^{****}, consisting of the delegates of all the contracting Governments.”

Regulations annexed to the Metre Convention (1875): Article 7^{*}

“The General Conference, mentioned in Article 3 of the Convention, shall meet in Paris, on the convocation of the International Committee at least once every six years.

Its mission is to discuss and instigate measures necessary for the propagation and improvement of the metric system as well as to approve new fundamental metrological determinations that might have been made in the interval between its meetings. It receives the Report of the International Committee on work accomplished and proceeds by secret ballot to the renewal of half of the International Committee.

Votes at a General Conference are made by States, each State has the right to one vote.

Members of the International Committee have a seat as of right at meetings of the Conference; they may, at the same time, be delegates of their Governments.”

* BIPM translation.

** Often referred to in this document as BIPM or International Bureau of Weights and Measures.

*** Often referred to in this document as CIPM or International Committee.

**** Often referred to in this document as CGPM or General Conference.

Place and dates of sessions of the 24th meeting of the General Conference

All the sessions will take place at the

**Centre de Conférences Ministériel
du Ministère des Affaires Etrangères et Européennes
27 rue de la Convention
Paris 15^e**

in a room offered by the *Ministère des Affaires Étrangères et Européennes de la République Française* with simultaneous interpretation in French and English.

First session,	Monday	17 October 2011 at 10:00
Second session,	Monday	17 October 2011 at 15:00
Third session,	Tuesday	18 October 2011 at 09:30
Fourth session,	Thursday	20 October 2011 at 09:30
Fifth session,	Friday	21 October 2011 at 09:30
Sixth session,	Friday	21 October 2011 at 15:00

The laboratories of the BIPM will be open to Delegates to the General Conference on Wednesday 19 October starting at 14:00 and will be followed by a reception in the grounds of the Pavillon de Breteuil.

The General Conference Working Group on the Dotation of the BIPM will meet at 15:00 on Tuesday 18 October and, if required, on Thursday 20 October at 15:00. The meetings of the Working Group will take place at the Centre de Conférences Ministériel du Ministère des Affaires Etrangères et Européennes, 27 rue de la Convention, Paris 15^e.

It is expected that most of the main points of the agenda up to, and including, item 10 will be dealt with in the first session, and that the second session will concentrate on items 11, 12 and 13. The third session will consider items 14, 15, 16, 17 and 18 and will conclude with a number of reports from Consultative Committees (item 19). Item 19 will be concluded in the fourth session which will also contain a preliminary report of the Working Group on the Dotation so that the Working Group can complete its work and present its report at the fifth session. The fifth session and the sixth session will be concerned with voting on all the Resolutions, and the remaining agenda items.

Provisional agenda of the 24th meeting of the General Conference on Weights and Measures

- 1 Opening of the meeting.
- 2 Address by His Excellency the *Ministre des Affaires Etrangères et Européennes de la République Française*.
- 3 Reply by the President of the CIPM.
- 4 Address by the President of the *Académie des sciences de Paris*, President of the General Conference.
- 5 Presentation of credentials by Delegates.
- 6 Nomination of the Secretary of the General Conference.
- 7 Establishment of the list of Delegates entitled to vote.
- 8 Approval of the agenda.
- 9 Report of the President of the CIPM on the work accomplished since the 23rd meeting of the General Conference.
- 10 Report on relations with intergovernmental organizations and international bodies:
 - 10.1 Reports from organizations and bodies which include the International Organization of Legal Metrology (OIML), the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), the World Health Organization (WHO), the World Meteorological Organization (WMO), the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC), the International Atomic Energy Agency (IAEA) and the International Commission on Illumination (CIE);
 - 10.2 Initiatives taken to strengthen the collaboration between National Metrology Institutes and National Accreditation Bodies.
- 11 Report of the CIPM on the possible redefinition of a number of base units of the SI and initiatives to improve the accuracy and traceability of measurements related to climate change:
 - 11.1 Forthcoming changes to the International System of Units, the SI;
 - 11.2 Metrology, climate change and the carbon economy.
- 12 Programme of work at the BIPM and financial implications:
 - 12.1 Programme of work at the BIPM for the years 2013 to 2016;
 - 12.2 Annual dotation of the International Bureau of Weights and Measures.
- 13 Nomination of members of the Working Group on the dotation of the BIPM.
- 14 Report on the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement.
- 15 Report on issues related to Associates of the General Conference:
 - 15.1 On the status of Associate State of the General Conference;
 - 15.2 On the acceptance of Economies as Associate of the General Conference.
- 16 On the exclusion of States Parties to the Metre Convention having financial arrears for more than six years:
 - 16.1 On the exclusion of the Republic of Cameroon;

- 16.2 On the exclusion of the Dominican Republic;
- 16.3 On the exclusion of the Islamic Republic of Iran;
- 16.4 On the exclusion of the Democratic People's Republic of Korea.
- 17 On rescheduling agreements between the International Committee for Weights and Measures and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears.
- 18 On a Convention on the privileges and immunities of the BIPM.
- 19 Reports of Presidents of Consultative Committees:
 - 19.1 The Consultative Committee for Length;
 - 19.2 The Consultative Committee for Mass and Related Quantities;
 - 19.3 The Consultative Committee for Time and Frequency;
 - 19.4 The Consultative Committee for Electricity and Magnetism;
 - 19.5 The Consultative Committee for Thermometry;
 - 19.6 The Consultative Committee for Photometry and Radiometry;
 - 19.7 The Consultative Committee for Ionizing Radiation;
 - 19.8 The Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry;
 - 19.9 The Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration; and
 - 19.10 The Consultative Committee for Units.
- 20 Proposals by Delegates.
- 21 Renewal of half of the CIPM.
- 22 Votes on all Resolutions.
- 23 Other business.
- 24 Closure of the meeting.

Notes on the principal points of the agenda

Draft Resolutions

Note on Draft Resolutions: The order of the Draft Resolutions presented here does not necessarily reflect the position in the agenda at which they will be discussed or voted upon. In all cases, votes on the Resolutions are taken on the last day of the meeting of the General Conference after all discussion has been completed.

1 Opening of the meeting

The 24th meeting of the General Conference on Weights and Measures is taking place four years after the preceding meeting. The practice of having quadrennial meetings of the General Conference is now well established, since this periodicity provides sufficient opportunity for Member States to review the activities carried out under the Metre Convention while not being so frequent that the administrative and other costs of running a meeting of the General Conference are prohibitive.

5 Presentation of credentials by Delegates

To help in the efficient organization of the meeting of the General Conference, it is essential that the Director of the BIPM be informed of the composition of each delegation at the latest two weeks before the opening of the meeting.

Delegates entitled to vote at the 24th meeting of the General Conference are required, on arrival, to present credentials from an appropriate authority of their Government.

9 Report of the President of the CIPM

Article 19 of the Regulations annexed to the Metre Convention stipulates that “The President of the Committee shall give an account to the General Conference of the work accomplished since the time of its previous meeting.”

The President’s report will be circulated to Delegates in advance of the meeting but will be updated orally by the President of the CIPM during the meeting. Among other items of particular significance, the President will report on:

- the achievements and work of the BIPM since the last meeting of the CGPM;

- the prioritization of the BIPM activities within the programme of work established by the CIPM for the years 2009 to 2012 as a result of the dotation voted by the CGPM at its 23rd meeting;
- the follow-up to Resolutions voted during the 23rd meeting of the CGPM, in particular, Resolution 1 on the relationship between National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies, Resolution 2 on evolving needs for metrology in trade, industry and society, Resolution 4 on the role of the CIPM MRA, Resolutions 5 and 6 on the status of Associate States and Economies, Resolution 7 on the BIPM's "limited outreach" programme and its success in encouraging more States to accede to the Metre Convention or to become Associates of the CGPM, and Resolution 8 which addressed the issue of Member States in financial arrears for more than six years;
- collaborations with intergovernmental organizations and international bodies;
- the current state of the discussions on the possible redefinition of a number of the base units of the International System of Units (SI), as reflected in Draft Resolution A;
- the current number of States which have acceded to the Metre Convention and Associates of the General Conference. As at 1st November 2010, there are 54 States Parties to the Metre Convention and 31 Associates of the General Conference;
- the relevance of metrology at the national and international level to a number of the "Grand Challenges" facing the world.

The work of the Consultative Committees of the CIPM will be presented under agenda item 19.

11 Report of the CIPM on the possible redefinition of a number of base units of the SI and initiatives to improve the accuracy and traceability of measurements related to climate change

11.1 Forthcoming changes to the International System of Units, the SI

Discussions on the redefinitions of a number of units of the SI have preoccupied the metrology community for a number of years. The key issue is the definition of the kilogram, still the only artefact-based unit, which would be placed on a more stable basis through a redefinition based on a fixed numerical value for a fundamental constant of nature, namely the Planck constant. When there is satisfactory experimental agreement on the experimental results needed for such a redefinition, then the General Conference on Weights and Measures will be asked to take decisions on the redefinitions of the kilogram and also of a number of other base units of the SI, among which the kelvin. Indeed there are several recent experimental measurements which would enable the kelvin to be redefined using the Boltzmann constant.

A revision to the SI which would result from redefinitions of the units of mass (kilogram), temperature (kelvin), electric current (ampere) and amount of substance (mole) will bring a number of scientific advantages, such as the ability to disseminate measurements of voltage and resistance, which would be directly traceable to the SI.

However, and despite some impressive progress made during the last year in the NMIs, there is not yet an adequate degree of convergence between the results from watt balance experiments

and those from the International Avogadro Coordination (IAC) project so as to give confidence in the selection of a numerical value for the Planck constant as the basis for a redefinition of the kilogram. Both approaches are, however, expected to continue to produce new results over the next few years. The CIPM will keep the situation under review and, at the appropriate time, and with the advice of the relevant Consultative Committees, make proposals on the redefinitions to the CGPM.

In any redefinition of a unit, metrologists endeavour to ensure that the transition is smooth and that any consequences for next-stage users are as small as possible. However there are still significant risks that too early an adoption of a numerical value for the Planck constant, based only on the data available at the moment, may lead to significant effects which would impact on high level practical and legal metrology. Waiting for more results from the on-going independent experiments will help build confidence in the value of the adopted numerical value of the Planck constant and will ensure an adequate uncertainty of the result so that the uncertainty associated with the mass of the international prototype of the kilogram just after the redefinition, as well as with independent national primary realizations of the mass unit, will not create problems for practical mass metrology. Under these circumstances, the CIPM considers that a redefinition in 2011 is premature and is extremely eager to evaluate new results as they appear so that suitable agreement can be achieved in time for the meeting of the CGPM in 2015.

Any change to the SI must be justified and effectively communicated to a wide range of stakeholders. This obviously includes the metrology community but there is still a need to engage with learned societies, user groups in specialized areas of measurement, accreditors, the legal metrology community, educators and even the general public. Learning from the past, when changes to unit definitions have been made, this task needs sustained effort from the BIPM as well as from the National Metrology Institutes so that users are well prepared and reassured when the time is right for redefinitions to be made.

The resolution of two major issues is also essential.

The first is the work which is under way to draw up recipes which can be used internationally to realize the definitions in a practical way. An example of these so called “*mises en pratique*” was the way the metrology community dealt with the issue of realizing the definition of the unit of length when it was defined using a fixed numerical value of the speed of light in 1983. The Consultative Committees of the CIPM are working on this challenging issue for the four base units to be redefined, and agreement needs to be achieved before redefinitions are made.

The second issue is the question of how mass will be disseminated world-wide after the redefinition of the kilogram. Most metrologists expect that a number of NMIs will continue to maintain watt balances, and possibly silicon-based realizations, but this depends, in turn, on the agreed *mise en pratique*. However, watt balances, whilst they are expected to be one of the most accurate techniques for realizing the definition of the unit of mass, need to be compared regularly so as to underpin and ensure the robustness of the world-wide system of mass dissemination. The proposals from the international scientific community are that:

- the BIPM must maintain a long-term commitment to a watt balance operating at the highest level;
- the BIPM should support the determination of the best realization of the new definition based on all available data and, thereby, to maximize the compatibility amongst local realizations made by various NMIs as well as by the BIPM;

- the BIPM will be asked to pilot key comparisons of the realization of the definition of the mass unit through watt balances operating at the highest level of accuracy. For this purpose, the BIPM will coordinate the circulation of a number of highly stable and well-characterized artefacts which are known to be stable in the short term (several years). These will validate national realizations using a watt balance and maintain confidence in the international system;
- the BIPM must maintain the long- and short-term stability of the world-wide mass unit dissemination by means of a pool of international mass standards which offers a weighted mean mass which is more stable than the mass of the current unique single international prototype of the kilogram;
- the BIPM will continue to provide calibrations of national mass standards using traditional mass standards which are more than adequate for national needs and for which related weighing technology is well established; and
- other NMIs need, in so far as they are able, to commit to improving and operating watt balances for the foreseeable future.

There are few, if any, practical consequences of a delay for next-stage users and so, the CIPM believes, there is every reason to wait and be confident of success. The CIPM is, however, of the opinion that it is now time to announce to a wider public audience what is likely to be proposed for the redefinition of the SI: this is expressed in Draft Resolution A below.

- **On the possible future revision of the International System of Units, the SI**

Draft Resolution A

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering

- the international consensus on the importance, value, and potential benefits of a redefinition of a number of units of the International System of Units (SI),
- that the national metrology institutes (NMIs) as well as the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) have rightfully expended significant effort during the last several decades to advance the International System of Units (SI) by extending the frontiers of metrology so that SI base units can be defined in terms of the invariants of nature – the fundamental physical constants or properties of atoms,
- that a prominent example of the success of such efforts is the current definition of the SI unit of length, the metre (17th meeting of the CGPM, 1983, Resolution 1), which links it to an exact value of the speed of light in vacuum c , namely, 299 792 458 metre per second,
- that of the seven base units of the SI, only the kilogram is still defined in terms of a material artefact, namely, the international prototype of the kilogram (1st meeting of the CGPM, 1889, 3rd meeting of the CGPM, 1901), and that the definitions of the ampere, mole and candela depend on the kilogram,

- that although the international prototype has served science and technology well since it was sanctioned by the CGPM at its 1st meeting in 1889, it has a number of important limitations, one of the most significant being that its mass is not explicitly linked to an invariant of nature and in consequence its long-term stability is not assured,
- that the CGPM at its 21st meeting in 1999 adopted Resolution 7 in which it recommended that “national laboratories continue their efforts to refine experiments that link the unit of mass to fundamental or atomic constants with a view to a future redefinition of the kilogram”,
- that many advances have been made in recent years in relating the mass of the international prototype to the Planck constant h , by methods which include watt balances and measurements of the mass of a silicon atom,
- that the uncertainties of all SI electrical units realized directly or indirectly by means of the Josephson and quantum Hall effects together with the SI values of the Josephson and von Klitzing constants K_J and R_K could be significantly reduced if the kilogram were redefined so as to be linked to an exact numerical value of h , and if the ampere were to be redefined so as to be linked to an exact numerical value of the elementary charge e ,
- that the kelvin is currently defined in terms of an intrinsic property of water that, while being an invariant of nature, in practice depends on the purity and isotopic composition of the water used,
- that it is possible to redefine the kelvin so that it is linked to an exact numerical value of the Boltzmann constant k ,
- that it is also possible to redefine the mole so that it is linked to an exact numerical value of the Avogadro constant N_A , and is thus no longer dependent on the definition of the kilogram even when the kilogram is defined so that it is linked to an exact numerical value of h , thereby emphasizing the distinction between amount of substance and mass,
- that the uncertainties of the values of many other important fundamental constants and energy conversion factors would be eliminated or greatly reduced if h , e , k and N_A had exact numerical values when expressed in SI units,
- that the General Conference, at its 23rd meeting in 2007, adopted Resolution 12 in which it outlined the work that should be carried out by the NMIs, the BIPM and the International Committee for Weights and Measures (CIPM) together with its Consultative Committees (CCs) so that new definitions of the kilogram, ampere, kelvin, and mole in terms of fundamental constants could be adopted,
- that, although this work has progressed well, not all the requirements set out in Resolution 12 adopted by the General Conference at its 23rd meeting in 2007 have been satisfied and so the International Committee for Weights and Measures is not yet ready to make a final proposal,
- that, nevertheless, a clear and detailed explanation of what is likely to be proposed can now be presented,

takes note of the intention of the International Committee for Weights and Measures to propose a revision of the SI as follows:

- the International System of Units, the SI, will be the system of units in which:
 - the ground state hyperfine splitting frequency of the caesium 133 atom $\Delta\nu(^{133}\text{Cs})_{\text{hfs}}$ is exactly 9 192 631 770 hertz,
 - the speed of light in vacuum c is exactly 299 792 458 metre per second,
 - the Planck constant h is exactly $6.626\ 06\text{X} \times 10^{-34}$ joule second,
 - the elementary charge e is exactly $1.602\ 17\text{X} \times 10^{-19}$ coulomb,
 - the Boltzmann constant k is exactly $1.380\ 6\text{X} \times 10^{-23}$ joule per kelvin,
 - the Avogadro constant N_{A} is exactly $6.022\ 14\text{X} \times 10^{23}$ reciprocal mole,
 - the luminous efficacy K_{cd} of monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} Hz is exactly 683 lumen per watt,

where

(i) the hertz, joule, coulomb, lumen, and watt, with unit symbols Hz, J, C, lm, and W, respectively, are related to the units second, metre, kilogram, ampere, kelvin, mole, and candela, with unit symbols s, m, kg, A, K, mol, and cd, respectively, according to $\text{Hz} = \text{s}^{-1}$, $\text{J} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-2}$, $\text{C} = \text{s A}$, $\text{lm} = \text{cd m}^2 \text{m}^{-2} = \text{cd sr}$, and $\text{W} = \text{m}^2 \text{kg s}^{-3}$,

(ii) the symbol X in this Draft Resolution represents one or more additional digits to be added to the numerical values of h , e , k , and N_{A} , using values based on the most recent CODATA adjustment,

from which it follows that the SI will continue to have the present set of seven base units, in particular

- the kilogram will continue to be the unit of mass, but its magnitude will be set by fixing the numerical value of the Planck constant to be equal to exactly $6.626\ 06\text{X} \times 10^{-34}$ when it is expressed in the SI unit $\text{m}^2 \text{kg s}^{-1}$, which is equal to J s,
- the ampere will continue to be the unit of electric current, but its magnitude will be set by fixing the numerical value of the elementary charge to be equal to exactly $1.602\ 17\text{X} \times 10^{-19}$ when it is expressed in the SI unit s A, which is equal to C,
- the kelvin will continue to be the unit of thermodynamic temperature, but its magnitude will be set by fixing the numerical value of the Boltzmann constant to be equal to exactly $1.380\ 6\text{X} \times 10^{-23}$ when it is expressed in the SI unit $\text{m}^2 \text{kg s}^{-2} \text{K}^{-1}$, which is equal to J K⁻¹,
- the mole will continue to be the unit of amount of substance of a specified elementary entity, which may be an atom, molecule, ion, electron, any other particle or a specified group of such particles, but its magnitude will be set by fixing the numerical value of the Avogadro constant to be equal to exactly $6.022\ 14\text{X} \times 10^{23}$ when it is expressed in the SI unit mol^{-1} .

The General Conference on Weights and Measures

further notes that since

- the new definitions of the kilogram, ampere, kelvin and mole are intended to be of the explicit-constant type, that is, a definition in which the unit is defined indirectly by specifying explicitly an exact value for a well-recognized fundamental constant,
- the existing definition of the metre is linked to an exact value of the speed of light in vacuum, which is also a well-recognized fundamental constant,
- the existing definition of the second is linked to an exact value of a well-defined property of the caesium atom, which is also an invariant of nature,
- although the existing definition of the candela is not linked to a fundamental constant, it may be viewed as being linked to an exact value of an invariant of nature,
- it would enhance the understandability of the International System if all of its base units were of similar wording,

the International Committee for Weights and Measures will also propose

the reformulation of the existing definitions of the second, metre and candela in completely equivalent forms, which might be the following:

- the second, symbol s, is the unit of time; its magnitude is set by fixing the numerical value of the ground state hyperfine splitting frequency of the caesium 133 atom, at rest and at a temperature of 0 K, to be equal to exactly 9 192 631 770 when it is expressed in the SI unit s^{-1} , which is equal to Hz,
- the metre, symbol m, is the unit of length; its magnitude is set by fixing the numerical value of the speed of light in vacuum to be equal to exactly 299 792 458 when it is expressed in the SI unit $m s^{-1}$,
- the candela, symbol cd, is the unit of luminous intensity in a given direction; its magnitude is set by fixing the numerical value of the luminous efficacy of monochromatic radiation of frequency 540×10^{12} Hz to be equal to exactly 683 when it is expressed in the SI unit $m^{-2} kg^{-1} s^3 cd sr$, or $cd sr W^{-1}$, which is equal to $lm W^{-1}$.

In this way, the definitions of all seven base units will be seen to follow naturally from the set of seven constants given above.

In consequence, on the date chosen for the implementation of the revision of the SI:

- the definition of the kilogram in force since 1889 based upon the mass of the international prototype of the kilogram (1st meeting of the CGPM, 1889, 3rd meeting of the CGPM, 1901) will be abrogated,
- the definition of the ampere in force since 1948 (9th meeting of the CGPM, 1948) based upon the definition proposed by the International Committee (CIPM, 1946, Resolution 2) will be abrogated,
- the conventional values of the Josephson constant K_{J-90} and of the von Klitzing constant R_{K-90} adopted by the International Committee (CIPM, 1988, Recommendations 1 and 2) at the request of the General Conference (18th meeting of the CGPM, 1987, Resolution 6) for

the establishment of representations of the volt and the ohm using the Josephson and quantum Hall effects, respectively, will be abrogated,

- the definition of the kelvin in force since 1967/68 (13th meeting of the CGPM, 1967/68, Resolution 4) based upon a less explicit, earlier definition (10th meeting of the CGPM, 1954, Resolution 3) will be abrogated,
- the definition of the mole in force since 1971 (14th meeting of the CGPM, 1971, Resolution 3) based upon a definition whereby the molar mass of carbon 12 had the exact value $0.012 \text{ kg mol}^{-1}$ will be abrogated,
- the existing definitions of the metre, second and candela in force since they were adopted by the CGPM at its 17th (1983, Resolution 1), 13th (1967/68, Resolution 1) and 16th (1979, Resolution 3) meetings, respectively, will be abrogated.

The General Conference on Weights and Measures

further notes that on the same date

- the mass of the international prototype of the kilogram $m(\mathcal{K})$ will be exactly 1 kg but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of h just before redefinition and that subsequently its value will be determined experimentally,
- that the magnetic constant (permeability of vacuum) μ_0 will be exactly $4\pi \times 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$ but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of the fine-structure constant α and that subsequently its value will be determined experimentally,
- that the thermodynamic temperature of the triple point of water T_{TPW} will be exactly 273.16 K but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of k just before redefinition and that subsequently its value will be determined experimentally,
- that the molar mass of carbon 12 $M(^{12}\text{C})$ will be exactly $0.012 \text{ kg mol}^{-1}$ but with a relative uncertainty equal to that of the recommended value of N_{A} just before redefinition and that subsequently its value will be determined experimentally.

The General Conference on Weights and Measures

encourages

- researchers in national metrology institutes, the BIPM and academic institutions to continue their efforts and make known to the scientific community in general and to CODATA in particular, the outcome of their work relevant to the determination of the constants h , e , k , and N_{A} , and
- the BIPM to continue its work on relating the traceability of the prototypes it maintains to the international prototype of the kilogram, and in developing a pool of reference standards to facilitate the dissemination of the unit of mass when redefined,

invites

- CODATA to continue to provide adjusted values of the fundamental physical constants based on all relevant information available and to make the results known to the International Committee through its Consultative Committee for Units since these CODATA values and uncertainties will be those used for the revised SI,

- the CIPM to make a proposal for the revision of the SI as soon as the recommendations of Resolution 12 of the 23rd meeting of the General Conference are fulfilled, in particular the preparation of *mises en pratique* for the new definitions of the kilogram, ampere, kelvin and mole,
- the CIPM, the Consultative Committees, the BIPM and National Metrology Institutes significantly to increase their efforts to initiate awareness campaigns aimed at alerting user communities and the general public to the intention to redefine various units of the SI and to encourage consideration of the practical, technical, and legislative implications of such redefinitions, so that comments and contributions can be solicited from the wider scientific and user communities.

11.2 Metrology, climate change and the carbon economy

There is no doubt that climate change has recently risen to the top of national and international agendas and is considered to be one of the greatest challenges which must be addressed. For some time, the BIPM and the Consultative Committees of the CIPM, notably the CCPR, CCQM, and CCT have been working steadily towards placing more and more measurements related to climate change on an SI-traceable basis. The increased collaboration between the BIPM and the World Meteorological Organization, (WMO), has led to a number of successful initiatives, notably the signing of the *Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes* (CIPM MRA) by the WMO, and the involvement of a number of laboratories such as those in the WMO's Global Atmospheric Watch (GAW) programme in CCQM comparisons. The benefits to the accurate measurements of the small changes in the parameters which need to be measured to help monitor climate activity have been extremely significant and acknowledged by the WMO. The GAW has also identified a number of areas where improved measurements are needed and have turned to the BIPM and to NMIs for assistance. This is welcomed but there is more to be done.

The BIPM has adapted its 2009-2012 programme of work to follow the changing priorities established for comparisons particularly by the CCQM and is further orienting its programme in gas metrology to reflect global challenges.

A major and highly successful BIPM/WMO international workshop on “Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring: Traceability, Stability, and Uncertainty” was held at the WMO headquarters in Geneva from 30 March to 1 April 2010. The general conclusions were that:

- measurement results from climate monitoring and earth energy balance by remote sensing from satellites as well as ground-based methods and observation should, where practical be traceable to the SI so as to help provide continuous, quality-assured data sets over the long term;
- the meteorological community continues to specify its measurement needs and that these should be formally communicated to NMIs;
- the WMO, the BIPM, the NMIs and the academic communities should work together to meet stated requirements for measurement standards with accuracies and uncertainties that

meet the needs of climate scientists and modellers and, where relevant, legislators and regulators; and

- calibrations of instruments used by the meteorological community should be made at all stages in space missions as well as for earth-based projects and that the NMI community should be involved in planning and execution.

The WMO and the BIPM have established a common strategy to identify the need for accurate measurements and to ensure that the recommendations of the workshop are fully followed up, implemented and monitored.

The CIPM reviewed the results of the Workshop and the report which has been sent to a number of intergovernmental organizations, international bodies and Agencies. The CGPM is therefore invited to adopt the following Resolution.

- **On the importance of international collaboration so as to place measurements to monitor climate change on an SI traceable basis**

Draft Resolution B

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling

- Resolution 4 adopted by the General Conference on Weights and Measures at its 21st meeting in 1999 concerning the need to use SI units in studies of Earth resources, the environment, human wellbeing and related issues,
- Resolution 11 adopted by the General Conference on Weights and Measures at its 23rd meeting in 2007 on the importance of SI traceable measurements to monitor climate change,

considering

- the expansion in the number of international and national initiatives to address the challenges and implications of climate change for the world,
- the deliberations of the United Nations Intergovernmental Panel on Climate Change and the outcomes on the Copenhagen climate change conference 2009,
- the collaboration between the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) and the World Meteorological Organization (WMO),
- the signing by the WMO of the *Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes* (CIPM MRA),
- the outcome of the joint BIPM/WMO workshop on “Measurement challenges for global observation systems for climate change monitoring: Traceability, stability and reducing uncertainty”, held on 30 March to 1 April 2010,
- the deliberations of the Consultative Committee for Amount of Substance – Metrology in Chemistry (CCQM), the Consultative Committee for Thermometry (CCT), the Consultative

Committee for Photometry and Radiometry (CCPR), their Recommendations to the International Committee for Weights and Measures (CIPM) and the interactions between the National Metrology Institutes (NMIs) that are members of these Committees and relevant structures of the WMO, and

- the increase in interest from Governments in a global carbon trading and capture framework as well as mitigation initiatives,

welcomes

- the initiatives of the WMO to work more closely with the BIPM and the NMI community,
- the reaction of the BIPM, in its proposed programme of work for the years 2013 to 2016, to address measurement issues related to climate change and global warming, and
- the initiatives taken by a number of NMIs to become involved in research and other activities to underpin policies on the “carbon economy”,

recommends

- relevant bodies take steps to ensure that all measurements used to make observations which may be used for climate studies are made fully traceable to SI units,
- that any system agreed between Governments on carbon trading and capture includes a commitment to make relevant measurements traceable to the SI,
- that appropriate bodies support the development of techniques which can make possible a set of SI-traceable radiometric standards and instruments to allow such traceability to be established in terrestrial and space-based measurements,
- that NMIs continue to develop techniques and measurement systems that would enable biofuel processes and carbon sequestration to be modelled and monitored in an SI traceable and internationally equivalent way,
- that Governments and relevant intergovernmental organizations and international bodies commit themselves to adopt an internationally agreed and recognized system of measurement units and standards, and
- that the BIPM takes steps to contribute to the coordination of this activity with the full support of the States Parties to the Metre Convention.

12 Programme of work at the BIPM and financial implications

12.1 Programme of work at the BIPM for the years 2013 to 2016

A detailed programme of work to be carried out at the BIPM during the years 2013-2016, corresponding to the dotation requested below in Draft Resolution C, will be proposed by the CIPM in a document entitled “Programme of work and budget of the International Bureau of Weights and Measures for the four years 2013-2016”.

The key points which influence the BIPM’s priorities and the content of its programme of work for the years 2013 to 2016 are:

Supporting metrology for trade and commerce, in particular by:

- conserving and disseminating the primary standard of mass, the international prototype of the kilogram;
- establishing and disseminating International Atomic Time (TAI) and, in collaboration with the International Earth Rotation and Reference Systems Service, Coordinated Universal Time (UTC);
- providing on-site comparisons of macroscopic electrical quantum standards to NMIs at the highest metrological level as well as special calibrations of measurement standards of NMIs in selected areas;
- conducting international comparisons for dosimetry and radionuclide activity;
- conducting international comparisons and providing results to underpin NMI calibration and measurement capabilities (CMCs) in the field of organic chemistry;
- coordinating and supporting the operation of the CIPM MRA to facilitate world-wide recognition of the measurement services provided by all the participants as listed in the BIPM key comparison database (KCDB), increasingly seen as a key system for promoting world trade and reducing technical barriers to trade; and
- promoting the development of higher order reference materials, methods and services by NMIs and their use by the *in vitro* diagnostic industry by maintaining the Database of Reference Measurement Systems for Laboratory Medicine (JCTLM database) and the review process for nominated entries.

Supporting metrology for climate change monitoring and the environment, in particular by:

- providing an international facility for the comparison of greenhouse gas standards, assuring the stability and reliability of measurements for their long-term monitoring, their use in radiative and climate-change models, and verification and evaluation of the effects of mitigation strategies; and
- providing an international facility for the ongoing comparison of air quality impact gases, notably surface ozone standards, as well as nitrogen monoxide, nitrogen dioxide, and formaldehyde standards, and thus supporting national air-quality monitoring networks and pollution control strategies.

Supporting metrology for human health and safety in particular by:

- providing unique international facilities for radiation dosimetry and radionuclide activity measurements used for human diagnosis and cancer treatment, radiation protection and the monitoring of radioactive nuclides in air, soil and food;
- providing international facilities to establish the comparability of chemical measurement results in clinical, environmental, food, forensics and pharma application areas; and
- developing international facilities for the physico-chemical value assignment of large molecule standards such as insulin to improve therapeutic product manufacturing, to reduce manufacturing costs as well as to improve the accuracy of diagnostic reference measurement systems and avoid costs of unnecessary repeated measurements.

Coordinating global metrology by:

- maintaining the information and data related to the operation of the CIPM MRA, namely the list of participants, the list of international comparisons and their reports and results, and the list of internationally recognized CMCs in the KCDB;
- providing scientific and organizational support to the work of the Consultative Committees of the CIPM the network of top-level metrological experts from the world's leading NMIs;
- entering into agreements with other intergovernmental organizations and international bodies where such agreements are supportive of the mission of the BIPM, and creating Joint Committees where appropriate; and
- providing the scientific and administrative secretariat for the CGPM and the CIPM, as well as the secretariat for the meetings of directors of NMIs.

The main components of the proposed programme of work are:

Mass metrology and the watt balance, which are core aspects of the work of the BIPM, have, of course, a unique role to play in the international traceability system. This will not diminish and is expected to increase in the event of any future redefinition of the kilogram.

The mass programme will concentrate on:

- the realization and dissemination of mass standards at the highest level in preparation for a redefinition of the kilogram;
- maintenance and dissemination of mass standards to Member States, based on capabilities for a range of mass measurements in air and vacuum; and
- techniques to improve mass metrology measurements.

The watt balance is essential to provide the BIPM with an independent realization, at the highest level, of the definition of the kilogram, and will ensure continuity of dissemination of mass from the current international prototype to the realizations based on the new definition. The BIPM will use its watt balance and mass standards to pilot comparisons of watt balances and other primary realizations at NMIs and ensure equivalent national realizations of the definition. In addition, Member States, acting together, can share the cost and guarantee the availability of expertise and equipment needed for a realization which would be available to all Member States whether or not they operate their own watt balance or other high level realization.

Time measurements are based on a number of inter-related capabilities. Firstly, the calculation and dissemination of TAI must be capable of including an increasing number of contributions of national timescale data from existing, and new, time laboratories and from new and improved clocks. Based on these data, UTC is calculated and differences between national realizations and the world mean are fed back to all participants. Dissemination of time is also poised to enter a new era which requires the successful implementation of new time transfer techniques which can take advantage of the new generation of optical frequency standards, the performance of which is superior to the current atomic clocks which operate in the microwave region. The BIPM will be engaged in, and will exploit, these advances so as to disseminate world time with reduced uncertainties and with greater efficiency to a larger number of users of TAI and UTC.

The programme will concentrate on:

- creation of the world time scales TAI and UTC based on contributions from clocks in laboratories world-wide;
- the techniques needed to compare clocks and transmit time data internationally at the highest levels of accuracy;
- coordination and liaison with other relevant international bodies.

Electrical metrology remains at the heart of the work of many NMIs which are continually upgrading their capabilities in order to deliver improved services to customers at a national level. Through questionnaires, NMIs have indicated their need for the continuation of the BIPM's well-established series of travelling Josephson and Quantum Hall comparisons so as to provide international confidence in the local realizations of the electrical units. The calculable capacitor, completed in the 2009-2012 programme of work, will act as a unique internationally available reference standard.

The electricity programme therefore is built around the following priority activities:

- maintenance and use of the BIPM's realizations of the volt, ohm and farad for use in CCEM comparisons using travelling standards for on-site measurements and for calibrations of Member States' standards;
- upgrading of current capabilities to meet NMIs needs for ac voltage and power standards and reference facilities;
- support to the BIPM's watt balance; and
- preparations for the potential redefinition of the ampere.

Ionizing radiation metrology has been a core task of the BIPM since the decision of the CGPM at its 11th meeting in 1960. As a result, the BIPM maintains unique reference dosimetry and radioactivity facilities for healthcare and for environmental and security applications. Through dosimetry comparisons and calibrations, the BIPM validates and improves national realizations of the relevant quantities. Experience has shown that these calibrations help to reduce the uncertainties of calibrations offered by the NMIs with the immediate consequence that more accurate measurements can be disseminated, nationally, to hospitals and other bodies which perform patient dosimetry. A reduction in uncertainty improves treatment and saves lives. The medical world is, however, shifting from therapy based on traditional cobalt 60 sources to linear accelerators. The BIPM will need to respond to this challenge by providing linear-accelerator based reference facilities for the growing number of NMIs which are themselves installing and operating these advanced facilities and offering accelerator dosimetry calibrations to meet the needs of Member States with conventional national facilities. The intention to establish an international reference facility at the BIPM based on a linear accelerator is strongly supported by the other relevant international organizations: WHO, IAEA, ICRU and IOMP (see the *Programme of Work and Budget of the International Bureau of Weights and Measures for the four years 2013-2016* for details).

In radioactivity measurement, the BIPM's unique facilities continue to serve a growing number of users and a wider range of radionuclides, especially those with a short half-life which are widely used in diagnostic and therapy applications in healthcare. The BIPM's programme also

underpins confidence in the safety and protection of operators for the nuclear and medical industries and also contributes to the ability to measure and control radiation measurements world-wide, so adding to confidence in national security and nuclear monitoring systems.

The programme will focus on:

- maintaining the existing cobalt60 and caesium137 reference facilities for use in comparisons with reduced uncertainties;
- maintaining the low and medium energy x-ray reference facilities and the new mammography reference arrangements for key comparisons;
- addressing the technology shift from treatments based on cobalt60 to those which use linear accelerators through a shared-cost reference facility at the BIPM to be used by NMIs; and
- extending the SIR (International Reference System for radionuclides) so as to expand the range of BIPM on-going key comparisons.

The work of the BIPM's Chemistry Department has opened up enormous opportunities at the international and national level to implement the metrological concepts of traceability and uncertainty calculation in a variety of new chemical application fields. Significant scientific benefits have already been achieved from the work carried out so far and the results have helped increase the awareness in, and commitment of, an increasing number of international bodies.

The proposed programme will include:

- carefully selected research work to ensure that the BIPM can provide appropriate reference standards and materials in support of CCQM programmes;
- a consolidation of progress made so far but with a future concentration on reference facilities and comparisons in support of the priorities identified by NMIs in the CCQM and the World Meteorological Organization;
- a laboratory-based gas metrology activity directed largely towards metrology for air quality monitoring and climate change;
- a laboratory-based organic chemistry programme with an emphasis on primary references in support of the CCQM's interests in food, healthcare, forensic, and a number of wider applications to address the challenge of new technologies; and
- liaison with intergovernmental organizations and international bodies with whom the BIPM can collaborate to increase the impact of the SI in new areas.

Promotion of the work of the BIPM, the SI, and the CIPM MRA requires the maintaining of resources in all areas of the BIPM's scientific work and in corporately-driven activities. The programme of work continues to place a modest corporate emphasis on outreach and liaison with other intergovernmental organizations and international bodies with complementary missions.

The programme will include:

- continued support for the evolution and development of the CIPM MRA and the operation of the key comparison database;

- liaison and co-operation with appropriate intergovernmental organizations and international bodies so as to advance the mission of the BIPM;
- promotion of international and national metrology through, for example, World Metrology Day; and
- promotion of the value of the work of the BIPM to existing Member States and efforts to attract new Members.

12.2 Annual dotation of the International Bureau of Weights and Measures

The annual dotation voted by the CGPM enables the BIPM to fulfil its mission of world-wide uniformity of measurement, which supports international commerce and trade, monitoring of climate change and the environment, human health and safety, medicine, food, and scientific research and development. The BIPM fulfils this mission by operating scientific laboratories at Sèvres and by collaborating with, and coordinating activities in, the NMIs of States Parties to the Metre Convention.

The programme of work for the years 2013 to 2016 as described in paragraph 12.1 is the result of a continuous evolution and a process of prioritization of activities. While in the 20th century metrology was dominated by industrial and scientific needs, at the beginning of the 21st century, the world is facing new challenges that go far beyond these classical metrology requirements: in particular health needs, climate change and the environment as well as clinical diagnostics and therapeutics. These are placing new demands on metrology and are often considered as the “Grand Challenges” for metrology.

In recognition of the changing metrological needs in many new areas and within the limited financial resources allocated by the States Parties to the Metre Convention to the BIPM, exacerbated by expensive technology changes in some areas, the BIPM has made significant changes to its spectrum of activities. These changes have been possible only through strict prioritization and consequent termination of some activities. For example, of the six scientific sections existing at the beginning of this decade, two have been closed (the section for radiometry, photometry and thermometry as well as the length section). The resources thus released were used to support the development of a watt balance capable of monitoring the mass of the International prototype of the kilogram and to start activities in metrology in chemistry. The decision at the 2009 annual meeting of the CIPM to terminate the BIPM’s international activities in absolute gravimetry underlines that prioritization is an ongoing process.

The CIPM wishes to emphasize to the States Parties to the Metre Convention the impact already achieved by the BIPM’s work in these new areas. This is particularly evident for the extension of its laboratory work in chemistry. The laboratory work increases the scientific competence of staff, which provides the BIPM with the expertise and credibility to engage with NMIs and other intergovernmental organizations and international bodies. The clear trend is that, because of the work of the BIPM to promote the SI and its good measurement practice, many such organizations are turning to the BIPM in order to help them to enhance the impact of their own mission and activities. The most visible result of these efforts is the successful joint WMO/BIPM Workshop on Climate Change Monitoring and the signing of the CIPM MRA by the WMO.

These efforts must be maintained so as to enhance the effectiveness of the world metrology system and adequate resources for such partnerships and collaboration must be available. In many cases, these activities are in areas of such enormous political and social concern, such as climate change, healthcare, food safety and quality and forensics, it is impossible not to address such issues vigorously and to pursue common aims as effectively as possible.

The CIPM would also like to draw the attention of States Parties to the Metre Convention to the successful efforts of the BIPM to attract three new Parties to the Metre Convention since the 23rd meeting of the CGPM. The CIPM urges States Parties to the Metre Convention to acknowledge that new Parties to the Metre Convention provide additional income but also additional demands on the BIPM's resources.

In preparing the proposal for the dotation for the years 2013 to 2016, the CIPM was very conscious of the need to extend the work of the BIPM to a level consistent with the demands of the States Parties to the Metre Convention and the economic situation of a number of them. By sharing the cost of the proposed facilities and funding the BIPM, the CIPM wishes to emphasize that States Parties to the Metre Convention make substantial savings and increase the efficiency and effectiveness of both their national metrology structures and their international metrology activities. Indeed, if the proposed activities are not undertaken by the BIPM, they would have to be realized nationally and bilaterally at considerably higher costs to the States Parties to the Metre Convention.

The starting point for the dotation for the years 2013 to 2016 is the dotation voted for by the CGPM at its 23rd meeting for the last year of the current quadrennium, to which should be added the contributions from those States that have acceded to the Metre Convention since the 23rd meeting of the CGPM. As at October 2010, this is the dotation for 2012, namely 11 185 000 euros, plus the contributions of Croatia, Kazakhstan and Kenya, which will amount to 164 421 euros in 2012. Thus, the starting point for the calculation of the dotation for the years 2013 to 2016 is 11 349 421 euros.

The CIPM proposes that the dotation be increased by an amount of 886 000 euros plus an annual increase for inflation of 2 % on 1 January 2013 and that on 1 January of the three succeeding years of the quadrennium it be increased by a further 2 % for inflation.

The dotation requested for each of the years 2013 to 2016 in Draft Resolution C below will enable the BIPM to deliver a programme of work which meets the justified, prioritized and urgent needs of States Parties to the Metre Convention and improve the impact of the SI and of the CIPM MRA world-wide.

The CIPM unanimously recommends that the CGPM approves and funds the full Programme of Work.

- **Dotation of the BIPM for the years 2013 to 2016**

Draft Resolution C

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering

- the increased importance of the work of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) to international trade, industrial innovation, climate change, human health and medicine, food and forensic science in all States Parties to the Metre Convention,
- the recognition of the BIPM as a technically expert intergovernmental organization which reacts to the needs of the States Parties to the Metre Convention,
- the broadened responsibilities given to the BIPM and contained in its programme of work for 2009-2012 and which would be further broadened in the proposed programme of work for 2013-2016,
- the way in which the BIPM continues to adopt best management practice and improve the efficiency of its staff,
- that by sharing the cost of the proposed facilities and funding the BIPM, States Parties to the Metre Convention make substantial savings and increase the efficiency and effectiveness of both their national metrology structures and their international metrology activities,

thanks those National Metrology Institutes which have provided voluntary contributions of all kinds to the BIPM,

urges National Metrology Institutes to increase the number of staff seconded to the BIPM to work on projects of mutual interest integrated into the programme of work of the BIPM,

decides that the annual dotation of the BIPM, as defined in Article 6, 1921, of the Regulations annexed to the Metre Convention, will be increased in such a way that, for those States that are Parties to the Metre Convention at the time of the 24th meeting of the CGPM, it shall be:

12 462 000 euros in 2013

12 711 000 euros in 2014

12 965 000 euros in 2015

13 224 000 euros in 2016.

15. Report on issues related to Associates of the General Conference

15.1 On the status of Associate State of the General Conference

In Resolution 3 adopted at its 21st meeting (1999), the General Conference on Weights and Measures created the category of *Associate of the General Conference* in order to provide States which are not Parties to the Metre Convention and that might initially have difficulty in allocating funds sufficient to meet the cost of acceding to the said Convention with the means to

participate in the *Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes* (CIPM MRA). Ten years later, on 1 November 2010, 31 States are Associates of the CGPM¹. Many of these States play a much greater role in the work carried out under the Metre Convention than was envisaged in 1999 and take more advantage of the services that the International Committee for Weights and Measures made available to them. This has led to an increase in costs to the International Bureau of Weights and Measures. Associate States have also gained considerable scientific and economic benefits from their participation in the CIPM MRA. However, since 1999 and on 1 November 2010, only three Associate States have taken the decision to accede to the Metre Convention.

At its 23rd meeting (2007) the CGPM examined the situation of Associate States. While it acknowledged the value and desirability of their participation in the activities of the BIPM within the CIPM MRA, the CGPM also considered the increasing imbalance between the benefits gained by Associates and their level of financial subscription. As a result, the CGPM invited the CIPM to draw up criteria which would enable the CIPM to review whether it would be more appropriate for an Associate State to become a Party to the Metre Convention. Consequently, the CIPM decided at its 98th and 99th sessions, that this review would be based on the following criteria:

- Signature of the CIPM MRA by the Associate State's National Metrology Institute;
- Publication of comparison results in the key comparison database (KCDB); and
- Having one or more Calibration and Measurement Capability (CMC) listed in the KCDB.

In drawing up these criteria, the CIPM also noted the rise in level of benefits enjoyed by the Associate States from their participation in the CIPM MRA while their financial subscription remains unchanged. Indeed, current Associate States can obtain a number of advantages enjoyed by States Parties to the Metre Convention but nevertheless pay a subscription much lower than the contribution they would pay if they were Parties to the Metre Convention. The CIPM considered that this may encourage them to remain in the Associate status and deter them from acceding to the Metre Convention. In order to remedy this situation, the CIPM is recommending an amendment to the conditions regarding the status of Associate States of the CGPM i.e.:

- Raising, from 2013, the minimal annual subscription from 0.05 % of the annual dotation of the BIPM to 0.1 % of the said dotation;
- After an initial five-year period following the accession to the status of Associate State, increasing progressively and irreversibly the amount of the subscription for Associate States after the CIPM has decided, based on the above-mentioned criteria, that they should be encouraged to accede to the Metre Convention. Such an increase would be progressive so that their subscription reaches, in five years, an amount equivalent to 90 % of the annual contribution they would pay as States Parties to the Metre Convention.

Hence, the CIPM now submits to the CGPM the following Resolution.

¹ It should be noted that only States can accede to the Metre Convention. This section, therefore, does not apply to Associate Economies (see 15.2).

- **On the status of Associate State of the General Conference**

Draft Resolution D

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling

- Resolution 3 adopted by the CGPM at its 21st meeting in 1999,
- Resolution 5 adopted by the CGPM at its 23rd meeting in 2007,

considering

- the growing participation of Associate States of the CGPM in the work carried out under the Metre Convention,
- the scientific and economic benefits gained by Associate States, in particular from their participation in the *Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes* (CIPM MRA) and from some services of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) that the International Committee for Weights and Measures (CIPM) made available to them,
- the increasing effective costs for the States Parties to the Metre Convention of these benefits for the Associate States,
- that the status of Associate State could constitute a first step to accede to the Metre Convention,

noting

- the decisions made by the CIPM at its 98th and 99th sessions, adopting the following criteria enabling it to review whether it would be appropriate for an Associate State to become a State Party to the Metre Convention:
 - Signature of the CIPM MRA by the Associate State's National Metrology Institute,
 - Publication of comparison results in the key comparison database (KCDB),
 - Having one or more Calibration and Measurement Capability (CMC) listed in the KCDB,

decides that

- during an initial 5-year period following the accession to the status of Associate of the CGPM, Associate States shall pay an annual subscription determined from their contributions to the United Nations Organisation, as for States Parties to the Metre Convention, with a minimum equal to 0.1 % of the annual *dotation* of the BIPM,
- this decision will be applicable to current Associate States for the calculation of their subscription starting for the year 2013,
- after the above-mentioned initial 5-year period, if the CIPM considers, on the basis of the criteria it adopted, that it would be appropriate for an Associate State to become a State Party to the Metre Convention, the amount of subscription for such an Associate will be progressively and irreversibly increased each year so that it reaches, in five years, an amount

equivalent to 90 % of the annual contribution it would pay as a State Party to the Metre Convention,

- this progressive and irreversible increase will be applicable starting on the 1st January of the second year following the CIPM decision to encourage an Associate State to become a State Party to the Metre Convention,
- the CIPM review of the situation of Associate States in 2011 will be used in application of the present Resolution and that the first increase of the subscriptions will become effective in 2013,
- such increase will not apply to Associate States whose annual subscription is already equal to the contribution they would pay as a State Party to the Metre Convention,
- as long as an Associate State does not fulfil the above-mentioned criteria to be encouraged to become a State Party to the Metre Convention, it will continue to benefit from the advantages of the Associate Status, as provided for in Resolution 3 adopted by the CGPM at its 21st meeting (1999), and from the BIPM services that the CIPM made available to them, and its subscription will continue to be determined as during the initial 5-year period,

invites

all Associate States, whether fulfilling or not the criteria adopted by the CIPM to encourage Associate States to become States Parties to the Metre Convention, to accede to the Metre Convention as such accession can only be beneficial for the strengthening of the world's measurement system.

15.2 On the acceptance of Economies as Associate of the General Conference

In Resolution 3 adopted at its 21st meeting (1999), the General Conference on Weights and Measures (CGPM) created the status of *Associate of the General Conference* open to “*States and Economies*”, as a means of promoting their participation in the world's measurement system. Resolution 3 did not define the concept of “Economies”. The International Bureau of Weights and Measures (BIPM) subsequently received applications from two territorial entities, Hong Kong, China and Chinese Taipei, which became Associates in April 2000 and April 2002 respectively and which subsequently signed the *Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes* (CIPM MRA). It also received an application from a regional Intergovernmental Organisation (CARICOM). In 2003, the CGPM confirmed the International Committee for Weights and Measures (CIPM) interpretation of the word “Economy” as meaning a formal regional economic cooperation and it agreed that CARICOM could become an Associate Economy.

In Resolution 6 adopted at its 23rd meeting (2007), the CGPM expressed the desirability of setting criteria against which applications of “Economies” willing to become Associates should be assessed, in so far as the current situation could enable States which are not Parties to the Metre Convention to benefit indirectly from the activities of the BIPM at virtually no cost.

When the CGPM decided to open the status of Associate to “Economies”, its intention was to include territorial entities that possess their own Metrology Institute and whose participation in

the activities of the BIPM is considered by the CGPM to be beneficial for the strengthening of the world's measurement system.

Intergovernmental Organizations have no territory and may only be mandated to undertake commitments in relation to the territories of their Member States. Consequently, their participation as Associates in the activities of the BIPM could only duplicate, or substitute, that of Parties, or potential Parties, to the Metre Convention. At present there are discussions on the merit of the accession of Intergovernmental Organizations to the Associate Economy status. Indeed, there seems to be a consensus that the Associate Economy status should only be open to entities other than States, when their participation leads to an effective enlargement of the territories covered through the BIPM's coordination of metrology at the international level, and when such enlargement cannot be obtained through the accession of new Parties to the Metre Convention.

As it was invited to do so by Resolution 6 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007), the CIPM, at its 98th session, developed criteria against which applications from Economies to become Associates of the General Conference can be assessed and proposes that Resolution 3 adopted by the CGPM at its 21st meeting (1999) be amended in order to make clear that only Territorial Entities can accede to the Associate Economy status and only after the CGPM has examined whether their participation contributes to the strengthening of the world's measurement system. In addition, the CIPM recommends that the CGPM should decide on the situation with regard to CARICOM, the current Associate Intergovernmental Organization.

The CGPM is therefore invited to adopt the following Resolution.

- **On the acceptance of Economies as Associate of the General Conference**

Draft Resolution E

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering

- Resolution 3 adopted by the CGPM at its 21st meeting (1999), creating the status of Associate of the CGPM open to "*States and Economies*" as a means of promoting their participation in the world's measurement system,
- Resolution 6 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007), which considered the desirability of setting criteria against which applications from Economies be assessed,

decides that

- the status of Associate Economy shall not be automatically acquired, but granted unanimously by the CGPM on a case by case basis,
- the decision of the CGPM to grant the status of Associate Economy shall be based on the following criteria:
 - an Associate Economy must be a Territorial Entity,

- the Territorial Entity must possess its own Metrology Institute within its territory,
- the participation of the Territorial Entity in the activities of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) must be considered beneficial for the strengthening of the world's measurement system,
- the annual subscription of such Associate Economies shall be determined by the CGPM,
- Intergovernmental Organizations are not considered as “Territorial Entities”,
- CARICOM, the regional Intergovernmental Organization currently Associate Economy of the CGPM, having acceded to the status of Associate Economy of the CGPM prior to the adoption of the above-mentioned criteria, may continue to enjoy this status despite its not meeting the said criteria,

invites the Member States of CARICOM to accede to the Metre Convention or to become Associate States of the CGPM.

16 On the exclusion of States Parties to the Metre Convention having financial arrears for more than six years

16.1 On the exclusion of the Republic of Cameroon

One of the main obligations of a Member State of an intergovernmental organization is to fulfil its financial obligations. Indeed, Article 9 of the Metre Convention states that the annual expenses for the maintenance of the International Bureau of Weights and Measures shall be covered by the contributions of the States Parties to the Metre Convention. Article 6 paragraph 6 to 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention provides for a mechanism for the distribution of the contribution of a State which has remained three years without paying its contribution. Paragraph 7 of Article 6 also provides for a suspension of the advantages and prerogatives conferred to the said State by accession to the Metre Convention. This provision has been applied for the Republic of Cameroon, which acceded to the Metre Convention in 1970, since 1992.

This important and unique procedure allows the BIPM to continue to fulfil its mission in the event that a State Party to the Metre Convention fails to make the payment of its contribution for more than three years.

Paragraph 8 of Article 6 provides that, after three more years, the State in arrears is excluded from the Metre Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the Regulations.

The General Conference on Weights and Measures, at its 23rd meeting (2007), has adopted Resolution 8 on financial arrears defining the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion. The International Committee for Weights and Measures has, by *Note verbale* of 26 February 2010, and in accordance with the said Resolution sent a formal notification to the Republic of Cameroon inviting it to fulfil its financial obligations and reminding it of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion. This notification was recalled by *Note verbale* of 10 June 2010. Given the persistence of the Republic of Cameroon in its failure to fulfil its financial obligations, whose total amount of

arrears is 626 474.02 euros in 2010 distributed among other States Parties to the Metre Convention, despite a rescheduling agreement concluded in 1999 with the CIPM, the terms of which it ceased to respect in 2001, the CIPM recommends that the CGPM should take a decision with regard to the exclusion of the Republic of Cameroon in accordance with Article 6 paragraph 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention for failure to fulfil its financial obligations for more than six years.

- **On the exclusion of the Republic of Cameroon**

Draft Resolution F1

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling that

- Article 6 paragraphs 6 to 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention reads:

“6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l’État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l’adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l’égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l’État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l’article 20 du présent Règlement.”²

- Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007) defines the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion,

considering

- the absolute necessity that contributions of States Parties to the Metre Convention be paid in a consistent and timely manner to allow the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) to fulfil its mission and to avoid financial problems in the day-to-day operation of the BIPM,
- the arrears of the Republic of Cameroon, which in 2010 represent 14 years of contributions that have been advanced to the Republic of Cameroon since 1997 by the other States Parties to the Metre Convention pursuant to Article 6 paragraph 6 of the Metre Convention,

² English translation for easy reference of the authoritative French version:

6. If a State remains three years without paying its contribution, the said contribution is distributed among the other States pro-rata to their own contributions. The supplementary sums thus paid by these States to make up the dotation of the Bureau are considered as advances made to the State in arrears, and are reimbursed to them in the event that it repays its arrears of contributions.

7. The advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention are suspended for those States in arrears by three years.

8. After three more years, the State in arrears is excluded from the Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the present Regulations.

- the regular invitations sent by the BIPM for many years to the Republic of Cameroon to fulfil its financial obligations,
- the formal notification of 26 February 2010 sent by the International Committee for Weights and Measures (CIPM) inviting the Republic of Cameroon to fulfil its financial obligations and reminding it of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion,
- the persistence of the Republic of Cameroon in its failure to fulfil its financial obligations, despite a rescheduling agreement concluded in 1999 with the CIPM,

decides that

- the Republic of Cameroon is excluded with effect from XX/XX/XXXX,

recalls that

- pursuant to Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007), the Republic of Cameroon may only again accede to the Metre Convention, if its remaining arrears have been paid,
- pursuant to Article 11 of the Metre Convention, if the Republic of Cameroon wishes to accede again to the Metre Convention, it shall pay an entry contribution equal to its first annual contribution at the time of its new accession.

16.2 On the exclusion of the Dominican Republic

One of the main obligations of a Member State of an intergovernmental organization is to fulfil its financial obligations. Indeed, Article 9 of the Metre Convention states that the annual expenses for the maintenance of the International Bureau of Weights and Measures shall be covered by the contributions of the States Parties to the Metre Convention. Article 6 paragraph 6 to 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention provides for a mechanism for the distribution of the contribution of a State which has remained three years without paying its contribution. Paragraph 7 of Article 6 also provides for a suspension of the advantages and prerogatives conferred to the said State by accession to the Metre Convention. This provision has been applied for the Dominican Republic, which acceded to the Metre Convention in 1954, since 1966.

This important and unique procedure allows the BIPM to continue to fulfil its mission in the event that a State Party to the Metre Convention fails to make the payment of its contribution for more than three years.

Paragraph 8 of Article 6 provides that, after three more years, the State in arrears is excluded from the Metre Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the Regulations.

The General Conference on Weights and Measures, at its 23rd meeting (2007), has adopted Resolution 8 on financial arrears defining the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion. The International Committee for Weights and Measures has, by *Note verbale* of 26 February 2010, and in accordance with the said Resolution sent a formal notification to the Dominican Republic inviting it to fulfil its financial obligations

and reminding it of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion. Given the persistence of the Dominican Republic in its failure to fulfil its financial obligations, whose amount of arrears is 1 096 990.47 euros in 2010, among which 1 087 762.09 euros were distributed among other States Parties to the Metre Convention, the CIPM recommends that the CGPM should take a decision with regard to the exclusion of the Dominican Republic in accordance with Article 6 paragraph 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention for failure to fulfil its financial obligations for more than six years.

- **On the exclusion of the Dominican Republic**

Draft Resolution F2

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling that

- Article 6 paragraphs 6 to 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention reads:

“6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement.”³

- Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007) defines the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion,

considering

- the absolute necessity that contributions of States Parties to the Metre Convention be paid in a consistent and timely manner to allow the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) to fulfil its mission and to avoid financial problems in the day-to-day operation of the BIPM,
- the arrears of the Dominican Republic, which in 2010 represent 49 years of contributions, and the advances made to the Dominican Republic since 1966 by the other States Parties to the Metre Convention pursuant to Article 6 paragraph 6 of the Metre Convention,

³ English translation for easy reference of the authoritative French version:

6. If a State remains three years without paying its contribution, the said contribution is distributed among the other States pro-rata to their own contributions. The supplementary sums thus paid by these States to make up the dotation of the Bureau are considered as advances made to the State in arrears, and are reimbursed to them in the event that it repays its arrears of contributions.

7. The advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention are suspended for those States in arrears by three years.

8. After three more years, the State in arrears is excluded from the Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the present Regulations.

- the regular invitations sent by the BIPM for many years to the Dominican Republic to fulfil its financial obligations,
- the formal notification of 26 February 2010 sent by the International Committee for Weights and Measures (CIPM) inviting the Dominican Republic to fulfil its financial obligations and reminding it of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion,
- the persistence of the Dominican Republic in its failure to fulfil its financial obligations,

decides that

- the Dominican Republic is excluded with effect from XX/XX/XXXX,

recalls that

- pursuant to Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007), the Dominican Republic may only again accede to the Metre Convention, if its remaining arrears have been paid,
- pursuant to Article 11 of the Metre Convention, if the Dominican Republic wishes to accede again to the Metre Convention, it shall pay an entry contribution equal to its first annual contribution at the time of its new accession.

16.3 On the exclusion of the Islamic Republic of Iran

One of the main obligations of a Member State of an intergovernmental organization is to fulfil its financial obligations. Indeed, Article 9 of the Metre Convention states that the annual expenses for the maintenance of the International Bureau of Weights and Measures shall be covered by the contributions of the States Parties to the Metre Convention. Article 6 paragraph 6 to 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention provides for a mechanism for the distribution of the contribution of a State which has remained three years without paying its contribution. Paragraph 7 of Article 6 also provides for a suspension of the advantages and prerogatives conferred to the said State by accession to the Metre Convention. This provision has been applied for the Islamic Republic of Iran, which acceded to the Metre Convention in 1975, since 1980.

This important and unique procedure allows the BIPM to continue to fulfil its mission in the event that a State Party to the Metre Convention fails to make the payment of its contribution for more than three years.

Paragraph 8 of Article 6 provides that, after three more years, the State in arrears is excluded from the Metre Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the Regulations.

The General Conference on Weights and Measures, at its 23rd meeting (2007), has adopted Resolution 8 on financial arrears defining the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion. The International Committee for Weights and Measures has, by *Note verbale* of 26 February 2010, and in accordance with the said Resolution sent a formal notification to the Islamic Republic of Iran inviting it to fulfil its financial obligations and reminding it of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion.

This notification was recalled by *Notes verbales* of 29 June, 15 September and 13 October 2010. Given the persistence of the Islamic Republic of Iran in its failure to fulfil its financial obligations, whose amount of arrears is 1 392 641.07 euros in 2010, among which 1 354 063.95 euros were distributed among other States Parties to the Metre Convention, the CIPM recommends that the CGPM should take a decision with regard to the exclusion of the Islamic Republic of Iran in accordance with Article 6 paragraph 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention for failure to fulfil its financial obligations for more than six years.

- **On the exclusion of the Islamic Republic of Iran**

Draft Resolution F3

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling that

- Article 6 paragraphs 6 to 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention reads:

“6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement.”⁴

- Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007) defines the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion,

considering

- the absolute necessity that contributions of States Parties to the Metre Convention be paid in a consistent and timely manner to allow the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) to fulfil its mission and to avoid financial problems in the day-to-day operation of the BIPM,
- the arrears of the Islamic Republic of Iran, which in 2010 represent 35 years of contributions, and the advances made to the Islamic Republic of Iran since 1980 by the

⁴ English translation for easy reference of the authoritative French version:

6. If a State remains three years without paying its contribution, the said contribution is distributed among the other States pro-rata to their own contributions. The supplementary sums thus paid by these States to make up the dotation of the Bureau are considered as advances made to the State in arrears, and are reimbursed to them in the event that it repays its arrears of contributions.

7. The advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention are suspended for those States in arrears by three years.

8. After three more years, the State in arrears is excluded from the Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the present Regulations.

other States Parties to the Metre Convention pursuant to Article 6 paragraph 6 of the Metre Convention,

- the regular invitations sent by the BIPM for many years to the Islamic Republic of Iran to fulfil its financial obligations,
- the formal notification of 26 February 2010 sent by the International Committee for Weights and Measures (CIPM) inviting the Islamic Republic of Iran to fulfil its financial obligations and reminding it of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion,
- the persistence of the Islamic Republic of Iran in its failure to fulfil its financial obligations,

decides that

- the Islamic Republic of Iran is excluded with effect from XX/XX/XXXX,

recalls that

- pursuant to Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007), the Islamic Republic of Iran may only again accede to the Metre Convention, if its remaining arrears have been paid,
- pursuant to Article 11 of the Metre Convention, if the Islamic Republic of Iran wishes to accede again to the Metre Convention, it shall pay an entry contribution equal to its first annual contribution at the time of its new accession.

16.4 On the exclusion of the Democratic People's Republic of Korea

One of the main obligations of a Member State of an intergovernmental organization is to fulfil its financial obligations. Indeed, Article 9 of the Metre Convention states that the annual expenses for the maintenance of the International Bureau of Weights and Measures shall be covered by the contributions of the States Parties to the Metre Convention. Article 6 paragraph 6 to 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention provides for a mechanism for the distribution of the contribution of a State which has remained three years without paying its contribution. Paragraph 7 of Article 6 also provides for a suspension of the advantages and prerogatives conferred to the said State by accession to the Metre Convention. This provision has been applied for the Democratic People's Republic of Korea, which acceded to the Metre Convention in 1982, since 1993.

This important and unique procedure allows the BIPM to continue to fulfil its mission in the event that a State Party to the Metre Convention fails to make the payment of its contribution for more than three years.

Paragraph 8 of Article 6 provides that, after three more years, the State in arrears is excluded from the Metre Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the Regulations.

The General Conference on Weights and Measures, at its 23rd meeting (2007), has adopted Resolution 8 on financial arrears defining the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion. The International Committee for Weights and Measures has, by *Note verbale* of 26 February 2010, and in accordance with the said Resolution

sent a formal notification to the Democratic People's Republic of Korea inviting it to fulfil its financial obligations and reminding it of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion. This notification was recalled by *Notes verbales* of 29 June and 15 September 2010. Given the persistence of the Democratic People's Republic of Korea in its failure to fulfil its financial obligations, whose amount of arrears is 866 584.15 euros in 2010, among which 768 123.12 euros were distributed among other States Parties to the Metre Convention, the CIPM recommends that the CGPM should take a decision with regard to the exclusion of the Democratic People's Republic of Korea in accordance with Article 6 paragraph 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention for failure to fulfil its financial obligations for more than six years.

- **On the exclusion of the Democratic People's Republic of Korea**

Draft Resolution F4

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling that

- Article 6 paragraphs 6 to 8 of the Regulations annexed to the Metre Convention reads:

"6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

*8. Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement."*⁵

- Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007) defines the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion,

considering

- the absolute necessity that contributions of States Parties to the Metre Convention be paid in a consistent and timely manner to allow the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) to fulfil its mission and to avoid financial problems in the day-to-day operation of the BIPM,

⁵ English translation for easy reference of the authoritative French version:

6. If a State remains three years without paying its contribution, the said contribution is distributed among the other States pro-rata to their own contributions. The supplementary sums thus paid by these States to make up the dotation of the Bureau are considered as advances made to the State in arrears, and are reimbursed to them in the event that it repays its arrears of contributions.

7. The advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention are suspended for those States in arrears by three years.

8. After three more years, the State in arrears is excluded from the Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the present Regulations.

- the arrears of the Democratic People’s Republic of Korea, which in 2010 represent 22 years of contributions, and the advances made to the Democratic People’s Republic of Korea since 1993 by the other States Parties to the Metre Convention pursuant to Article 6 paragraph 6 of the Metre Convention,
- the regular invitations sent by the BIPM for many years to the Democratic People’s Republic of Korea to fulfil its financial obligations,
- the formal notification of 26 February 2010 sent by the International Committee for Weights and Measures (CIPM) inviting the Democratic People’s Republic of Korea to fulfil its financial obligations and reminding it of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion,
- the persistence of the Democratic People’s Republic of Korea in its failure to fulfil its financial obligations,

decides that

- the Democratic People’s Republic of Korea is excluded with effect from XX/XX/XXXX,

recalls that

- pursuant to Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007), the Democratic People’s Republic of Korea may only again accede to the Metre Convention, if its remaining arrears have been paid,
- pursuant to Article 11 of the Metre Convention, if the Democratic People’s Republic of Korea wishes to accede again to the Metre Convention, it shall pay an entry contribution equal to its first annual contribution at the time of its new accession.

17 On rescheduling agreements between the International Committee for Weights and Measures and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears

The General Conference on Weights and Measures, at its 23rd meeting (2007), adopted Resolution 8 on financial arrears defining the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion. In particular it ruled on the possibility that the International Committee for Weights and Measures could enter into a rescheduling agreement with a defaulting State for the payment of its arrears.

The entering, by the CIPM, into rescheduling agreements has institutional, financial and budgetary consequences for the International Bureau of Weights and Measures and the States Parties to the Metre Convention that need to be defined.

Pursuant to Article 6 paragraph 6 of the Annexed Regulations of the Metre Convention, if a State remained three years without paying its contribution, its contribution is distributed among the other States Parties to the Metre Convention: those sums being advances made to the State in arrears. Moreover, its advantages and prerogatives are suspended.

Rescheduling agreements include the settlement of arrears of defaulting States according to an agreed schedule of repayments as well as the payment of the annual contribution. Once the CIPM has entered into a rescheduling agreement with a State in financial arrears, it is proposed that provisions of Article 6 paragraph 6 of the Annexed Regulations of the Metre Convention would no longer apply and that the annual contribution of the defaulting State should no longer be distributed among the other States Parties to the Metre Convention as from the year following the conclusion of the rescheduling agreement.

In the case of a State in financial arrears but with a rescheduling agreement with the CIPM, the CIPM proposes that the advantages and prerogatives provided for under the Metre Convention be fully reinstated. This reinstatement would follow the first payment made in accordance with the terms of the rescheduling agreement and would be maintained provided that the terms of the rescheduling agreement are respected.

Lastly, the CIPM proposes that, if a State in arrears which has concluded a rescheduling agreement breaches the rescheduling agreement, its advantages and prerogatives again be suspended, its contribution distributed among the other States Parties to the Metre Convention, and the CGPM be requested to take a decision with regard to its exclusion.

The CGPM is therefore invited to adopt the following Resolution.

- **On rescheduling agreements between the International Committee for Weights and Measures and defaulting States Parties to the Metre Convention for the payment of their financial arrears**

Draft Resolution G

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

recalling that

- Article 6 paragraphs 6 to 8 of the Rules annexed to the Metre Convention reads:

“6. Si un État est demeuré trois années sans effectuer le versement de sa contribution, celle-ci est répartie entre les autres États, au prorata de leurs propres contributions. Les sommes supplémentaires, versées ainsi par les États pour parfaire le montant de la dotation du Bureau, sont considérées comme une avance faite à l'État retardataire, et leur sont remboursées si celui-ci vient à acquitter ses contributions arriérées.

7. Les avantages et prérogatives conférés par l'adhésion à la Convention du Mètre sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années.

8. *Après trois nouvelles années, l'État déficitaire est exclu de la Convention, et le calcul des contributions est rétabli conformément aux dispositions de l'article 20 du présent Règlement.*"⁶

- Resolution 8 adopted by the CGPM at its 23rd meeting (2007) which provides that when a State Party to the Metre Convention has not paid its contributions for six years, the International Committee for Weights and Measures (CIPM) may enter into a rescheduling agreement with the defaulting State for the payment of its arrears,

considering

- that the entering by the CIPM into rescheduling agreements with defaulting States Parties to the Metre Convention has institutional, financial and budgetary consequences for the BIPM and the other States Parties to the Metre Convention,
- the need to define the rights and obligations of the States Parties to the Metre Convention having financial arrears for six years and having entered into a rescheduling agreement with the CIPM,

decides that

- when a State Party to the Metre Convention has not paid its contribution for six years, but if the CIPM has entered into a rescheduling agreement with that defaulting State, the arrears shall be settled in accordance with the rescheduling agreement together with the payment of the annual contribution,
- the defaulting State shall again benefit from the advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention after the CIPM has entered into a rescheduling agreement with that defaulting State and on payment of the first settlement pursuant to the rescheduling agreement,
- the annual contribution of the defaulting State shall no longer be distributed among the other States Parties to the Metre Convention starting from the year following the entry into force of the rescheduling agreement,
- the advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention shall be suspended in the case that the defaulting State breaches the rescheduling agreement, its contribution be distributed among the other States Parties to the Metre Convention by applying the provisions of Article 6 paragraph 6 of the Regulations annexed to the Metre Convention, and the CGPM be requested to take a decision with regard to the exclusion of that State.

⁶ English translation for easy reference of the authoritative French version:

6. If a State remains three years without paying its contribution, the said contribution is distributed among the other States pro-rata to their own contributions. The supplementary sums thus paid by these States to make up the dotation of the Bureau are considered as advances made to the State in arrears, and are reimbursed to them in the event that it repays its arrears of contributions.

7. The advantages and prerogatives conferred by accession to the Metre Convention are suspended for those States in arrears by three years.

8. After three more years, the State in arrears is excluded from the Convention and the calculation of contributions is re-established in accordance with the provisions of Article 20 of the present Regulations.

18 On a Convention on the privileges and immunities of the BIPM

The fulfilment by the International Bureau of Weights and Measures of the scientific universal mission entrusted to it under the Metre Convention requires that BIPM staff members are sent on official missions worldwide in order to carry out international comparisons or calibration of national standards and to attend meetings and conferences. For these purposes, standards and scientific equipment of the BIPM are also transported worldwide.

On a regular basis, the BIPM and its staff members encounter practical difficulties concerning, in particular, requirements for compliance with national provisions by the authorities of States Parties to the Metre Convention on the territory through which travel or transportation takes place, in particular admittance on the territory/visas and security procedures. Some BIPM staff members, depending on their nationality, may face significant administrative constraints, regardless of their international civil servant status. In addition there is the potential of damage to standards and equipment during administrative and customs inspections. These practical difficulties lead to large delays in, or even cancellation of, the carrying out of international comparisons and calibrations, thereby not allowing the BIPM to fulfil its mission in a timely and efficient manner. Moreover, in certain cases, the execution of the BIPM's mission is impeded, which may also result in additional costs or the impossibility of the BIPM to be represented at international meetings in which it is the voice of international metrology.

The BIPM enjoys privileges and immunities from the French territory pursuant to the BIPM Headquarters Agreement between the Government of the French Republic and the International Committee for Weights and Measures. These privileges and immunities facilitate the execution of its mission by the BIPM on the French territory. However, the BIPM does not currently enjoy any privileges and immunities on the territory of the other States Parties to the Metre Convention. This situation leads to the above mentioned difficulties.

A more systematic approach would facilitate the fulfilment by the BIPM of its mission, as required, in particular by the duty of its Parties to execute the Metre Convention in good faith. That approach would also permit anticipation and uniformity of treatment of these questions by all States Parties to the Metre Convention. Such an approach would require functional privileges and immunities to be recognized by each State Party to the Metre Convention for the BIPM, its staff members and experts on an official mission for the BIPM on its territory. Such recognition would take the form of a multilateral convention on privileges and immunities of the BIPM, in a process similar to the Convention on privileges and immunities of the United Nations of 13 February 1946, i.e. adopting a Resolution containing such a multilateral convention and inviting each State Party to the Metre Convention to ratify it.

Such privileges and immunities would include:

- juridical personality and capacity,
- immunity from jurisdiction and execution (with a few exceptions),
- inviolability of premises, assets, archives and documents,
- financial provisions (funds, currencies, taxes, customs duties, etc.),
- facilities in respect of communications,
- privileges and immunities of representatives of States Parties to the Metre Convention, of staff members and of experts on mission for the BIPM.

The CIPM therefore proposes that the CGPM agrees on a Resolution containing a multilateral convention on the privileges and immunities of the BIPM and that, once the Resolution is adopted, the CGPM invites each State Party to the Metre Convention to ratify it. States acceding to the Metre Convention would also be invited to accede to this convention.

The CGPM is therefore invited to adopt the following Resolution.

- **On a Convention on the privileges and immunities of the BIPM**

Draft Resolution H

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering that

- the principles of free consent and of good faith and the *pacta sunt servanda* rule are universally recognized as rules of customary international law,
- the mission of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) requires that its staff carry out their duties in States Parties to the Metre Convention other than in France and that this often includes transportation of equipment and standards across national borders,
- international travel is more and more subject to rigorous security and visa requirements which are increasingly causing difficulties and delays for BIPM staff as well as possible damage to standards and equipment,
- the BIPM and its staff enjoy privileges and immunities on the French territory pursuant to the BIPM Headquarters Agreement between the Government of the French Republic and the CIPM originally signed in 1969 and amended in 2008,
- this Agreement applies only to the French territory and no such agreements exist covering the activities of the BIPM and its staff on the territory of the other States Parties to the Metre Convention,
- the proper fulfilment of its mission as defined by the Metre Convention, constituent instrument, requires the BIPM to enjoy, in the territory of each of the States Parties, to the Metre Convention, such privileges and immunities as necessary for such fulfilment,

decides that

- the privileges and immunities, as detailed in the Convention annexed to the present Resolution and taken from the Convention on privileges and immunities of the United Nations of 13 February 1946 and applicable in all Member States of the United Nations, should be granted to the BIPM,

invites all States Parties to the Metre Convention to ratify the said Convention.

CONVENTION ON THE PRIVILEGES AND IMMUNITIES OF THE INTERNATIONAL BUREAU OF WEIGHTS AND MEASURES

*Adopted by the General Conference on Weights and Measures (CGPM)
on XX/XX/XXXX*

Whereas the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) was established as an Intergovernmental Organization by the Metre Convention on 20 May 1875;

Whereas the Metre Convention provides for the universal scientific mission of the BIPM;

Whereas the principles of free consent and of good faith and the *pacta sunt servanda* rule are universally recognized as rules of customary international law;

Whereas the proper fulfilment of its mission as defined by the Metre Convention, constituent instrument, requires the BIPM to enjoy in the territory of each of the States Parties to the Metre Convention such privileges and immunities as are necessary for the fulfilment of its mission and that representatives of the States Parties to the Metre Convention, staff members of the BIPM and experts on mission for the BIPM shall similarly enjoy such privileges and immunities as are necessary for the independent exercise of their functions in connection with the BIPM;

Consequently the CGPM by a Resolution adopted on XX/XX/XXXX, approved the following Convention and proposed it for accession by each State Party to the Metre Convention.

Section I

JURIDICAL PERSONALITY

Article 1 - The States Parties to the present Convention recognize that the BIPM possesses juridical personality and has the capacity:

- a) to contract;
- b) to acquire and dispose of immovable and movable property;
- c) to institute legal proceedings.

Section II

PROPERTY, FUNDS AND ASSETS

Article 2 - The BIPM, its property, funds and assets wherever located and by whomsoever held, shall enjoy immunity from any form of legal process except in so far as in any particular case it has expressly waived its immunity. The BIPM has the duty to waive this immunity in all cases where reliance upon it would impede the course of justice and it can be waived without prejudicing the interests of the BIPM. It is, however, understood that no waiver of immunity shall extend to any measure of execution.

The immunity from jurisdiction and from execution enjoyed by the BIPM shall not apply:

- in respect of a civil action by a third party for damage arising from an accident caused by a motor vehicle belonging to, or operated on behalf of, the BIPM, or in respect of a motor traffic offence involving such a vehicle;
- in respect of an enforcement of an arbitration award made under conventional or contractual provisions by which the BIPM is bound.

Article 3 - The premises of the BIPM, including the premises utilized by the BIPM for the duration of a meeting convened by the BIPM, shall be inviolable. The property, funds and assets of the BIPM, wherever located and by whomsoever held, shall be immune from any form of search, requisition, confiscation, expropriation, sequestration and any other form of interference, whether by executive, administrative, judicial or legislative action, except in so far as may be temporarily necessary in connection with the prevention and investigation of accidents involving motor vehicles belonging to, or operated on behalf of, the BIPM.

Article 4 - The archives of the BIPM and other material including computer software, written material, support storing and any information, and in general all documents belonging to it or held by it, shall be inviolable wherever located.

Article 5 – To the extent required to meet its obligations, without being restricted by financial controls, regulations or moratoria of any kind,

- a) the BIPM may hold funds, gold or currency of any kind and operate accounts in any currency;
- b) the BIPM shall be free to transfer its funds, gold or currency from one State to another or within any State and to convert any currency held by it into any other currency.

Article 6 - In exercising its rights under Article 5 above, the BIPM shall pay due regard to any representations made by the Government of any State Party to the present Convention in so far as it is considered that effect can be given to such representations without detriment to the interests of the BIPM.

Article 7 - Within the scope of its official activities, the BIPM, its assets, income and other property shall be:

- a) exempt from all direct taxes; it is understood, however, that the BIPM will not claim exemption from taxes which are, in fact, no more than charges for public utility services;

b) exempt from customs duties and prohibitions and restrictions on imports and exports in respect of furniture, supplies and equipment imported or exported by the BIPM for its official use. It is understood, however, that furniture, supplies and equipment imported under such exemption will not be sold in the State into which they were imported except under conditions agreed with the Government of that State;

c) exempt from customs duties and prohibitions and restrictions on imports and exports in respect of its publications, or any tax in respect of the sales of its publications or of other goods produced or services provided by it.

Article 8 - While the BIPM will not, as a general rule, claim exemption from excise duties and from taxes on the sale of movable and immovable property which form part of the price to be paid, nevertheless when the BIPM is making important purchases for official use of property on which such duties and taxes have been charged or are chargeable, States Parties to the present Convention will, whenever possible, make appropriate administrative arrangements for the remission or return of the amount of duty or tax.

For the purpose of this Section, the official use shall be considered use for the BIPM's official activities, that is in execution of administrative activities and activities undertaken in pursuance of the mission of the BIPM as defined in the Metre Convention. The extent to which other activities may be considered part of the BIPM's official activities shall be decided in each case by the CIPM after consultation with the competent authorities of the concerned State.

Section III

FACILITIES IN RESPECT OF COMMUNICATIONS

Article 9 - The BIPM shall enjoy in the territory of each State Party to the present Convention for its official communications treatment not less favourable than that accorded by the Government of that State to any other Government including its diplomatic mission in the matter of priorities, rates and taxes on mails, cables, telegrams, radiograms, telephotos, telephone and other communications; and press rates for information to the press and radio. No censorship shall be applied to the official correspondence and other official communications of the BIPM.

The circulation of publications and other information material sent by or to the BIPM shall not be restricted in any way.

Article 10 - The BIPM shall have the right to use codes and to despatch and receive its correspondence by courier or in bags, which shall have the same immunities and privileges as diplomatic couriers and bags.

Section IV

THE REPRESENTATIVES OF STATES PARTIES TO THE PRESENT CONVENTION

Article 11 - Representatives of States Parties to the present Convention to meetings of the CGPM and conferences convened by the BIPM, shall, while exercising their functions and during their journey to and from the place of meeting, enjoy the following privileges and immunities:

a) immunity from personal arrest of detention and from seizure of their personal baggage, and, in respect of words spoken or written and all acts done by them in their capacity as representatives, immunity from legal process of every kind; this immunity shall not apply in the case of a motor traffic offence committed by a Representative of a State Party to the present Convention, nor in the case of damage caused by a motor vehicle belonging to or driven by him/her;

b) inviolability for all papers and documents;

c) the right to use codes and to receive papers or correspondence by courier or in sealed bags;

d) exemption in respect of themselves and their spouses from immigration restrictions, alien registration or national service obligations in the State they are visiting or through which they are passing in the exercise of their functions;

e) the same facilities in respect of currency or exchange restrictions as are accorded to representatives of foreign governments on temporary official missions;

f) the same immunities and facilities in respect of their personal baggage as are accorded to diplomatic envoys; and also

g) such other privileges, immunities and facilities not inconsistent with the foregoing as diplomatic envoys enjoy, except that they shall have no right to claim exemption from customs duties on goods imported (otherwise than as part of their personal baggage) or from excise duties or sales taxes.

Article 12 - In order to secure, for the representatives of States Parties to the present Convention to meetings of the CGPM and to conferences convened by the BIPM, complete freedom of speech and independence in the discharge of their duties, the immunity from legal process in respect of words spoken or written and all acts done by them in discharging their duties shall continue to be accorded, notwithstanding that the persons concerned are no longer the representatives of States Parties to the present Convention.

Article 13 - Where the incidence of any form of taxation depends upon residence, periods during which the representatives of States Parties to the present Convention to meetings of the CGPM and to conferences convened by the BIPM are present in a State Party to the present Convention for the discharge of their duties shall not be considered as periods of residence.

Article 14 - Privileges and immunities are accorded to the representatives of States Parties to the present Convention not for the personal benefit of the individuals themselves, but in order to safeguard the independent exercise of their functions in connection with the BIPM. Consequently a State Party to the present Convention not only has the right, but is under a duty to waive the immunity of its representative in any case where in the opinion of such State the immunity would impede the course of justice, and it can be waived without prejudice to the purpose for which the immunity is accorded.

Article 15 - The provisions of Articles 11, 12 and 13 are not applicable between a representative and the authorities of the State of which he/she is a national or of which he/she is or has been the representative.

Article 16 - In this Article the expression "representatives" shall be deemed to include all delegates, deputy delegates, advisers, technical experts and secretaries of delegations.

Section V

STAFF MEMBERS

Article 17 - Staff members of the BIPM shall:

a) be immune, even after they are no longer staff members of the BIPM, from legal process in respect of words spoken or written and all acts performed by them in their official capacity; this immunity shall not apply in the case of a motor traffic offence committed by a staff member of the BIPM, nor in the case of damage caused by a motor vehicle belonging to or driven by him/her;

b) be exempt from taxation on the salaries and emoluments paid to them by the BIPM;

c) be immune from national service obligations;

d) be immune, together with their spouses and relatives dependent on them, from immigration restrictions and alien registration;

e) be accorded the same privileges in respect of exchange facilities as are accorded to the officials of comparable ranks forming part of diplomatic missions to the Government concerned;

f) be given, together with their spouses and relatives dependent on them, the same repatriation facilities in time of international crisis as diplomatic envoys.

Article 18 - In addition to the immunities and privileges specified in Article 17, the Director and Deputy Director of the BIPM and, when the office is vacant, the person appointed to act in his place, shall be accorded in respect of themselves, their spouses and dependent children, the privileges and immunities exemptions and facilities accorded to diplomatic envoys, in accordance with international law.

Article 19 - Privileges and immunities are granted to staff members in the interests of the BIPM and not for the personal benefit of the individuals themselves. The Director of the BIPM shall have the right and the duty to waive the immunity of any staff member in any case where, in his opinion, the immunity would impede the course of justice and can be waived without prejudice to the interests of the BIPM. In the case of the Director, the CIPM shall have the right to waive immunity.

Article 20 - The BIPM shall cooperate at all times with the appropriate authorities of States Parties to the present Convention to facilitate the proper administration of justice, secure the observance of police regulations and prevent the occurrence of any abuse in connection with the privileges, immunities and facilities mentioned in this Section.

Section VI

EXPERTS ON MISSIONS FOR THE BIPM

Article 21 - Experts (other than staff members coming within the scope of Section V) in the exercise of their functions in connection with the BIPM or in performing missions for the BIPM shall be accorded such privileges and immunities as are necessary for the independent exercise of their functions during the period of their missions, including the time spent on journeys in connection with their missions. In particular they shall be accorded:

a) immunity from personal arrest or detention and from seizure of their personal baggage;

b) immunity from legal process of every kind, in respect of words spoken or written and acts done by them in the course of the performance of their mission. This immunity from legal process shall continue to be accorded notwithstanding that the persons concerned are no longer employed on missions for the BIPM; this immunity shall not apply in the case of a motor traffic offence committed by an expert, nor in the case of damage caused by a motor vehicle belonging to or driven by him/her;

c) inviolability for all papers and documents;

d) for the purpose of their communications with the BIPM, the right to use codes and to receive papers or correspondence by courier or in sealed bags;

e) the same facilities in respect of currency or exchange restrictions as are accorded to representatives of foreign governments on temporary official missions;

f) the same immunities and facilities in respect of their personal baggage as are accorded to diplomatic envoys.

Article 22 - Privileges and immunities are granted to experts in the interests of the BIPM and not for the personal benefit of the individuals themselves. The Director of the BIPM shall have the right and the duty to waive the immunity of any expert in any case where, in his opinion, the immunity would impede the course of justice and it can be waived without prejudice to the interests of the BIPM.

Section VII

BIPM TRAVEL CERTIFICATE AND TRANSPORTATION FACILITATION

Article 23 - The BIPM may issue to its staff members, or to experts on official mission for the BIPM or in the exercise of their functions in connection with the BIPM, a certificate that they are travelling on the business of the BIPM. Applications for visas (where required) from the holders of such certificates, shall be dealt with as speedily as possible. In addition, such persons shall be granted facilities for speedy travel.

Article 24 - Administrative and customs-related formalities with regard to national standards, scientific equipment and any other material used for the fulfilment of its mission by the BIPM, shall also be dealt with as speedily as possible.

Section VIII

SETTLEMENT OF DISPUTES

Article 25 - The BIPM shall make provisions for appropriate modes of settlement of:

a) disputes arising out of contracts or other disputes of a private law character to which the BIPM is a party;

b) disputes involving any staff member of the BIPM who by reason of his official position enjoys immunity, if immunity has not been waived by the Director of the BIPM.

Article 26 - Any dispute arising out of the interpretation or application of the present Convention shall be negotiated amicably. If a settlement cannot be found by negotiation within 15 (fifteen) days after due notice given by a party to the other, the dispute shall be, at the request of any party to the dispute,

submitted to arbitration. Unless the parties to the dispute decide otherwise, the arbitration procedure is as follows.

The Arbitration Tribunal shall consist of three members. Each party to the dispute shall nominate one arbitrator within 15 (fifteen) days after expiry of the negotiation deadline, the first two arbitrators shall nominate the third arbitrator within 15 (fifteen) days after the last nomination of the Arbitrators by the parties, who shall be the chairperson of the Arbitration Tribunal. The Arbitration Tribunal shall deliver its decision within 60 (sixty) days after the appointment of its Chair. It shall decide the case by applying the present Convention's provisions and in the alternative, international general law. The place of arbitration shall be Paris (France). The language to be used in the arbitral proceedings shall be French. The costs of the arbitration shall be paid by the defaulting party. The award of the Arbitration Tribunal shall be final and binding upon the parties.

States parties to the present Convention or the BIPM, not being parties to the dispute, may intervene in the proceedings with the consent of the Arbitration Tribunal if it considers that they have a substantial interest in the decision of the case. The Arbitration Tribunal shall establish its own rules of procedure. The award of the Arbitration Tribunal shall be made by a majority of its members who may not abstain from voting. The parties shall comply with the award without delay. In the event of a dispute as to the award's meaning or scope, the Arbitration Tribunal shall interpret it at the request of any party to the dispute.

Article 27 - Any State party to the present Convention may submit to the Arbitration Tribunal any dispute:

- arising out of damage caused by the BIPM;
- involving any other non-contractual responsibility of the BIPM;
- involving the Director, a staff member or an expert of the BIPM and in which the person concerned can claim immunity under the present Convention, the responsibility of the BIPM shall, in such arbitration, be substituted for that of such persons.

Final Section

GENERAL PROVISIONS

Article 28 - This convention is submitted to every State Party to the Metre Convention for accession.

Article 29 - Accession shall be effected by deposit of an instrument with the Government of the French Republic and the Convention shall come into force as regards each State on the date of deposit of each instrument of accession.

Article 30 - The Government of the French Republic shall inform all States Parties to the present Convention of the deposit of each accession.

Article 31 - It is understood that, when an instrument of accession is deposited on behalf of a State, the State will be in a position, under its own law, to give effect to the terms of this Convention.

Article 32 - This Convention shall continue in force as between the BIPM and every State which has deposited an instrument of accession for so long as that State remains a Party to the Metre Convention, or until a revised general convention has been approved by the CGPM and that this State has become a Party to this revised convention.

Article 33 - The President of the CIPM may conclude with any Party or Parties to the present Convention supplementary agreements adjusting the provisions of this Convention so far as that Party or those Parties are concerned. These supplementary agreements shall in each case be subject to the approval of the CGPM.

Article 34 - The text of the present Convention is adopted in French and in English. In the case of interpretation of the present Convention, the only authoritative version shall be the French text.

19 Reports of Presidents of Consultative Committees

As is customary, the Presidents of the ten Consultative Committees (CCs) of the CIPM will make their reports to the General Conference. During the meeting itself, each President will highlight the most important elements of the work of their Committees since the 23rd meeting of the General Conference and will draw the attention of delegates to any trends or issues which need to be borne in mind for the future work of the Committees. They will also present appropriate Draft Resolutions to the General Conference.

However, there are a number of common issues which characterize the work of all the Consultative Committees (CCs). These include:

- A continuing and substantial preoccupation with the technical work which underpins the CIPM MRA. Apart from the CCU, all Committees have set up specific groups to deal with the setting of the technical descriptions of the NMI services on which calibration and measurement capabilities (CMCs) are based. A number of Consultative Committees have formed working groups for the inter-regional review of CMCs. Consultative Committees are also responsible for the review and approval of key comparison reports before they are included in the key comparison database;
- CC strategy. Following a request from the CIPM, CC Presidents have set up strategy working groups. These groups address and review the main challenges to metrology in their area of activity and formulate appropriate responses either for the CC, the BIPM programme of work, or for NMIs through either individual activities or coordinated projects;
- In the light of potential redefinitions of some of the base units of the SI, many Consultative Committees have set up specific working groups on the definition, and practical realization, of the unit for which it has a responsibility. These groups provide invaluable advice on the impact of any redefinitions in their areas of responsibility and are preparing drafts of the relevant *mise en pratique* of the relevant unit when its definition is revised;
- Consultative Committees have become increasingly active in establishing collaborations and cross-representations with a number of intergovernmental organizations or international bodies with complementary interests. There are long standing collaborations with bodies such as the IAEA, the CIE, the IERS and the IAU. Consultative Committees have more recently established strong links with the WHO, WMO, FAO/Codex Alimentarius, WADA and others. In many cases, these links have been formalized through Memoranda of Understanding or letters of co-operation approved by the CIPM. This trend is consistent with the discussions on the importance of international collaboration and coordination which took place during the 23rd meeting of the General Conference;
- The majority of Consultative Committees provide a general meeting place for exchange of information of activities at NMIs. This can be done through a formal agenda point during the meeting or through reports and working documents which are posted on the relevant CC page on the BIPM website. In some cases, these discussions have led to specific collaborations between NMIs; and
- More and more Consultative Committees have organized workshops and similar events to discuss key technical developments and to assist in technology and knowledge transfer amongst NMIs or participants in comparisons.

Specific Draft Resolutions to be presented to the CGPM by the Presidents of Consultative Committees are:

19.1 and 19.3 Consultative Committee for Length and Consultative Committee for Time and Frequency

On the revision of the *mise en pratique* of the metre and the development of new optical frequency standards

The CCTF in its 15th meeting (2001), taking into account that new frequency standards are being studied, and that these new standards could eventually be considered as the basis for a new definition of the second, recommended the establishment of a list of secondary representations of the second to be approved by the CCTF at its regular meetings. Rapid progress continues to be made in the areas of optical frequency standard development and the uncertainties of optical frequency standards have become at least comparable with, and in some cases better than, the uncertainty associated with the current realization of the second. The CCL and the CCTF have established a joint working group (JWG) to review and discuss proposed standards' uncertainty budgets and evaluate their validity before recommending to the CCTF that the standard be added to the list of frequencies appropriate for secondary representations of the second. Several additions to the common list of "Recommended values of standard frequencies for applications including the practical realization of the metre and secondary representations of the second" were adopted by the CIPM in 2009 (Recommendation 2 - CI-2009).

This development poses significant technical issues. In particular, it is difficult to compare the highest performance frequency standards remotely using existing satellite-based time transfer techniques. The CCL and the CCTF are therefore encouraging research into the most promising techniques which would permit calculated time scales to take advantage of the performance of optical frequency standards. The uncertainties associated with current satellite-based time transfer need to be improved by about a hundred to match the demonstrated performance of optical standards and a number of options are being investigated. In order to coordinate work in this area, the CCTF has set up a working group on Coordination of the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques.

- **On the revision of the *mise en pratique* of the metre and the development of new optical frequency standards**

Draft Resolution I

The General Conference on Weight and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering that

- there have been rapid and important improvements in the performance of optical frequency standards,
- national metrology institutes are working on comparison techniques for optical frequency standards over short distances,

- remote comparison techniques need to be developed at an international level so that optical frequency standards can be compared,

welcomes

- the activities of the joint working group of the CCTF and the CCL to review the frequencies of optically-based representations of the second,
- the additions made by the CIPM in 2009 to the common list of “Recommended values of standard frequencies for applications including the practical realization of the metre and secondary representations of the second”,
- the establishment of a CCTF working group on Coordination of the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques,

recommends that

- NMIs commit resources to the development of optical frequency standards and their comparison,
- the BIPM supports the coordination of an international project with the participation of NMIs, oriented to the study of the techniques which could serve to compare optical frequency standards.

On the adoption of a common terrestrial reference system

There is a considerable rise in activity which is related to global navigation satellite systems or GNSS, and at least four geodetic reference systems are in use, as reference frames suitable for use with measurements on, or near, the Earth’s surface. This proliferation could be damaging to the interactivity and interoperability between GNSS systems and all the currently developed or proposed global components of GNSS (GPS, GLONASS, EGNOS, Galileo and Compass) have stated their intention to use geodetic references for each system that are closely aligned to the International Terrestrial Reference System (ITRS), developed by the International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS) and recognized by the International Astronomical Union (IAU) in 2000. A common forum (the International Committee for GNSS, or IGS) has been created by the United Nations to assure communication between providers and users. The CCTF collaborates strongly with all these organizations and, in 2009, recommended to the CIPM that, as the ITRS had not been adopted so far by an intergovernmental organization with responsibility or interest in the metrology which supports GNSS, it would be appropriate for the CIPM to recommend that the CGPM at its 24th meeting takes the lead in this area.

- **On the adoption of a common terrestrial reference system**

Draft Resolution J

The General Conference on Weights and Measures (CGPM), at its 24th meeting,

considering

- that a significant number of global navigation satellite systems (GNSS) now exist and that in the future there may be more,
- the proliferation of time and geodesy reference systems in use in these navigation systems, which creates ambiguities for users with regard to the interpretation of navigation and timing solutions, and which renders interoperability between the systems more difficult,
- the existence of the International Terrestrial Reference System (ITRS),
- that the adoption of a common reference system would lead to benefits for users regarding unification of navigation and timing solutions and systems interoperability,

recommends that the ITRS, as defined by the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG) and realized by the International Earth Rotation and Reference Systems Service IERS and the International GNSS Service, be adopted as the international standard for terrestrial reference frames for all metrological applications.

20 **Proposals by Delegates**

Delegates from Member States are requested to let the CIPM know of their wishes or any proposals they would like to submit to the General Conference as soon as possible, but in any case, at least, six months before the meeting of the General Conference. This is so that, in accordance with the decision of the General Conference at its 9th meeting (1948): the wishes or proposals thus deposited will be distributed by the bureau of the CIPM to all Member States, at least four months before the opening of the Conference so that Delegates may receive the necessary instructions and authority; all other wishes and proposals being presented to the Conference only if the International Committee has time to study them and has approved them*.

* BIPM translation.

21 Renewal of half of the CIPM

In conformity with Articles 7 (1875) and 8 (1921) of the Regulations annexed to the Metre Convention, the CGPM will proceed by secret ballot to the renewal of half of the membership of the CIPM. Outgoing members are those who, in the case of vacancies, have been provisionally elected in the interval between two meetings of the Conference, and the others are drawn by lot. Outgoing members are eligible for re-election.

December 2010

For the International Committee for Weights and Measures
Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex

The Secretary,
R. Kaarls

The President,
B. D. Inglis

Appendix B

Programme of work and budget of the International Bureau of Weights and Measures for the four years 2013-2016

Introduction

This document sets out the proposals for the programme of work and budget of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) for the period 2013-2016. It provides information on item 12 of the Provisional Agenda of the 24th meeting of the General Conference on Weights and Measures (CGPM) and Draft Resolution C on the Dotation of the BIPM (See Convocation of the CGPM for its 24th meeting). Agenda Item 12.1 concerns the programme of future work at the BIPM while agenda Item 12.2 concerns the annual dotation for each of the four years 2013 to 2016.

Executive Summary

The mission of the BIPM is to achieve world-wide uniformity of measurement. Such uniformity supports international commerce and trade, monitoring of climate change and the environment, human health and safety, medicine, food, and scientific research and development. The BIPM serves this mission by operating scientific laboratories at Sèvres, France, and by collaborating with and coordinating activities in the National Metrology Institutes (NMIs) of Member States. The BIPM maintains facilities in the areas of mass, time, electricity, ionizing radiation, and chemistry, and provides metrological comparisons and calibrations in these areas to NMIs to ensure traceability of measurements to the International System of Units (SI). An important focus of its activities is the coordination of global metrology, in particular through the operation of the Mutual Recognition Arrangement of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by national metrology institutes (CIPM MRA) in Member States as well as Associates of the CGPM.

The BIPM fulfils a unique role in world metrology. It has a total staff presently close to 80 and specialized and dedicated facilities. Its independence and neutrality resulting from its statute as an intergovernmental organization, allows it to engage in activities and tasks that it alone can undertake. Based on this, together with its high scientific standing, the BIPM makes a major contribution to society.

One of the main financial benefits of the BIPM to Member States is that its international activities are carried out on a shared-cost basis.

Every four years a Programme of Work and Budget, prepared by the International Committee for Weights and Measures (CIPM), the supervisory body of the BIPM, is presented to the Member States for approval. The proposed activities of the 2013-2016 programme of work to fulfil the mission of the BIPM are as follows.

Supporting metrology for trade and commerce, in particular by:

- conserving and disseminating the primary standard of mass, the international prototype of the kilogram;
- establishing and disseminating International Atomic Time (TAI) and, in collaboration with the International Earth Rotation and Reference Systems Service, Coordinated Universal Time (UTC);
- providing on-site comparisons of macroscopic electrical quantum standards to NMIs at the highest metrological level as well as special calibrations of measurement standards of NMIs in selected areas;
- conducting international comparisons for dosimetry and radionuclide activity;
- conducting international comparisons and providing results to underpin NMI calibration and measurement capabilities (CMCs) in the field of organic chemistry;
- coordinating and supporting the operation of the CIPM MRA to facilitate world-wide recognition of the measurement services provided by all the participants as listed in the BIPM key comparison database (KCDB), increasingly seen as a key system for promoting world trade and reducing technical barriers to trade; and
- promoting the development of higher order reference materials, methods and services by NMIs and their use by the *in vitro* diagnostic industry by maintaining the Database of Reference Measurement Systems for Laboratory Medicine (JCTLM database) and the review process for nominated entries.

Supporting metrology for climate change monitoring and the environment, in particular by:

- providing an international facility for the comparison of greenhouse gas standards, assuring the stability and reliability of measurements for their long-term monitoring, their use in radiative and climate-change models, and verification and evaluation of the effects of mitigation strategies; and
- providing an international facility for the ongoing comparison of air quality impact gases, notably surface ozone standards, as well as nitrogen monoxide, nitrogen dioxide, and formaldehyde standards, and thus supporting national air-quality monitoring networks and pollution control strategies.

Supporting metrology for human health and safety in particular by:

- providing unique international facilities for radiation dosimetry and radionuclide activity measurements used for human diagnosis and cancer treatment, radiation protection and the monitoring of radioactive nuclides in air, soil and food;
- providing international facilities to establish the comparability of chemical measurement results in clinical, environmental, food, forensics and pharma application areas; and
- developing international facilities for the physico-chemical value assignment of large molecule standards such as insulin, to improve therapeutic product manufacturing, to reduce

manufacturing costs as well as to improve the accuracy of diagnostic reference measurement systems and avoid costs of unnecessary repeated measurements.

Coordinating global metrology by:

- maintaining the information and data related to the operation of the CIPM MRA, namely the list of participants, the list of international comparisons and their reports and results, and the list of internationally recognized CMCs in the KCDB;
- providing scientific and organizational support to the work of the Consultative Committees of the CIPM, the network of top-level metrological experts from the world's leading NMIs;
- entering into agreements with other intergovernmental organizations and international bodies where such agreements are supportive of the mission of the BIPM, and creating Joint Committees where appropriate; and
- providing the scientific and administrative secretariat for the CGPM and the CIPM, as well as the secretariat for the meetings of directors of NMIs.

The CIPM considers that the proposed activities are essential to address today's needs, particularly in relation to the Grand Challenges of the 21st century such as innovation, sustainability, climate change, the environment, and health. It wishes to emphasize the following requirements.

In the field of mass the activities focus on **the preparation for the redefinition of the kilogram**. The CIPM proposes that the new kilogram definition will be based on a fixed numerical value of the Planck constant h . The BIPM is in an advanced state of developing a "watt balance" to assure that an international primary realization of the new kilogram will be available at the BIPM for the Member States and will maintain a set of new mass artefact reference standards to continue the dissemination of the kilogram to all NMIs at the highest possible metrological level after the redefinition.

The CIPM also proposes that the BIPM acquires a clinical linear accelerator (LINAC) to enable it to fulfill its responsibility in providing Member States with **traceability of dosimetric standards for LINACs used in cancer radiation therapy**. Accurate knowledge of the applied dose is essential for effective cancer treatment and the optimum use of health service resources. In the past, radiation therapy in hospitals was based on cobalt sources, but these sources have steadily been replaced by LINACs, which offer greatly improved treatment capabilities. At present there are more than 8 000 LINACs operating in hospitals around the world. While some NMIs are already operating LINACs to support their national needs, 80 % of Member States still rely on calibrations based on cobalt sources and have to use correction factors for the calibration of LINACs in their hospitals.

Using a LINAC under metrological reference conditions, the BIPM would be in a position to characterize and provide calibration certificates for those national measurement standards directly at LINAC photon energies and reduce the calibration uncertainty by about a factor of 2. This reduced uncertainty would then be available for the calibration of LINACs in hospitals where it could considerably improve radiation delivery for cancer treatment and thus reduce healthcare costs. For those NMIs that operate their own LINACs, a LINAC at the BIPM would allow comparisons of their standards in the same radiation field, validating their national dosimetry measurement systems at the highest level possible.

Due to the expected impact on cancer treatment this proposal is strongly supported by the International Atomic Energy Agency (IAEA), the International Commission on Radiation Units

and Measurements (ICRU), the International Organization for Medical Physics (IOMP) and the World Health Organization (WHO). The summary of a detailed strategic plan examining cost and benefit options regarding the purchase of a LINAC can be found in the Annex of the present document.

An **extension of the organic analysis programme to molecules of higher molar mass** is proposed. This is motivated in particular by progress in today's physico-chemical analysis technologies and will permit the development of traceability to the International System of Units (SI) for these organic molecules of relevance to the **diagnostic and therapeutic fields**, with resulting improvements in the accuracy and effectiveness of diagnostic and therapeutic interventions. For example, in the case of insulin, major stakeholders requested the WHO¹ in 2009, to implement a new international standard for biosynthetic human insulin, moving away from "biological activity" expressed in "International Units" to an SI traceable quantity, in order to improve the production quality of insulin. There are similar urgent demands to be satisfied from other areas of the pharma community. The BIPM plans therefore to develop a reference facility in the field of protein measurements, notably for therapeutic products and diagnostic reference measurement systems, for which active ingredients can now be fully characterized by physico-chemical methods, such as insulin. The activities of the BIPM in this area also contribute to reducing the costs of health-care by facilitating the cost-effective production of generic pharmaceuticals.

An **extension of the BIPM's activity on comparisons of greenhouse gas (GHG) standards** is proposed in response to the challenge set by **Climate Change** monitoring, with a unique dedicated facility and a long-term commitment to the coordination of comparisons. This is motivated by the developing global focus on the quantification and verification of greenhouse gas emissions, and possible developments in capping and trade approaches and legislation relative to these emissions. This will lead to a major increase in demand for GHG measurement systems, the consistency and accuracy of which will need to be assured. The long-term monitoring of greenhouse gases places stringent requirements on the permitted uncertainties of primary standards to which these measurements are traceable, which can be achieved most efficiently through a BIPM-coordinated programme. The programme benefits from the BIPM's impartiality with the reference value assigned from the ensemble of measured standards. This will provide a cost effective route to underpinning national capabilities for greenhouse gas calibration and monitoring and demonstrate a tangible link between the measurement requirements of the World Meteorological Organization (WMO) and measurement infrastructure in the NMIs.

Another important area of metrology related to the impact of new technologies, and in particular that of nanotechnology, could not be addressed in this programme of work but is likely to require activities during the period 2017-2020.

¹ Request to the World Health Organization to Implement a New International Standard for Biosynthetic Human Insulin; addressed to the Expert Committee on Biological Standardization (WHO), the Pharmacopoeias, and the BIPM by Eli Lilly and Company, Novo Nordisk, Sanofi-Aventis and the American Diabetes Association.

To fund this proposed programme of work, the CIPM, in the Convocation of the CGPM for its 24th meeting, asked the CGPM to adopt the following dotation for each of the years 2013 to 2016:

12 462 000 euros in 2013
12 711 000 euros in 2014
12 965 000 euros in 2015
13 224 000 euros in 2016

representing a total of 51 362 000 euros for the four-year period.

This dotation for each of the years 2013-2016 will allow the BIPM to fulfil its mission under the Metre Convention by carrying out a programme of work that meets the requirements of the Member States. The total cost of the programme of work for the four-year programme is estimated to be 57 026 000 euros. The proposed dotation will support the continuation of the present BIPM activities whose cost is estimated to be about 51 717 000 euros over the four-year period and includes in particular the strengthening of staff resources to cope with the increased workload of maintaining an ensemble of new mass standards to support the redefinition of the kilogram. To expand the current activities in the field of climate change monitoring and organic analysis of larger molecules for diagnostics and therapeutics a budget of about 1 234 000 euros over the four-year period would be necessary to cover capital equipment and operating costs. The proposed expansion of dosimetry to higher photon energies for cancer therapy supporting a LINAC facility would require a budget of 1 620 000 euros over the four-year period to finance both capital equipment and operating costs. To this amount, the cost of the construction of a vault for the installation of a LINAC, estimated to be 2 455 000 euros, should be added. The construction of this vault would be largely funded through cash resulting from appropriations corresponding to expenditures that have not been committed in the past and are not carried forward to the budget of the quadrennium 2013-2016.

The starting point for the dotation for the years 2013 to 2016 is the dotation voted for by the CGPM at its 23rd meeting for the last year of the current quadrennium, to which should be added the contributions from those States that have acceded to the Metre Convention since the 23rd meeting of the CGPM. As at October 2010, this is the dotation for 2012, namely 11 185 000 euros, plus the contributions of Croatia, Kazakhstan and Kenya, which will amount to 164 421 euros in 2012. Thus, the starting point for the calculation of the dotation for the years 2013 to 2016 is 11 349 421 euros. The CIPM proposes that this be increased by an amount of 886 000 euros plus an annual increase for inflation of 2 % on 1 January 2013, and that, on 1 January of each of the three succeeding years of the quadrennium, it be increased by a further 2 % for inflation.

The document is structured such that Chapter 1 describes the mission and the activities of the BIPM and highlights the corresponding benefits for the Member States. Chapter 2 gives full details of the programme of work for the years 2013 to 2016, and Chapter 3 provides detailed information on the financial implications of the proposed programme of work.

The CIPM reminds Member States that, through their contributions, they benefit from an advantage both scientifically and financially: on the one hand, the efficiency and effectiveness of both their national metrology structures and their international metrology activities are increased and, on the other hand, by sharing the cost of these facilities, they make substantial savings. Indeed, if the proposed activities were not undertaken by the BIPM, they would have to be carried out nationally and bilaterally at considerably higher costs to the Member States. The

CIPM unanimously recommends that the CGPM approves the full programme of work and the corresponding dotation.

1. The mission and the activities of the BIPM and the benefits for Member States

This chapter outlines briefly the mission of the BIPM. It then provides a short overview of the activities of the BIPM and the resultant benefits for the Member States.

1.1 The mission and activities of the BIPM

The main drivers for metrology at the beginning of the 21st century were well summarized in the opening address of the 23rd meeting of the CGPM in 2007 given on behalf of the Minister of Foreign and European Affairs of the French Republic.

“In effect metrology is an invisible but nevertheless essential basis for human activities, because measurements allow us to understand and comprehend our world better and to react to changes in fields such as industry, the environment and health.”

In the 19th century, when the Metre Convention was established, the challenges for industrialized nations lay in the creation of an international system of units to facilitate international trade and to meet their metrological requirements for industry and science. This challenge was successfully addressed during the 20th century in particular with the adoption of the International System of Units (SI) by the CGPM in 1960. Since then, continuous improvements have ensured that the SI fulfils the needs of the Member States.

The CIPM MRA has successfully created a set of internationally recognized calibration and measurement capabilities of the NMIs that today provides governments and other parties with a secure technical foundation to support wider agreements related to international trade, commerce and regulatory affairs.

The vision of the BIPM confirmed at consecutive meetings of the CGPM can be summarized by

“world-wide uniformity of measurement”.

In particular the BIPM’s role is the support for the dissemination and further development of the International System of Units (SI). The BIPM accomplishes its mission primarily by:

Fundamental and technical tasks

- conserving and disseminating the primary standard of mass, the international prototype of the kilogram;
- establishing and disseminating International Atomic Time (TAI) and, in collaboration with the International Earth Rotation and Reference Systems Service, Coordinated Universal Time (UTC);
- undertaking research focused on present and future measurement units and standards, including appropriate fundamental research studies of the conceptual basis of primary

standards and units and determination of physical constants and publishing the results thereof;

- participating in the development of primary methods of measurement and procedures in chemical analysis and, where necessary, maintaining standards in those fields;
- updating and disseminating the text of the International System of Units known as the SI Brochure.

Specific technical services in support of NMIs

- piloting international comparisons to compare national realizations of the SI and its derived units as appropriate to assure the world-wide uniformity of measurements and providing a limited number of calibrations for NMIs which do not possess primary standards;
- providing specialized calibration services for NMIs for selected national measurement standards whenever this is desirable and feasible;
- providing opportunities for technology transfer during calibrations and comparisons organized by the BIPM;
- providing facilities for the exchange of scientific staff between the BIPM and NMIs;
- providing certain consultancy services to NMIs related to peer review of their activities.

Global coordination of metrology

- providing support as necessary in the operation of the CIPM MRA through the operation of the BIPM key comparison database (KCDB) and the management of the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations (RMO) and the BIPM (JCRB), through participation in meetings of Consultative Committees and appropriate meetings of the RMOs, and through the publication of the results of key and supplementary comparisons;
- providing the scientific and administrative secretariat for the CGPM, the CIPM and its Consultative Committees, and publishing reports of their deliberations, as well as providing the secretariat for the meeting of directors of NMIs and the various Joint Committees.

Relations with intergovernmental organizations and international bodies

- entering into agreements with intergovernmental organizations and international bodies where such agreements would help in the coordination of the work of these organizations with that of the BIPM, and where it may stimulate corresponding coordination at the national or regional level;
- collaborating, and, where appropriate, entering into agreements to establish Joint Committees with intergovernmental organizations and international bodies having related missions;
- acting on behalf of the NMIs of Member States in representing their common interest as the occasion arises.

Information and publicity

- providing through the BIPM website a centre for information on all matters related to the Metre Convention;
- editing and arranging for the publication of *Metrologia*, the international scientific journal of metrology;
- ensuring, with other appropriate organizations, that basic documents needed for uniformity of measurements, such as the *International Vocabulary of Metrology* (VIM) and the *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM), are widely disseminated and kept up-to-date;
- organizing workshops and summer schools for the benefit of the staff of NMIs.

For many of the above tasks, the independence and the impartiality of the BIPM as an intergovernmental organization are great assets as they provide objective recognition of national measurement competence. If these tasks were not undertaken by the BIPM, they would have to be carried out nationally and bilaterally at considerably higher costs to the Member States.

This present programme of work is the result of a continuous evolution and a process of prioritization. While in the 20th century metrology was dominated by industrial and scientific needs, at the beginning of the 21st century the world is facing new challenges that go far beyond these classical metrology requirements: in particular, health needs, climate change and the environment, as well as the societal impact of new technologies such as nanotechnology. These are placing new demands on metrology and are often considered as the “Grand Challenges” for metrology.

These challenges all have one element in common. They can be most successfully addressed through international cooperation and, consequently, the BIPM has developed a programme of cooperation with intergovernmental organizations such as the International Atomic Energy Agency (IAEA), the International Telecommunication Union (ITU), the World Health Organization (WHO), the World Meteorological Organization (WMO), and international bodies such as the International Electrotechnical Commission (IEC) and the International Organization for Standardization (ISO).

In recognition of the changing metrological needs in many new areas, the BIPM has made significant changes to its spectrum of activities. Due to limited financial resources, exacerbated by costly technology changes in some areas, these changes have been possible only through strict prioritization and consequent termination of some activities. Of the six scientific sections existing at the BIPM in 2000, two have since then been closed (the Section for Radiometry, Photometry and Thermometry as well as the Length Section). The resources this released were used for the creation of activities in metrology in chemistry. The decision of the CIPM in 2009 to terminate the BIPM’s international activities in absolute gravimetry underlines that prioritization is an ongoing process.

1.2 Benefits for the Member States

The BIPM's work impacts on, and brings economic and scientific benefits to, all of its Member States. These benefits are widespread and can be difficult to evaluate in numerical terms but a world metrology system benefits Member States as it creates an internationally agreed framework which demonstrates the equivalence of measurements made in one State with those made in another. This clearly benefits science as well as trade and international competitiveness because measurements that demonstrate compliance with standards and regulations, which require traceability, need not be repeated. Numerous studies carried out by Governments show the significant economic benefits which public investment in measurement brings at the national level. For example, a study carried out in United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland showed benefits of 5 000 million pounds for an investment of 40 million pounds². The fundamental justification for the BIPM's work on coordination of metrology at the international level is based on similar arguments of benefits to the public as well as the inability of any individual State to obtain similar economic or scientific benefits. The BIPM's work may therefore also be expected to bring similar economic benefits to those at a national level. Indeed, a study of the benefits from the CIPM MRA showed savings to the NMIs of 85 million euros³ and a potential impact on reducing technical barriers to international trade of 4 billion euros per year.

The CIPM MRA is already being adopted by regulators such as the United States of America (US) Federal Aviation Administration as a system which can identify world-wide signatories that can demonstrate equivalence with the national standards in the US, at the NIST, which are referred to in US legislation. The result is a significant removal of barriers to the use of local calibrations by US airlines. Uptake of the CIPM MRA by other regulatory bodies is expected, and there is likely to be similar activity such as that seen in the field of *in vitro* devices (IVD) through the Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM), which enables manufacturers to demonstrate compliance with the European Union's regulations for traceability through the international equivalence of their calibrations via the CIPM MRA.

There are now many examples of cases in which local traceability has saved large sums of money; these are regularly published in the *KCDB Newsletter* – one example is Daewoo in Korea which saved over 10 million dollars.

The unique system of Consultative Committees of the CIPM, managed by the BIPM, brings together the world's experts from many NMIs and a number of intergovernmental organizations and international bodies. It provides the forum in which decisions about the SI can be discussed, and enables knowledge and technology transfer between the NMIs, as well as coordination of work programmes between them, thereby encouraging savings in cost and time.

Individually, Member States derive different benefits from the BIPM's scientific work and reference facilities, depending on their levels of activity and usage. In particular, the following is emphasized:

- All Member States have access to the facilities, services and the know-how of an internationally recognized, fully impartial and independent intergovernmental organization having top level metrology laboratories;
- All Member States can be provided with free calibrations of platinum-iridium mass prototypes, a key element in the highest level dissemination of the kilogram. Calibrations of

² <http://www.berr.gov.uk/files/file32855.pdf>

³ <http://www.bipm.org/en/cipm-mra/economic.html>

stainless steel national standards are also available on demand. The added value is many times more than the direct cost, because of the BIPM's top-class measurement facilities and its 135-year responsibility for mass standards;

- The economic benefits of the international reference time scale maintained by the BIPM are several millions of euros. They are obvious in air and space navigation, through the global navigation satellite systems GPS and GLONASS as well as future upcoming realizations, and the “time stamping” of financial or commercial transactions;
- Following the decision of the CGPM at its 11th meeting in 1960, the BIPM invested in providing and maintaining its ionizing radiation dosimetry reference facilities for comparisons and calibrations. As with other BIPM reference facilities, the international community benefits from the resulting degrees of equivalence between national standards and from sharing the cost for SI-traceable dosimetry for radiotherapy;
- For over 35 years the International Reference System (SIR) facility for radionuclide activity comparisons developed by the BIPM has provided an international reference. As a result, the world benefits from more accurate nuclear medicine for therapy and diagnosis, nuclear safety and environmental monitoring;
- The BIPM's travelling electrical standards are unique and represent the only way of comparing national quantum-based standards of voltage and resistance at the highest level. Member States without Josephson junction or quantum Hall standards also benefit from calibrations using the BIPM's standards;
- The BIPM's coordinated international comparisons in Organic Analysis underpin the NMI capabilities for pure organic calibrators, thereby establishing the traceability of measurement results in clinical, environmental, food, forensic and pharma application areas;
- The BIPM's ozone reference standards and comparisons continue to ensure the performance of national standards at a level required to meet the data quality objectives for the long-term monitoring of tropospheric and surface ozone, with similar activities being developed for other greenhouse gases, ensuring that Member States have facilities to compare their standards at the required levels of measurement uncertainty.

Comparisons and calibrations led by the BIPM provide a unique opportunity for knowledge transfer and, although specific training courses are not part of the activities of the BIPM, the experience helps scientists from many of the NMIs to acquire knowledge of best practice from an independent and globally informed organization. Similarly, the BIPM offers secondment and guest worker opportunities, as well as workshops and Summer Schools, enabling visiting scientists to gain unique experience.

The CIPM MRA requires NMIs to take part periodically in key comparisons. At present, there are more than 400 in progress. Piloting of numerous comparisons by the BIPM relieves NMIs of the burden and cost of being a lead or pilot laboratory. Where NMIs are not in a position to take on this work, and where the BIPM can do so, there are clear cost savings to many of the laboratories.

As more intergovernmental organizations become signatories of the CIPM MRA and take part in the series of comparisons, they can have confidence in traceability of their own references to the SI. The IAEA and the Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM) were among the first signatories of the CIPM MRA to benefit in this way. More recently the WMO, for example, re-evaluated its conventional reference scale for methane after participation in BIPM-led CCQM comparisons on greenhouse gases. The WMO has been working with the

BIPM and the NMIs active in the Gas Analysis Working Group of the Consultative Committee for Amount of Substance (CCQM) to further develop measurement standards for its Global Atmosphere Watch Programme. In the biosciences area, discussions at the WHO have included the value assignment of properties of biologicals in SI units, when physico-chemical analysis of the material is considered sufficient for its characterization.

The following sections describe key activities planned for the 2013-2016 programme of work and outline in particular those activities needed to meet the most urgent international requirements to address the “Grand Challenges”. They also deal briefly with the role of the BIPM related to issues raised by new technologies.

1.3 The SI units: redefinition of the kilogram

The kilogram is the only one of the seven base units of the SI that is still defined by an artefact; however, several other of the base units refer to the kilogram either directly or indirectly in their definitions. In response to Resolution 12 adopted by the CGPM at its 23rd meeting in 2007, the BIPM and NMIs are working on a redefinition of four base units of the SI; the kilogram, the ampere, the kelvin, and the mole. The new definition of the kilogram will be based on a fixed numerical value of the Planck constant h . This would also serve to make electrical calibrations directly traceable to the SI, if the numerical value of the elementary charge e of the electron could also be fixed. High-accuracy experiments to measure h using a variety of methods (e.g. watt balances, x-ray-crystal-density of ^{28}Si , joule balance) are under way at several laboratories.

To redefine the kilogram, in addition to the determination of h with an uncertainty of a few parts in 10^8 , a *mise en pratique* needs to be developed describing how, from the defined value of h , a realization of the new kilogram can be achieved by NMIs and how the subsequent dissemination will be carried out. The *mise en pratique* will need to take into account that, while an internationally agreed value for h of sufficient accuracy is likely to be established in the near future through a complex procedure of weighting and averaging different experimental results, it cannot automatically be assumed that later subsequent individual experiments will provide realizations of the kilogram with the same small uncertainty.

The vast majority of NMIs will not be in a position to realize the new kilogram definition directly with sufficient accuracy and will continue to rely on traditional calibration. Even those which are currently developing these experiments so as to contribute to the confidence in the internationally agreed value of h may not choose to continue these experiments indefinitely. To assure the consistency and the equivalence of national measurement standards for the kilogram the BIPM will therefore continue to provide an international dissemination system which will be very similar to the one currently offered. The most appropriate way forward is:

- (I) to create an ensemble of new mass standards, composed of different materials, assumed to be highly stable, at the BIPM and carefully monitor any relative changes of these masses;
- (II) transfer to this ensemble the best numerical value obtained by suitable averaging of all available primary realizations of the new kilogram; and
- (III) disseminate the new kilogram from this group of artefacts.

This numerical value transfer will initially be accomplished by comparison with the international prototype of the kilogram which at the day of the redefinition will have the mass of exactly one kg but with the uncertainty of the h evaluation. The dissemination of the kilogram will then be derived from the new group standard, which is expected to have a much better stability than the international prototype of the kilogram and of which changes can be monitored both by precise measures of internal self consistency and by comparisons with relatively less precise primary realizations. Consequently, in the programme of work for 2013-2016, the BIPM will focus on the metrological characterization of this new group of mass artefacts that will be created during the 2009-2012 programme of work.

The BIPM intends to pilot a key comparison of primary realizations, e.g. watt balance experiments, x-ray-crystal-density experiments or other experiments realizing the kilogram in accordance with the new definition, in appropriate time intervals. In order to have the required scientific competence and to assure the availability of a primary realization of the new kilogram, the BIPM is developing its own watt balance that is scheduled to become operational around the end of the proposed Programme of Work. The timely development of the BIPM watt balance is therefore a matter of high priority. In case the assigned mass value of the BIPM group standard shows a significant difference to the obtained key comparison reference value, the assigned mass value of the group standard will be corrected accordingly.

1.4 Climate Change

The radiative forcing effects of greenhouse gases (GHGs) and their influence on climate change are well documented by the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). The developing global focus on emission quantification and verification of GHGs, and possible developments in capping and trade approaches and legislation relative to these emissions, will lead to a major increase in demand for GHG measurement systems, the consistency and accuracy of which will need to be assured. This in turn is expected to significantly increase the demand for high accuracy calibration standards for GHGs world-wide and the requirement for their consistency. The long term monitoring of GHGs places stringent requirements on the permitted uncertainties of primary standards to which these measurements are traceable. Data Quality Objectives for the monitoring of GHGs have been documented by the WMO-GAW programme⁴. An international facility to demonstrate the degree of equivalence of primary GHG standards will be maintained and further developed at the BIPM to meet these needs. This is an extension of the BIPM ozone reference standard comparison capability established at the beginning of the Chemistry programme in 2000. The WMO-BIPM Workshop (30 March – 1 April 2010) on “Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring” concluded that long-term stability and reproducibility of reference materials, and explicitly defined calibration chains, are critical to the study of temporal changes in GHG concentrations. Further issues include:

- the enormous scientific value arising from the comparability of data from different stations in global networks for GHG monitoring;
- the likelihood of global records of GHGs coming under greater scrutiny during the preparation of the 5th Assessment Report of the IPCC;

⁴ WMO Global Atmosphere Watch (GAW) Strategic Plan: 2008-2015 (WMO TD No 1384)

- the recognition that the SI is maintained in the long term by the BIPM and the NMIs and provides a basis for measurements that are stable, comparable and coherent;
- the understanding that small changes in measured GHG concentrations can have very significant influence on estimated fluxes;
- use of Atmospheric measurements to quantify fluxes and their future use in the validation of emissions inventories;
- the need for necessary redundancy and the use of independent approaches to retain a robust system for GHG measurement traceability;

It was recommended that the WMO, the BIPM and academic communities should continue to work together to increase redundancy through the development of independent approaches to the provision of GHG standards and carry out necessary comparisons, and that measurement results be traceable to the SI where practical.

The increased BIPM activity on comparisons of greenhouse gases provides a dedicated facility with a long term commitment to the coordination of selected CCQM comparisons, which form part of the long term plans of the CCQM for both global climate change and air quality gas standards. This facility is unique and fulfils a requirement that no individual NMI can address. It benefits from the BIPM's impartiality with the reference value assigned from the ensemble of measured standards. This programme of comparisons will provide a cost effective route to underpinning national capabilities for greenhouse gas calibration and monitoring and demonstrates a tangible link between the measurement requirements of the WMO and measurement infrastructure in the NMIs.

The details of this activity are found in chapter 2 of this document.

1.5 Healthcare

1.5.1 Dosimetry for Radiotherapy

Currently, one of the BIPM's major contributions to health comes from the dosimetry reference facility which provides international traceability for radiation absorbed dose. Today, all Member States except one participate directly or indirectly in the comparison or standards characterization activities of the BIPM to establish world-wide uniformity of radiation absorbed dose. In addition to Member States, the IAEA and the WHO use the results of these activities and in this way provide SI traceability to their network of secondary standard dosimetry laboratories (SSDL).

This traceability is of vital importance to combat cancer: the WHO and the IAEA have identified that cancer in the most developed countries is now the principal cause of death after heart disease. The number of patients diagnosed with cancer is increasing and has now reached more than 12 million new cases annually. At least half of all cancer patients are treated with medical radiation therapy. Dose delivery needs to be precisely controlled otherwise, in the case of under-treatment, the tumour may not be destroyed. In the case of over-treatment, the patient's healthy tissues can be severely damaged and their life may be threatened. International traceability of the radiation absorbed dose is also important in that it is the only way clinical research results that have been achieved internationally can be applied nationally, and thus lead to improvements in cancer treatment.

Calibration accuracy of the radiation source is crucial in ensuring delivery of the correct dose. To improve the accuracy of national measurement standards of Member States, the BIPM plans to extend its activities in dosimetry to higher photon energies.

While in the past the main tool for cancer radiotherapy was the cobalt source (emitting gamma rays of about 1.2 MeV) in recent years the clinical linear accelerator (LINAC) has become the main therapeutic tool because LINACs emit a spectrum of higher photon energies (6 MeV to 20 MeV) and are therefore much better suited to cancer treatment. Consequently some NMIs have installed or are installing LINACs to provide traceability for radiation absorbed dose in that energy range at their national level. However about 80 % of the Member States' NMIs will still have only cobalt sources available and will continue to rely on extrapolation techniques to calibrate LINACs in their hospitals.

To provide these NMIs in Member States with the appropriate characterizations of their national standards for radiation absorbed dose at high photon energies, the standards involved have to be exposed to a fully determined metrologically characterized radiation field of a LINAC. Such characterizations could improve the accuracy of national measurement standards by about a factor of 2 by eliminating the need for extrapolation. The NMIs of Member States can then transfer that improved accuracy to their hospital LINACs to improve dose delivery with all the associated benefits to patient health and a reduction of national health care costs. A LINAC at the BIPM would also allow improved comparisons of radiation absorbed dose realized at those NMIs operating LINACs, as these comparisons could be performed using the identical reference field of the BIPM LINAC for all measurements. The resulting improvement in equivalence of measurements could then support international clinical research for cancer treatment.

Achieving these improvements would require either the setting up of a LINAC at the BIPM or the regular use of a suitable LINAC at a NMI.

The BIPM has compared and evaluated the different options (a summary is given in the Annex to this document). Reviewing the offers from NMIs and taking into account the cost of both options, the restrictions of access time offered by a NMI, metrological/technical issues as well as logistical considerations, the best solution would be to locate such a reference facility at the BIPM. The plans are therefore to construct a radiation vault as an extension of the existing IR building and to purchase a suitable LINAC. Until the radiation vault is completed and the LINAC is commissioned and metrologically fully characterized, the BIPM plans to use the LINAC of a European NMI (to keep travel costs to a minimum) and start providing comparisons and some national standards' characterizations to Member States using that LINAC in 2013. The BIPM expects that by the end of 2014 the BIPM LINAC will be fully operational and metrologically characterized, so that the use of a LINAC off-site will no longer be necessary.

This planned extension of the radiation absorbed dose at the BIPM to higher photon energies is strongly supported by the international organizations directly concerned including the WHO, IAEA, ICRU and the IOMP (see the Annex to this document).

1.5.2 Diagnostics and Therapeutics

It is the intention of the BIPM to expand the current organic calibrator comparison programme to analytes of higher molar mass. Advances in modern physico-chemical characterization methods now permit biological materials to be characterized so that their properties can be assigned in SI units. This requires the establishment of reference measurement systems with a

clear definition of the measurand and is a core strategy for the CCQM as it ensures long term accuracy and comparability of measurement results. The BIPM therefore intends to pursue the development of validated methods for peptide and protein quantification and the organization of comparisons to support the development of reference measurement systems. The new activity can build on the experience already established in the organic analysis programme and utilize a significant amount of the existing equipment. This activity fits in very well and supports a recent stakeholders' request to the WHO to implement a new international standard for biosynthetic human insulin⁵. In this request the biosynthetic human insulin manufacturers and consumer representatives urge the WHO to move away from International Units (IU) of the biological activity and suggest "that the certified property value of the new International Reference Standard be stated in mass units of milligrams". They argue that "Content assignment using the SI system (mg) will be much more accurate due to the ability to use more accurate analytical methods, rather than to assign in units using bioassays (the current WHO approach for some International Standards)". This and similar metrology needs in this field were examined through a BIPM commissioned study on "Measurement Service and Comparison Needs for an International Measurement Infrastructure for the Biosciences and Biotechnology", with the draft report available on the BIPM website⁶.

1.6 International Coordination and Liaison Activities

A major task of the BIPM is the coordination of international metrological activities. This concerns in particular the activities of the Consultative Committees created by the CIPM where the world's leading metrology experts from NMIs of Member States come together. The BIPM provides the Executive Secretaries to these CCs, prepares and convenes the CC meetings at the BIPM and provides scientific expert advice. The CCs themselves coordinate the NMI research activities to improve the realization and dissemination of the SI and coordinate the key comparison activities of the CIPM MRA. They also discuss the scientific work of the BIPM.

The CIPM MRA and the KCDB provide for the international recognition of the equivalence of national measurement standards and the calibration and measurement capabilities of the NMIs of Member States and Associates. The BIPM Director chairs the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB) which is tasked by the CIPM with the coordination of the activities among the RMOs.

The liaison activities between the BIPM and other intergovernmental organizations and international bodies are of growing importance, particularly cooperation with the International Organisation for Legal Metrology (OIML), the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) and the International Standards Organisation (ISO). The cooperation with ILAC is particularly important to ensure that calibrations performed by accredited laboratories are traceable through the NMIs to primary realizations of the SI. The KCDB has a core role in demonstrating that traceability.

Other important organizations for the BIPM's international cooperation activities include the International Atomic Energy Agency (IAEA), the World Health Organization (WHO), the

⁵ Request to the World Health Organization to Implement a New International Standard for Biosynthetic Human Insulin; addressed to the Expert Committee on Biological Standardization (WHO), the Pharmacopoeias, and the BIPM by Eli Lilly and Company, Novo Nordisk, Sanofi-Aventis and the American Diabetes Association.

⁶ http://www.bipm.org/utis/common/pdf/biostudy_report/Biostudy_Report.pdf

World Meteorological Organization (WMO) and the International Telecommunication Union (ITU).

The BIPM also actively encourages those States which, up to now, do not participate in the activities of the BIPM to become either Members or Associates. In addition, the BIPM promotes international metrology through activities such as the promotional materials for “World Metrology Day” which is celebrated annually on 20 May, the day of the signing of the Metre Convention in 1875.

2. The detailed programme of work (including support services)

2.1 Mass and watt balance

2.1.1 Progress, benefits and achievements to date of the 2009-2012 programme

The Mass Department continues to disseminate the unit of mass to Member States.

The BIPM played a key role in improving the dissemination of the mass unit from platinum-iridium national prototypes to working standards of stainless steel in four ways:

- development of a technique for comparing the mass of artefacts maintained in air to those maintained in vacuum;
- an improved formula for the density of air, eliminating the discrepancy with direct determination of air density and thereby improving corrections for air buoyancy;
- further refinement of the BIPM’s method to characterize the magnetic properties of mass standards;
- an improved confidence in the volume determination of platinum-iridium prototypes.

In addition, the BIPM has led or coordinated work which will lead to the redefinition of the kilogram in terms of a constant of physics. This was done in four principal ways:

- coordination of mass measurements within the International Avogadro Coordination project (IAC);
- work on the BIPM watt balance project;
- calibration on request of mass standards used in experiments to determine the Planck constant;
- administrative support to the Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) and participation within the relevant Working Groups (Mass Standards and the SI kilogram) of the CCM.

2.1.2 Drivers and initiatives/ science which change or set priorities for the programme

While the precise date of the redefinition of the kilogram is still uncertain it is likely that the future definition will be based on the Planck constant h . To establish the numerical value of h several fundamental experiments are currently in progress and final results of some experiments are either available already or are expected soon. Several more experiments will be able to contribute in a few years from now. The numerical value of h and its uncertainty will be

established by CODATA through a sophisticated routine based on a weighting process to minimize the uncertainty of this value while ensuring global consistency among the recommended values for all physical constants.

Up to now, no experiments have reported sufficiently small uncertainties as deemed to be necessary for direct dissemination. It is therefore too soon to estimate the effects of direct dissemination on the world-wide uniformity of mass measurement. However, the impact of a situation similar to the present situation on uniformity has to be evaluated. This should be done by a BIPM key comparison of primary realizations of the new kilogram. It is therefore of great importance that NMIs working on fundamental experiments to determine h continue to operate their watt balances once the task of determining h has been completed. To prepare for such a key comparison, it is essential for the BIPM to bring its own watt balance into operation as soon as possible.

Until the degrees of equivalence of direct realizations of the SI kilogram based on national watt balances and other means have been satisfactorily established, it is an essential mission of the BIPM to continue a sustainable dissemination based on mass artefacts kept at the BIPM in order to not endanger the world-wide uniformity of mass measurement. It is expected that most NMIs will continue to take traceability from the BIPM.

For that purpose the development of an ensemble of new mass standards of different materials was started in the 2009-2012 programme of work. It will provide a representation of the kilogram which is expected to be significantly more robust than the present international prototype. This ensemble will be compared to the international prototype of the kilogram just before the date of the redefinition, as the international prototype on that day represents the SI mass of exactly 1 kg (but with the uncertainty of the numerical value of h). Additionally, a comparison will be performed against the two ^{28}Si spheres of the IAC which will also represent primary realizations of the SI kilogram. The long term stability of the ensemble will be maintained through the traceability to the BIPM key comparison reference value.

This work, together with the activities to establish the best practice cleaning methods, will set the requirements for practical measurements required in vacuum and for long term storage in inert atmospheres, which will become the method of choice for NMIs taking SI traceability from the BIPM.

The challenge for the BIPM in the 2013-2016 programme of work will be:

- establishing a state-of-the-art watt balance with stable funding and support;
- working on the new definition of the kilogram and its realization in order to define a *mise en pratique* that maximizes the benefits and minimizes the inconvenience of the change to the mass community, including the relevant areas of legal metrology;
- informing the mass community, including the relevant areas of legal metrology of the benefits gained by changing the definition of the kilogram and explaining the impact of the future new definition of the mass unit and its *mise en pratique*;
- improving and monitoring the storage conditions of the new mass standards of the ensemble for ensuring the most accurate dissemination of the mass unit, on demand, to all Member States;
- piloting the BIPM key comparison of primary realizations of the kilogram at NMIs to verify the stability and equivalence of these realizations, through the circulation of one or more

reference standards directly traceable to the ensemble of new mass standards maintained at the BIPM;

- linking the ensemble of new mass standards to the BIPM key comparison reference value of primary realizations of the kilogram once it becomes available;
- participating in the conservation and further monitoring the two spheres of isotopically enriched single-crystal silicon used in the IAC project.

2.1.3 Programme activities and deliverables for 2013-2016

The overall aim of the activity is to provide all Member States with calibrations, traceable to the new definition of the kilogram, of their national mass standards. Almost all Member States request this service at least once over a 10-year period. In addition, the BIPM will monitor the equivalence of realizations of the kilogram definition for NMIs which operate a watt balance.

There are no new proposed activities, and the eight sub-activities are an evolution of the present work:

M-A1 Establish and maintain a fully operational watt balance capable of realizing the definition of the kilogram at the internationally set target level of a few parts in 10^8 .

M-A2 Pilot a watt balance key comparison in order to have the mass reference to link with the group of artefacts which will be used to represent the kilogram.

M-A3 Establish and maintain the appropriate average value and within-group coherence of **the ensemble of new mass standards** developed during the 2009-2012 programme of work.

M-A4 Maintain mass artefact dissemination facilities.

M-A5 Maintain measurement capabilities in volume (density) and magnetic properties for calibrations of mass standards from NMIs.

M-A6 Maintain internal calibration services for mass and pressure to support work of the Mass and other departments of the BIPM.

M-A7 Complete the humidity calibration facility, which could not be finished during the 2009-2012 work programme due to lack of staff resources, but which is needed to support 1 kg calibrations (including those associated with the *mise en pratique* of the redefined kilogram). This should be an early accomplishment of the proposed work programme.

M-A8 Maintain coordination activities; the Department provides support to the Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) and the Consultative Committee for Thermometry (CCT) by organizing the committee meetings and the working groups meetings. In addition, the BIPM participates in the work of some of these working groups, for example the CCM Working Group on Mass Standards.

2.1.4 Impact of the proposed programme of work

The main impact of the mass programme is the world-wide assurance of uniformity in mass metrology through the realization, maintenance and dissemination of the redefined SI mass unit. A major improvement will be the ability of the BIPM to evaluate the drift in mass of the international prototype of the kilogram and its official copies as well as the national prototypes in terms of the new definition of the kilogram. Based on the link to the SI kilogram related to

fundamental constants, mass dissemination of the SI kilogram through an ensemble of new mass standards will be carried out to the highest metrological level. The ensemble of BIPM new mass standards used as a mass reference should present a smaller variation in mass than each individual artefact. Therefore, the short-term stability of the mass reference used for the dissemination should be better than the accuracy mentioned above. The proposed work programme will assure that the mass calibrations for the NMIs will continue as with the previous definition. Therefore, the work carried out in the 2013-2016 programme of work should anticipate a world-wide, uniform and robust mass dissemination while minimizing the change for the NMIs and their clients.

2.1.5 Resources

At the beginning of the 2013-2016 programme of work (1 January 2013), the watt balance will be integrated into the Mass Department. The permanent staff will then number 7.5.

Required staffing increases

New permanent scientific staff would be required to deliver the programme of the Mass Department to complete and operate the watt balance and provide an enhanced service to Member States:

- one assistant to handle the new requirement to link the watt balance to the reference masses;
- one technician on a half-time basis to perform the anticipated increased number of requests for calibrations, and to assist in the operation of the watt balance.

In addition, one research fellow for two years would be needed to support the development of a cryogenic version of the watt balance.

Delivery of the watt balance programme is crucially dependent on technical support from the Electricity Department.

2.2. Time

2.2.1 Progress, benefits and achievements to date of the 2009-2012 programme

The Time Department has met the targets and deliverables set for the 2009-2012 programme of work. In particular, notable achievements include:

- Frequency stability of TAI and UTC reached a few parts in 10^{16} at one month interval in 2010. The relative uncertainty of the TAI scale unit was equal to 4×10^{-16} in August 2010. Three hundred and fifty atomic clocks from seventy laboratories now contribute to TAI.
- Publication of the BIPM's *Circular T* has met the target of 5 working days after the deadline for data submission by participating laboratories.
- The uncertainty due to the statistical noise in clock comparisons has improved by a factor of between 3 and 4.
- The BIPM has improved the accuracy of time transfer by organizing campaigns for measuring the relative delays of GNSS equipment, satisfying at the same time the needs of an increasing number of laboratories for characterization of their GNSS receiving equipment.

- Results from a PhD project led by the BIPM have shown how to approach the tricky problem of measuring absolute delays of GNSS equipment.
- Observations of satellites of the revived GLONASS system have been incorporated into the computation of TAI, after the relative delays of the GPS/GLONASS receivers of the laboratories concerned were measured. Inclusion of GLONASS as a second GNSS system has enhanced the robustness of time links.
- The BIPM satisfactorily added an increasing number of new generation caesium fountain primary frequency standards to TAI. As of July 2010 a total of 10 caesium fountains had already contributed to TAI. Two of these have been added since 2009.
- The BIPM contributed to the study of novel methods of time and frequency comparison, and supported experiments such as time and frequency transfer by T2L2 using TWSTFT and laser ranging to a satellite. The launch of an atomic clock in space in the Atomic Clock Ensemble in Space (ACES) project towards the end of the 2009-2012 programme of work should lead to further advances.
- New measurements of the frequency of non-caesium standards will be reported in *Circular T* and could be incorporated in the frequency steering of TAI provided that frequency comparisons are at the required level of accuracy.
- The comparison of gravimeters, ICAG 2009, was successfully completed during which the first absolute measurements of the gravitational acceleration at the watt balance site were also made.
- The Department contributed optics expertise to the BIPM watt balance and calculable capacitor activities.

As a result of the prioritization exercise which was undertaken to reduce the activities within the 2009-2012 programme of work to fit the available budget, the CIPM decided to stop the BIPM's service of filling and testing iodine cells for stabilized lasers. NMIs and other users of this service were given the opportunity of submitting their final orders before the closure of the service in July 2009. Alternative sources have been identified and their details are supplied to laboratories when requested.

2.2.2 Drivers and initiatives/ science which change or set priorities for the programme

Precise time applications for accurate and stable time scales at national and international levels continue to increase. The users are also becoming more demanding. For example, those in planetary sciences need relativistically-defined coordinate times based on terrestrial time as computed by the BIPM. Suppliers of telecommunication systems and networks also are requesting better performance but the highest demand comes from global navigation satellite systems (GNSS), which require an ultra-stable reference time for synchronization of clocks on-board satellites. This will increase with the advent of new GNSS systems, since users require the systems to be interoperable.

BIPM's computation of TAI and UTC, from which almost all Member States benefit, is reported monthly to users through *Circular T*. National laboratories which maintained a real-time realization of UTC (their local UTC) obtain traceability to the international reference UTC via *Circular T*. In most countries the local realization of UTC is the basis for the national legal times. The USA, the Russian Federation, India, China, Japan and some European States use their local approximations to UTC to provide time references for steering GNSS time systems. The GNSS

systems now relying on the BIPM's work include GPS, GLONASS, and the future GAGAN/IRNSS, Compass/Beidou and Galileo. In addition, the intercontinental transmitters at the PTB in Germany and at the NICT in Japan base their local time scales on UTC as calculated by the BIPM.

The BIPM's calculation of TAI/UTC based on clock differences between participating laboratories relies on time transfer over long distances. At present, the international system of time links, coordinated by the BIPM, is based on clock comparison by up to three independent techniques. Continued improvement of time transfer is needed to meet the demands of users.

The current SI definition of the second is based on a caesium transition and is the most accurately realized base unit of the SI. The recent trend has been to include in TAI computation data from the new generation of caesium fountain clocks which operate as independent primary standards with uncertainties approaching 1×10^{-16} . At the moment, 13 primary frequency standards, which include 10 caesium fountains, contribute data to the BIPM. Further improvement will come from a new generation of frequency standards which are under development in national laboratories. These new microwave and optical standards, which today constitute secondary representations of the second, report intrinsic uncertainties of better than 10^{-17} .

Given this scientific progress in frequency standards, there is every prospect of a redefinition of the second. This is unlikely to occur before 2019, and so would not be proposed at the same time as the other four SI base units (mass, ampere, temperature and amount of substance) which could be considered for redefinitions in 2015.

The new optical frequency standards are expected to provide the basis for the redefinition of the second but the challenge continues to be their remote comparison and the establishment of precisely how they can be included in TAI. Since the last meeting of the CGPM, there have been advances in the use of optical fibres and frequency combs as well as improvements in GNSS and TWSTFT phase based measurement systems. Road mapping exercises have predicted uncertainties for satellite-based time transfer in Europe of the order of 0.2 ns and for optical fibre based frequency comparison techniques of 10^{-17} a day being the state of the art inside continents until 2020. The international metrology community therefore has more work to do in order to identify the optimum techniques. This is taking place in a working group of the CCTF which the BIPM coordinates. These developments will have a profound impact on the latter half of the 2013-2016 programme of work and the BIPM will have to be fully prepared for the next generation of clocks, comparison and distribution techniques so as to be able to react to the first wave of NMIs that will send time data for inclusion in an enhanced TAI.

2.2.3 Programme activities and deliverables for 2013-2016

The overall aim of the activity is to compute, and distribute the world time scales TAI and UTC to laboratories in Member States, and to improve the international time transfer infrastructure. This would allow, in particular, to meet increasing demands for accuracy from new global time systems. A longer term aim is to prepare for a potential redefinition of the second.

T-A1 Frequency stability and accuracy of TAI

This activity includes:

- the calculation of TAI and UTC;
- improvement of time transfer for clock comparison between participating laboratories;

- enhancements of two-way links, and establishment of more robust multi-GNSS time links with GPS, GLONASS, the new Galileo GNSS system and with others as new systems emerge;
- improvement of algorithms and associated software for the inclusion of data from new microwave and optical frequency standards which are, and will be, recommended as secondary representations of the second and for improving the frequency accuracy of TAI.

Decreasing the uncertainty due to the statistical noise in clock comparisons and including multi-GNSS time links will have the impact that the international time system will become more robust and more reliable. Adapting the algorithms for the use of highly accurate frequency standards will render TAI more accurate, enhancing the traceability to the SI.

T-A2 Publication of the values of $[UTC - UTC(k)]$, where $UTC(k)$ is the local realization of UTC kept by laboratory k , gives traceability to the reference UTC to NMIs and other participants through the BIPM's *Circular T*. The values $[UTC - UTC(k)]$ together with their uncertainties constitute the degrees of equivalence for the key comparison in time CCTF-K001.UTC. The BIPM's *Circular T* is also the unique means of dissemination of TAI and UTC to NMIs.

T-A3 Underpinning of the accuracy of time links through characterization of delays in GNSS equipment in laboratories

This activity includes:

- maintenance by the BIPM of travelling standards for relative delay measurements and the coordination of campaigns of measurements in NMIs and other participating laboratories;
- coordinating campaigns with RMOs, with their own travelling standards;
- linking RMO results with the BIPM comparisons;
- assessing the potential application of measurement of absolute delays in GNSS equipment, as output of research on the period 2009-2012.

Characterization of delays in time transfer equipment is essential to the laboratories, since it supports the accuracy of time dissemination, and to the calculation of TAI and UTC since it avoids time steps provoked by changes in the equipment.

T-A4 Coordination activities

In addition to its work on management of the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) and the Consultative Committee for Length (CCL), together with their joint activities, the activities already listed for time and frequency work all contain a considerable amount of international collaboration and coordination as the field involves a number of other bodies such as:

- International GNSS Service (IGS);
- International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS);
- International Astronomical Union (IAU);
- International Telecommunications Union - Radio Communication Sector (ITU-R); and
- International Committee on GNSS (ICG).

T-A5 Secondary representations of the second

As the ability to perform highly accurate frequency comparisons is needed to exploit the full potential of the new secondary representations of the second, which may provide the basis for a redefined second, the Department will continue to:

- support the joint activities of the CCTF and CCL in the evaluation of optical and other frequency standards as candidates for secondary representations of the second and for the *mise en pratique* of the metre;
- contribute to studies, and to the CCTF activity, on frequency transfer techniques for highly accurate optical standards based on novel methods (optical fibres, microwave links to atomic clocks in space, time transfer through TW and laser ranging in T2L2, frequency combs) and determine the methods to be implemented for enabling the data of these frequency standards to contribute to TAI in order to improve its accuracy.

T-A6 Internal Services

The Department will maintain the BIPM's internal UTC-traceable frequency dissemination service.

2.2.4 Impact of the proposed work programme

The core activity of the Time Department is to provide the reference time scales TAI and UTC and to coordinate time transfer activities in NMIs. This activity is unique and the independence and the neutrality of the BIPM fully justifies it. Beneficiaries include the NMIs, national administrations, all communities which use precise time keeping (scientists, earth and space navigation, satellite systems, communications etc.) and civil timekeeping. Using the BIPM's top level capabilities is by far the most effective way of maintaining this essential activity. Its coordination work extends to liaison with over a dozen international bodies and is effective only because of the in-house skills and experience of its staff.

The Department frequently hosts guest workers and, through these contacts as well as its symposia, it performs a unique role in knowledge transfer, which is of benefit to established time laboratories as well as to the many new laboratories developing their own national time activities. This then benefits all Member States through a further extension of the world reference time scale.

2.2.5 Resources

At the beginning of the 2013-2016 programme of work, there will be a permanent staff of nine working in the Time Department. Due to retirement, the number of staff will decrease during the programme to eight. Guest workers or secondees for two years would be needed as follows:

- for the work on alternatives to the measuring of relative delays of GNSS equipment;
- for the microwave link for time transfer, in cooperation with the Atomic Clock Ensemble in Space project (ACES).

Both projects could be within a cooperation arrangement with the CNES and the Paris Observatory sharing the costs. This has been done successfully before and the projects would not lead to additional positions at the BIPM.

2.3 Electricity

2.3.1 Progress, benefits and achievements to date of the 2009-2012 programme

The 2009-2012 programme of work for the Electricity Department is strongly focused on the comparisons of electrical primary standards of NMIs against stable and well-characterized BIPM reference standards. This enables them to test their own unit realizations. These realizations are the starting points of the various traceability schemes which NMIs use to derive other electrical quantities to satisfy their national needs. To obtain the smallest possible uncertainties, and in response to requests from NMIs, the department has provided an increased number of on-site comparisons of Josephson voltage standards, as well as other comparisons carried out by using well-characterized BIPM transfer standards.

On average, about seven comparisons were carried out per year for the quantities voltage, resistance and capacitance. In addition, about fifty calibrations per year for the same quantities were provided to NMIs which do not possess primary standards. These comparisons and calibrations underpin uniform electrical measurements world-wide.

The Electricity Department supports the BIPM watt balance through the development of a dedicated Josephson voltage standard and with general support in the field of electrical measurements. The Director of the Department serves as project leader for the development of the watt balance.

A new primary standard for capacitance, a calculable capacitor, is being developed together with the NMI (Australia), to act as a world reference facility. This new equipment allows the measurement of the value of the von Klitzing constant with a very small uncertainty, directly from an electrical technique. This will improve the knowledge of this fundamental constant and will thus help with setting the basis for a redefinition of the SI.

2.3.2 Drivers and initiatives/ science which change or set priorities for the programme

The Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CCEM) carried out a study of the major challenges in electrical metrology and concluded that many aspects of electrical metrology are experiencing a revival as a number of new scientific developments are offering the potential for improved measurements. This review helped formulate revised priorities and activities in the Electricity Department as follows:

- A redefinition of the ampere and the kilogram, by fixing e and h , would mean that devices based on the quantum Hall effect and the Josephson effect will become direct SI realizations of the ohm and the volt rather than conventional representations. The CIPM expects that a redefinition would increase the importance of, and demand for, on-site comparisons using the BIPM's well characterized standards as NMIs prepare themselves for the high-level change. Comparisons will also be more in demand because the CIPM MRA requires the demonstration of equivalence among NMIs' primary quantum standards, the lowest uncertainty for which can only be achieved by on-site comparisons. The ongoing NMI interest in on-site comparisons was established by questionnaires in 2009, which showed that about 15 NMIs are interested in an on-site Josephson or quantum Hall comparison during the next few years.
- The redefinition of the ampere will be accompanied by a *mise en pratique* for the electrical units which will rely on the validity of the equations linking the Josephson constant K_J and the von Klitzing constant R_K to the Planck constant h and the elementary charge e .

Experimental verifications of these key equations with reduced uncertainty will be necessary and the BIPM will contribute to this work with its existing dc quantum Hall resistance standard, its future ac quantum Hall resistance standard and its calculable capacitor.

- During the last decade, the number of quantum Hall resistance systems in NMIs has increased considerably. At present, comparisons of such instruments are limited by the properties of the transfer standards to uncertainties of the order of some parts in 10^8 . On several occasions direct on-site comparisons with a transportable QHR system have been requested, to achieve significantly lower uncertainties. The BIPM can respond to these requests with its unique transportable QHR standard.
- As the main development in electrical metrology at NMIs is the move towards ac Josephson standards for ac voltage and power, and ac quantum Hall resistance standards for impedance, the CCEM expects new comparisons during the 2013-2016 programme. This requires the BIPM to upgrade its international reference facilities for ac measurements.
- A field which requires more attention in the future is that of traceable electric field measurement in the microwave range. The BIPM will work with the CCEM to establish priorities and, if necessary, a suitable activity.
- The watt balance will become part of the Mass Department when it is operational, but will require continued electrical measurement support.
- The increasing number of Member States, in particular of developing countries, is expected to lead to an increasing number of requests for calibrations for electrical quantities.

2.3.3 Programme activities and deliverables for 2013-2016

The overall aim of the activity is to ensure that NMIs have access to a means of comparing or calibrating their national standards of voltage, resistance and capacitance based on international reference facilities. These facilities will be enhanced in the programme so as to provide NMIs with an ability to demonstrate equivalence in ac measurements.

E-A1 International comparisons of primary standards for voltage, resistance and capacitance and related calibrations

- The existing programme of comparisons will continue as it allows NMIs to validate and demonstrate the performance of high-level electrical primary standards. As requested by many NMIs, a priority will be to resume the on-site comparisons of QHR systems using the BIPM transportable QHR system to overcome the present limitations due to transfer standards and to reduce the uncertainty by a factor close to 5.
- The existing calibration services will continue as they enable NMIs without primary realizations to establish SI traceability. These services make use of equipment needed for the BIPM's own standards and for comparisons. The new calculable capacitor is expected to become the primary standard for the dissemination of the capacitance unit. The Department will continue to provide calibrations for other departments of the BIPM.

E-A2 Development of an ac voltage standard for international comparisons

- An ac Josephson voltage standard, will be developed for comparisons with NMIs. It will be based on their rapid development of programmable and pulse-driven arrays as standards for ac voltage, also underpinning ac power standards. The first demonstrated use will be towards the end of the four year period.

E-A3 Development of an impedance standard for an improved measurement of the von Klitzing constant

- The dc quantum Hall work will be extended into ac to establish an ac quantum Hall resistance system as a primary standard for impedance, for an improved measurement, together with the new calculable capacitor, of the von Klitzing constant R_K . Better knowledge of the latter will help with setting the basis for a redefinition of the SI. From recent developments, it can be expected that the uncertainty of such a measurement based on the ac quantum Hall resistance standard would be 2-3 times smaller than for the dc quantum Hall resistance standard.

If necessary, this activity could be completed by a comparison between the calculable capacitors which are currently being developed at several NMIs.

E-A4 Watt balance support

- To be able to disseminate the unit of mass after the redefinition of the kilogram, the BIPM is establishing a watt balance, which will be maintained over an extended period of time (activity M-A1). An essential component of a watt balance is a Josephson voltage standard. A quantum Hall resistance standard is also required for regular resistance calibrations. The Electricity Department will ensure the availability and the operation of these quantum standards.

E-A5 Coordination activities

- The Department provides support for the Consultative Committee for Electricity and Magnetism (CCEM) and the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR), by organizing the biannual Committee meetings and the annual working group meetings. In addition the BIPM participates in the work of some working groups, for example by providing advice in particular on questions related to the execution of the CIPM MRA.

2.3.4 Impact of the proposed work programme

The main impact of the electricity programme is to provide a basis for world-wide uniform measurements in the field of electrical quantities. These are of particular importance as electrical measurements underpin the majority of all measurements. By its comparison programmes the Department supports NMIs to maintain internationally consistent voltage, resistance and capacitance standards. NMIs not possessing their own primary standards are supported by calibrations, traceable to the same BIPM standards as used for the comparisons. Both activities allow the NMIs to validate their calibration and measurement capabilities (CMCs) as published in the BIPM database (KCDB). Crucial to the success of the comparison programmes is the ability of the BIPM to maintain international reference facilities over sufficiently long periods. The proposed work programme also supports the planned redefinitions of some of the SI base units by supporting the BIPM watt balance and by carrying out a new, highly accurate determination of the von Klitzing constant.

2.3.5 Resources

At the beginning of the 2013-2016 programme of work, a permanent staff of six will be working in the Electricity Department. No new permanent scientific staff would be required to deliver the

programme of the Electricity Department. The development of an ac Josephson voltage standard would nevertheless require secondment of an experienced NMI researcher for about 6 months for know-how transfer and for support in setting up such a system.

The number of Member States has increased during the 2009-2012 programme of work, and their subsequent demands on the Electricity Department for comparisons and calibrations up to the time of the meeting of the CGPM were contained within the existing staff resources. If the current membership trend continues, and results in a further increase in comparison and calibration requests, more technician resources would be required.

2.4 Ionizing Radiation

2.4.1 Progress, benefits and achievements to date of the 2009-2012 programme

The original programme in the Ionizing Radiation Department was modified to delay both the extension of the SIR to alpha particle emitters and the implementation of a new primary measurement method for radionuclide activity as a consequence of prioritization. Apart from these modifications, the BIPM is on target to meet all the ionizing radiation deliverables set out in the 2009-2012 programme of work as advised by the CCRI. In particular:

- in accordance with the policy of the CCRI that NMI comparisons are valid for ten years, dosimetry comparisons continue to be maintained at this frequency, on request, with more than half of the 28 forecast being completed before the end of 2010. This enables the NMIs to confirm their degrees of equivalence and traceability to the SI through the BIPM and similarly for the characterizations of national standards that are performed;
- a mammography comparison service was launched in 2009 in response to the demands of the NMIs to meet their legislative requirements, with the NMIJ (Japan), the NIST (USA), and the PTB (Germany) having been the first participants and with a calibration already performed for the NIM (China);
- the development of an absorbed dose standard reference facility for medium energy x-rays is in progress;
- following the successful commissioning of the BIPM's graphite calorimeter, high energy dosimetry comparisons of calorimetric primary standards have been carried out using the linear accelerator photon beams at the NRC (Canada), at the PTB (Germany), and at the NIST (USA), which has enabled them to confirm confidence in their radiotherapy dosimetry dissemination at these high photon energies. The next comparisons are planned for 2011 with the METAS (Switzerland) and the NPL (UK). Subsequent comparisons with the ARPANSA (Australia) and the LNE-LNHB (France) are forecast within the programme;
- a high dose-rate brachytherapy comparison for ^{192}Ir , much used for cancer treatments, was launched with the collaboration of secondees in 2009. The VSL (Netherlands), the LNE-LNHB (France) and the NPL (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) have taken part, with further participants scheduled for 2011;
- the second SIR chamber is being fully characterized using ampoules sent to the SIR by the NMIs. This, together with the upgraded electronics and the NPL-donated supply of

SIR ampoules, will help to secure the future of the SIR facility for radionuclide activity comparisons;

- an increased demand from NMIs for new SIR measurements, to replace results that are no longer valid, has been met, with 30 ampoules already measured out of the 60 forecast for the 2009-2012 programme of work;
- the new SIR transfer instrument for short-lived radionuclides (particularly important for nuclear medicine) has been commissioned and the first successful comparisons run at the NIST (USA) in 2009 and at the KRISS (Korea) in September 2010.

2.4.2 Drivers and initiatives/ science that change or set priorities for the programme

All the Member States, apart from Cameroon, now make use of clinical linear accelerators to treat cancer patients and nine NMIs currently have accelerators and are able to provide calibrations for their radiotherapy services. These NMIs have a need to establish the degrees of equivalence for their primary dosimetry standards and the BIPM has established an interim solution to meet that need by taking the BIPM primary standard, developed specifically for accelerator beam dosimetry, to each NMI. The first such comparisons with the NRC, the PTB and the NIST have proved successful and four other NMIs should also have degrees of equivalence by the end of the 2009-2012 programme of work.

There is now no doubt that demand will grow rapidly as Member States develop their standards to meet national needs for improved radiotherapy dosimetry. The availability of a facility at the BIPM will enable all NMIs to have confidence, through comparisons and calibrations, in their own measurements and uncertainties. The CIPM strongly supports the advice of the CCRI that, to enable the Member States to meet the challenges associated with the dissemination of accelerator dosimetry standards, an international reference facility using a linear accelerator should be installed at the BIPM as a high priority.

Although the on-site comparisons at NMI accelerator facilities are proving successful, they do not address the needs of the other NMIs which are for direct traceability to the SI with a standard uncertainty of about 0.5 % and with a simplification of the dissemination process to reduce errors. These issues can only be addressed by having a stable, international reference facility at the BIPM, enabling a robust basis for NMI degrees of equivalence that will drive improved traceability for radiotherapy dosimetry. As this will be an important decision, the rationale approved by the CIPM to establish a clinical linear accelerator at the BIPM is discussed in section 1.5.1.

Demands to reduce uncertainties in radionuclide activity measurements and to measure short-lived radionuclides are clear drivers from the CCRI. The initial successful work at the BIPM on short-lived radionuclide activity comparisons using the new SIR travelling instrument on-site at a number of NMIs will enable the BIPM to extend this to other on-site comparisons for different radionuclides and with more NMIs.

The goal of the BIPM's ionizing radiation activity is to provide reference facilities that meet the NMI's needs related to the new developments in radiotherapy applications at the appropriate level of measurement uncertainty; to meet the demands of the radiotherapists for SI traceable medical dosimetry; to prepare for the new generation of nuclear energy requirements; to provide traceability for public health and radiation safety monitoring; and to support the environmental monitoring communities.

2.4.3 Programme activities and deliverables for 2013-2016

The overall aim of the ionizing radiation programme is to continue to provide Member States with the ability to compare or calibrate their national standards for dosimetry and radionuclide activity based on a well characterized and stable set of international reference facilities. These help provide confidence for NMIs' services to users in medicine, nuclear and other industries. A key feature of the proposed programme is to establish a new facility for high-energy dosimetry to meet the needs of all the NMIs requiring comparisons or calibrations in this crucial field for cancer treatment.

The CCRI has declared its satisfaction with the BIPM programme and achievements in ionizing radiation metrology and requires the BIPM to undertake further activities to support their own NMI programmes.

The CIPM strongly supports the provision of a linear accelerator facility. This is essential in order to meet the stated demands of all the 28 NMIs represented at the CCRI and the needs of a further 24 that take their traceability directly or indirectly from the BIPM.

RI-A1 Dosimetry

The realization of the high-energy photon dosimetry reference facility based on a clinical linear accelerator at the BIPM (RI-A1-3) is the corner stone of the proposed 2013-2016 programme for dosimetry, which consists of the following activities:

- **RI-A1-1** maintaining the BIPM's range of x-ray standards for comparisons and calibrations, including mammography and the newly developed absorbed dose standard for medium energy x-rays;
- **RI-A1-2** maintaining the BIPM's ongoing cobalt and caesium dosimetry standards for comparisons and calibrations at these internationally accepted reference energies, including the robust evaluation of the ^{60}Co absorbed dose to water using the BIPM calorimeter;
- **RI-A1-3** providing high-energy photon dosimetry comparisons referenced to the BIPM calorimeter standard, using a fully characterized and stable international linear accelerator reference facility; with the potential for future comparison needs for electron dosimetry and small-field dosimetry for new treatment modalities;
- **RI-A1-4** providing ongoing brachytherapy comparisons using the fully maintained BIPM transfer standards;
- **RI-A1-5** providing support for the neutron dosimetry community by piloting their CCRI supplementary comparisons and providing check measurements for the transfer instruments.

RI-A2 Radionuclides

In radionuclide measurements, the priorities will be to continue the development of the successful SIR travelling transfer instrument and to reinstate the delayed project on extending the SIR to pure alpha emitters that are being used for therapy. The construction of a ionization chamber related to the SIR to realize the becquerel had to be postponed to reduce costs in order to fund the linear accelerator facility. Consequently, the proposed programme deliverables for 2013-2016 to address this activity are the following:

- **RI-A2-1** maintaining the SIR facilities for on-going SIR comparisons of gamma emitting radionuclide activity measurements, providing SIR comparisons for pure beta emitters using the newly established liquid scintillation methods and extending the SIR to pure alpha

emitters (activity postponed from the previous programme), while considering the challenge of low-level activity measurement to assist in environmental measurements;

- **RI-A2-2** maintaining the gamma spectrometry facilities particularly for impurity measurements for the SIR, providing comparisons of short half-life radionuclides ^{99m}Tc and ^{18}F using the SIR transfer instrument (SIRTI) and developing the SIRTI for other short lived radionuclides used for example in positron emission tomography (PET) and in particular for ^{11}C , ^{223}Ra , ^{153}Sm , ^{211}At , ^{64}Cu and ^{15}O , in priority order;
- **RI-A2-3** organizing and participating in CCRI comparisons;
- **RI-A2-4** maintaining the BIPM's primary methods for CCRI comparisons.

RI-A3 Coordination activities

The Ionizing Radiation Department also has responsibility for some international coordination and the proposed programme deliverables are:

- supporting activities of the Consultative Committee of Ionizing Radiation (CCRI) including biennial CCRI and section meetings, 12 working groups mostly meeting annually, workshops to meet CCRI needs, publication of *Monographies*, preparation of comparison reports for publication;
- supporting activities of the Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (CCAUUV) including biennial CCAUV meetings, two working groups and preparation of comparison reports for publication;
- providing representation at the ICRU (annual plus standing and report committees as required), IAEA Scientific Committee (biennial), International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM) Board and Programme Committee (biennial) and other international organizations as requested, e.g. European Federation of Organisations for Medical Physics (EFOMP) Council.

2.4.4 Impact of the proposed work programme

The objective of the ionizing radiation programme is to support the dosimetry and radionuclide activity measurements aimed at human health, both for diagnosis and treatment, in particular where the dose and activity levels are high and the need for equivalence and reduced uncertainties is greatest. These areas are largely covered by legislation in most Member States, as are the needs for human and environmental protection. Enabling NMIs to have confidence in their CMCs in these areas, through comparisons and calibrations provided by the BIPM, has an impact in their countries for the traceability of their measurements to the SI. This should ensure that patients receive the correct dose of radiation from whatever medical source, that radiation workers' doses are correctly recorded so their exposures are limited as necessary, and that the environmental limits for activity deposition, also in food for human consumption, are met.

2.4.5 Resources

At the beginning of the 2013-2016 programme of work, a permanent staff of nine will be working in the Ionizing Radiation Department. For the operation and maintenance of the LINAC:

- one technician on a half-time basis would be needed to operate and maintain the accelerator facility (RI-A1-3) and assist with the other dosimetry equipment for use in NMI comparisons and calibrations.

2.5 Chemistry

2.5.1 Progress, benefits and achievements to date of the 2009-2012 programme

Activities in the Chemistry programme are targeted on three areas:

- international equivalence of gas standards for air quality and climate change monitoring;
- international equivalence of primary organic calibrators, for health, food, forensics, pharmaceuticals, and environmental monitoring;
- support for CCQM and JCTLM activities and liaison with intergovernmental organizations.

In the 2009-2012 programme of work, over 120 participations of NMIs in BIPM coordinated comparisons are expected. Based on its laboratory work, the BIPM has established a programme of international comparisons, required by the strategic plans developed by the CCQM working groups, that would not readily be supported at the national level.

BIPM activities are of benefit to national programmes in the following ways:

- they provide international comparisons and data to underpin all NMI Calibration and Measurement Capability claims for organic primary calibrators, currently 12 % of all Chemical CMCs, and by consequence the traceability of measurement results in clinical, environmental, food, forensic and pharmaceutical application areas;
- they provide an international facility for the on-going comparison of surface ozone standards, as well as nitrogen monoxide, nitrogen dioxide, and formaldehyde and thus support national air quality monitoring networks and pollution control strategies;
- they provide an international facility for the comparison of ambient methane gas standards, assuring the stability and reliability of measurements for the long-term monitoring of the greenhouse gas, and their use in radiative and climate change models;
- they promote the development of higher order reference materials, methods and services by NMIs and their use by the *in vitro* diagnostic industry by maintaining the JCTLM database of reference measurement systems for laboratory medicine and the review process for nominated entries;
- they are delivering a study on the measurement service and comparison needs for metrology in the biosciences and biotechnology, and thereby providing input into the formulation of national programmes in these fields of activity; the draft report of this study is available on the BIPM website⁷.

⁷ http://www.bipm.org/utis/common/pdf/biostudy_report/Biostudy_Report.pdf

2.5.2 Drivers and initiatives/science which change or set priorities for the programme

The Chemistry programme at the BIPM responds to, and is in support of, the CCQM strategy for developing and maintaining a series of comparisons to underpin national measurement capabilities. The BIPM coordinated comparisons are based on facilities that, for scientific, organizational or financial reasons lend themselves to support at the international rather than the national level and respond to high priority needs of national programmes. Important drivers which will require the development and maintenance of an international infrastructure for metrology in chemistry include:

- climate change and air quality monitoring requirements and the control of emissions that lead to global warming and air pollution, which are being incorporated into national legislation and have been identified by the major intergovernmental or international bodies concerned such as the WMO, the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), and other UN Agencies;
- requests for measurement programmes to support traceability requirements from the clinical, food, forensic, sports drug testing and pharmaceutical communities;
- advances in measurement technologies allowing the full characterization of biologicals by physico-chemical means, and the subsequent requirement for reference measurement systems for the medical communities to improve the accuracy, comparability and reliability of measurement results used in diagnosis and healthcare.

2.5.3 Programme activities and deliverables for 2013-2016

The BIPM programme in chemistry has been developed and supported by the CCQM so that it:

- responds to the strategic needs of the CCQM: a capacity which is essential for the comparisons which assess the performance of, and benchmark, reference materials produced and used by NMIs when they validate their own national facilities and methods;
- focuses on the laboratory competences which enable the BIPM to pilot comparisons which are of common interest and are based on facilities which would not be supported at the national level in the long term;
- takes account of the priorities and gap analyses identified through consultations with NMIs, and international organizations in liaison with the CCQM such as the WMO and its Global Atmosphere Watch Programme, the International Federation of Clinical Chemists (IFCC), the Pharmacopoeias, Codex Alimentarius (WHO/FAO), World Anti-Doping Agency (WADA) and the WHO;
- responds to the metrology needs of societal grand challenges, notably the development and maintenance of global infrastructure for greenhouse gas monitoring and the effectiveness of mitigation strategies in curbing climate change; and the development of reference measurements for diagnostics and therapeutic medicines in order to improve the accuracy and effectiveness of healthcare interventions;
- will facilitate over 140 participations of NMIs in BIPM coordinated comparisons during the 2013-2016 programme of work, with expected improvements in reference measurement systems for chemical analyses in areas of key national concern.

The BIPM Chemistry programme for 2013-2016 has been developed along three major themes:

C-A1 International equivalence of gas standards for air quality and climate change monitoring

This activity includes:

- maintenance and development of an international reference standard for surface ozone;
- development and maintenance of dynamic reference standards and primary facilities and comparisons for global monitoring of air quality;
- development of an international reference facility for demonstrating the comparability of standards for greenhouse gases.

The BIPM will coordinate comparisons of surface ozone, nitrogen oxides and formaldehyde standards and support the development of reference methods for key greenhouse and air quality gases. This will enable national air quality monitoring networks and pollution control strategies for high priority pollutants to be based on accurate internationally recognized standards and to provide measurements that are fit for assessing air quality and monitoring the effects of control measures. The activities will also ensure the stability and reliability of measurements for the long-term monitoring of greenhouse gases (e.g. carbon dioxide and methane) through BIPM coordinated comparisons for these gases, and their use in radiative and climate change models, and monitoring the effectiveness of mitigation activities. The activities will facilitate the establishment of WMO-GAW central calibration laboratories for VOCs and NO_{xy} for the global monitoring of these species.

C-A2 International equivalence of organic primary calibrators for clinical chemistry and laboratory medicine, food analysis, environmental analysis, forensics and pharmacy

This activity includes:

- maintenance and development of the BIPM's organic primary calibrator facility;
- coordination of comparisons of primary references for organic analysis;
- comparison coordination and method development for the international equivalence of large molecule standards for diagnostics and therapeutics.

The BIPM will coordinate key comparisons demonstrating the capabilities of NMIs to deliver the primary calibration reference services required to underpin their provision of SI-traceable measurements in organic analysis, and support NMI Calibration and Measurement Capability claims to provide "small organic molecule" primary calibrants (molecular weights smaller than 500) both as pure substances and calibration solutions. The activity will facilitate the demonstration of equivalence of national capabilities for the value assignment of primary calibrators/calibration solutions in support of reference measurement systems for healthcare, food, environmental analysis, pharmaceuticals and forensics.

The activity will be extended to enable the characterization and comparisons of high molecular weight organic molecule purity determinations, notably for peptides and some proteins in order to support the development of reference measurement systems for these entities and improvements in the quality assurance of diagnostic measurements and therapeutic products such as: insulin; insulin like growth factor (IGF-1); parathyroid hormone (PTH); human growth hormone (hGh); and transferrin. This will enable the development and use of higher order reference materials, methods/procedures and services by NMIs for large molecules and their use by the IVD industry, leading to accurate diagnostic systems, reduced costs from re-testing and

improved patient care. It will promote the development of reference measurement systems for therapeutic large molecule analytes where physico-chemical characterization is required and value assignment of properties in SI units is envisioned, allowing improved accuracy in therapeutic product manufacture.

C-A3 Support of CCQM and JCTLM and international liaison activities for Metrology in Chemistry and the Biosciences

This activity includes:

- support of CCQM and its working groups;
- support of the JCTLM, maintenance of the database and processes;
- BIPM liaison and technical representation at international organizations active in metrology in chemistry and biosciences.

Activities and tasks within this theme are linked to the BIPM's role in establishing and supporting international metrology projects and liaisons with other international organizations which benefit from an international infrastructure for chemical metrology. This ensures awareness of the metrology infrastructure available at the international and national level, promotes the activities under the Metre Convention, and facilitates the establishment of activities at the national level.

An important contribution of the BIPM to the field of healthcare is the maintenance of the JCTLM database of higher order reference materials, methods and measurement services for the *in vitro* diagnostics (IVD) industry world-wide. *In vitro* diagnostics are the tests performed on biological samples to diagnose or rule out a disease. They are used for disease screening, monitoring therapy and to ensure the safety of blood used in transfusions. About 64 % of the information held on patient records comes from diagnostic tests. IVDs have a broad scope ranging from sophisticated techniques performed in clinical laboratories to simple self-tests such as for pregnancy. The JCTLM database was set up in response to industry needs to meet the traceability requirements set by the European Directive on *in vitro* diagnostics, and has since become a global reference for information on available reference materials, methods and services to which industry can establish traceability, ensuring the accuracy of test results, aiding proper diagnosis and patient care. The BIPM maintains the JCTLM database and coordinates the nomination and review process of yearly submissions of entries. At present, the JCTLM database contains 208 Certified Reference Materials (CRMs), 146 Reference Measurement Procedures (RMPs) and 128 Reference Measurement Services (RMSs). A substantial number of primary calibrators for diagnostic analytes are prepared and value assigned by NMIs. The international comparisons coordinated by the Chemistry Department demonstrate the degrees of equivalence of these standards, leading to their international acceptance.

2.5.4 Impact of the proposed work programme

The technical activities of the Chemistry Department are expected to lead to over 35 participations from NMIs in BIPM coordinated comparisons in each year of the 2013-2016 programme of work, benefiting national metrology programmes of Member States in a number of ways.

The BIPM programme:

- provides the technical basis for the comparability of measurement results in clinical, environmental, food, forensic and pharmaceutical application areas;
- enables national air quality monitoring networks and pollution control strategies for high priority pollutants to be based on accurate internationally recognized standards and to provide measurements that are fit for assessing air quality and monitoring the control measures;
- ensures the stability and reliability of measurements for the long term monitoring of greenhouse gases, and their use in radiative and climate change models, and monitoring the effectiveness of mitigation activities;
- promotes the development and use of higher order reference materials, methods/procedures and services by NMIs both for small and large molecules and their use by the IVD industry, leading to accurate diagnostic systems, reduced costs from re-testing and improved patient care;
- promotes the development of reference measurement systems for therapeutic and diagnostic large molecule analytes where physico-chemical characterization is sufficient, and value assignment of properties in SI units is envisioned, allowing improved accuracy in therapeutic product manufacture and diagnostic reference measurement systems.

2.5.5 Resources

At the beginning of the 2013-2016 programme of work, a permanent staff of nine will be working in the Chemistry Department. Additional permanent staff would be required to deliver the programme of the Chemistry Department:

- for the gas programme: one technician on a half-time basis;
- for the large molecule organic activity: one scientist and one technician.

2.6 International Coordination and Liaison

The BIPM has a unique role in the coordination of international metrology.

2.6.1 Criteria and priorities

The criteria and priorities which will determine the level of the BIPM's resources committed to international liaison activities are:

- the degree to which the BIPM's efforts can create an opportunity for an expansion of the SI and/or the application of metrological traceability concepts in new areas of application;
- whether, once an opportunity has been created, the work can be conducted in partnership with organization(s) who share goals with the BIPM or by groups of NMIs (e.g. the RMOs);
- considerations or expressed wishes of the CGPM and/or CIPM.

The scope of the BIPM's continued involvement with partnering organizations depends on the extent to which those organizations already support, or have been persuaded to support, and help implement the aims and objectives of the BIPM.

2.6.2 Programme activities and deliverables for 2013-2016

IL-A1 Coordinating and supporting the work of the ten Consultative Committees (CCs) created by the CIPM

The work of the CCs and their Working Groups (WGs) is at the core of the BIPM's mission. The coordination as well as the administrative and logistical support is one of the essential activities of the BIPM staff. Over the last few years the workload has significantly increased in particular due to the growing number of WGs in the CCs. During meetings of large CCs such as the CCQM, which meets annually with all of its WGs at the BIPM, the BIPM reaches the limits of its current capacities both in terms of space and administrative support. In the case of the CCQM, due to the large number of WGs, additional meetings rooms need to be rented in a nearby hotel. On such occasions up to 200 persons meet at the BIPM.

The BIPM provides the executive secretaries to each of the ten CCs. The executive secretaries are experienced scientists, in most cases the directors of the scientific departments of the BIPM. The administrative and logistic support is one of the main tasks of the BIPM secretariat.

IL- A2 Organizing and supporting Workshops and Summer schools

Scientific and applied metrology is a very dynamic research field. In close consultation with the corresponding CCs the BIPM organizes workshops on selected topics of particular importance or interest to metrology. For example, in the 2009-2012 programme of work, workshops on "Physiological Quantities and SI Units" and "Metrology at the Nano Scale" were conducted at the BIPM bringing together the world's leading metrologists with the world's most competent specialists from industry and academia. Another workshop conducted jointly with the WMO on "Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring" brought together metrologists and meteorologists to improve the climate data quality by ensuring data traceability to the SI. The results of the workshops are then made available to the NMIs of the Member States and to participating international organizations for their programme planning and as guidance for the scientific work at the BIPM.

The BIPM organizes regular summer schools for metrologists from NMIs of Member States and Associates to bring together the most promising young researchers and provide them with a world class lecture series in metrology. Based on the enthusiastic response from the participants of the last summer school in 2008 the BIPM plans another one during the 2013-2016 programme of work probably in 2014.

IL-A3 Support for the CIPM MRA

The BIPM maintains and regularly updates the key comparison database (KCDB) which is at the core of the CIPM MRA. This database holds the results of the key and supplementary comparisons that establish the degrees of equivalence of national measurement standards of the participating NMIs and Designated Institutes (DIs) and lists the Calibration and Measurement Capabilities (CMCs) of these institutes. As of October 2010, nearly 1 000 key and supplementary comparisons were registered in the KCDB, among which about 65 % had results published. At the same time, more than 23 500 CMC entries, covering all metrology areas, were available from the KCDB website.

New software for analyzing the connections to the KCDB website was implemented in January 2009. The average number of monthly visits to the KCDB is between 7 000 and 8 000, corresponding to about 60 000 pages opened every month. While it is very difficult to identify the visitors, except NMIs which constitute a part of the audience, information shows that the site also attracts other communities, including regulators and accreditors, as well as commercial and industrial companies.

The BIPM hosts the secretariat of the JCRB through the combination of an Executive Secretary of the JCRB, seconded from an NMI, and permanent BIPM staff. The JCRB secretariat is essential to develop and update, in association with the JCRB, the guidance documents for the RMOs and NMIs for the efficient operation of the CIPM MRA.

The BIPM operates and updates its web page for the BIPM's own calibration service uncertainties. This page is available from the KCDB.

All these activities will be continued during the proposed programme of work.

IL-A4 Cooperation with intergovernmental organizations and international bodies

This activity concentrates on the BIPM's links with the International Organization of Legal Metrology (OIML) as well as the accreditation and standardization communities. The BIPM will:

- continue its close cooperation with OIML in all areas of mutual interest;
- use its collaboration with ILAC to ensure greater attention by accreditors and accredited laboratories to the concepts of uncertainty, traceability, and the importance of demonstrating that CMCs from an accredited laboratory are consistent with those of the NMI to which it claims traceability as contained in the KCDB. Numerous examples show that such work contributes significantly to the framework within which technical barriers to trade can continue to be reduced;
- participate in ISO committees concerned with conformity assessment (CASCO) and maintain an overview of related work in terminology and uncertainty;
- if appropriate, be represented on ISO/IEC committees concerned with physiological quantities and nanometrology, as a follow up to the workshops held at the BIPM in November 2009 and February 2010;
- be involved in revisions of ISO standards, especially ISO/IEC 17025 and ISO/IEC 17011.

IL-A5 Outreach

This activity concerns the promotion of the work of the BIPM and also aims at attracting new Member States and new Associates. The deliverables are:

- developing material and arguments to increase Membership of the BIPM;
- raising awareness of the annual World Metrology Day and the distribution of related promotional material from the BIPM; and
- supporting new RMOs so that they can play a full and competent role in the CIPM MRA.

IL-A6 Developing new opportunities

This activity addresses the policy of developing new opportunities and taking initiatives to extend the coverage, uptake and impact of the SI and the associated concepts of measurement traceability and uncertainty. The deliverables include:

- following up the WMO/BIPM symposium (30 March – 1 April 2010) on “Measurement Challenges for Global Observation Systems for Climate Change Monitoring”, so as to develop cross-disciplinary task forces to address needs in existing, as well as new, areas agreed with the WMO; and
- launching and managing a study on the international needs for metrology in nanoscience and nanotechnology and to recommend an appropriate course of action to the CIPM for inclusion in the 2017-2020 programme of work of the BIPM.

2.6.3 Impact of the proposed work programme

The work of the CCs is one of the main pillars of international metrology. The CCs are an essential and effective tool to coordinate metrological research on a global level. They play an important role in providing a forum of discussion between the world’s leading experts in each field, thus facilitating progress at the international level, for example concerning improvements and redefinition of the SI system. The CCs also play a crucial role in the implementation of the CIPM MRA. The success of the Metre Convention is to a large extent the success of the effective work of the CCs. They are, and will continue to be, absolutely essential for the continuous improvement of the SI.

The importance and the volume of the BIPM’s international liaison activities have grown over the years. In order to facilitate trade and commerce, States need to have an efficiently functioning quality infrastructure, of which metrology, standardization and accreditation are key components. To ensure efficient cooperation between the institutions responsible for this quality infrastructure, good communication and cooperation between the international organizations representing metrology, standardization and accreditation is essential. The BIPM has therefore developed appropriate relations with the international organizations concerned and coordinates regular meetings.

This is particularly true for the field of accreditation, as the traceability chain, starting with the primary realization of an SI unit at an NMI, must maintain its integrity down to the industrial shop-floor level. Accredited calibration laboratories play a key role in this process so the close cooperation between the BIPM and ILAC is of great importance. Likewise, it is essential that metrological issues are addressed in international standards in an appropriate way. This requires good cooperation with the international standardization bodies ISO, IEC and ITU. In the field of legal metrology, the OIML issues recommendations which form the basis of pattern approval for measuring instruments in a given regulated area. Efficient exchange of information and close cooperation in areas of common interest are important as well as jointly promoting metrology as a common goal of both organizations.

A significant number of States are still developing their quality infrastructure, often with the support of international organizations such as UNIDO. To support the most efficient development of such structures in the area of metrology, the BIPM cooperates with UNIDO, often in association with regional metrological organizations, to give advice for the development process.

2.6.4 Resources

In 2010, the BIPM created the position of International Liaison Officer supporting the Director and other BIPM staff in this activity. No additional staff are required during the 2013-2016 programme of work.

2.7 Support activities and services

2.7.1 Internal calibration services

The BIPM provides internal calibration services in the areas of pressure, mass, electricity and thermometry.

These services provide calibrations of measuring instruments needed by the BIPM's scientific departments for the determination of the values of the quantities that have a non-negligible influence on the total measurement uncertainty of comparisons or calibrations. These calibration services are for internal use only and are covered by the BIPM quality system.

2.7.2 Mechanical workshop

A mechanical workshop is essential for the efficient operation of the BIPM's scientific laboratories. The workshop not only designs and manufactures specific components for research instrumentation at the BIPM, such as the watt balance and the calculable capacitor, but also provides the special parts needed to adapt NMI standards to the BIPM reference facilities. It also repairs damaged equipment on the spot allowing comparisons and calibrations to run without major delays. The operation of such a mechanical workshop is an indispensable prerequisite for the efficient running of the BIPM.

The mechanical workshop also produces platinum/iridium copies of the kilogram prototype against reimbursement of cost. This is a unique service that is only available to Member States.

At the beginning of the 2013-2016 programme of work, a permanent staff of 4 will be working in the workshop. No additional staff are required during the 2013-2016 programme of work.

2.7.3 Communication and Information

At the beginning of 2010 a new organizational structure has been introduced for the BIPM's secretariat, library, publications, and IT services. The "Communication and Information Section" results from an analysis of how the long-term communication and information needs of the BIPM can be met most efficiently.

Unification of the publishing, translation, secretarial and IT services into a single section, assures closer and faster communication between these services.

The **secretariat** handles, among other responsibilities, the ever-growing workload related to the administrative coordination of the Consultative Committees. Specifically this includes:

- issuing all invitations to meetings organized by the BIPM, e.g. CGPM, CIPM, Directors of NMIs, Consultative Committees, Working Groups or workshops, and making the arrangements for attendance, including those related to visa applications;
- assuring the smooth-running of the meetings through support to the scientific Executive Secretaries as well as to the participants;
- translating formal reports such as reports of meetings of the CGPM and CIPM, the Director's annual report on activities of the BIPM, the SI Brochure and other brochures as well as translating for the website.

The **library** continues to be an integral part of the BIPM, essential for its scientific work and to visitors for meetings and collective work.

Following a critical review, the number of journals to which the BIPM subscribes has been further reduced and in many cases the BIPM has switched to electronic-only subscriptions. In this way, in spite of rising journal prices, the BIPM has succeeded in maintaining the cost at about 1 % of the BIPM budget.

The **Publications** team has been integrated into the new section, having previously been a separate section. The responsibilities of the publications team are in particular:

- editing and producing the BIPM's mandated formal publications such as the proceedings of meetings of the CGPM and CIPM, the annual Director's report on activities of the BIPM, and editing the Annual Report to Governments on the administrative and financial situation of the BIPM;
- editing and producing other publications in French and English such as the SI Brochure;
- editing and publishing the reports of meetings of the Consultative Committees;
- taking responsibility for the BIPM website and enhancing the web as a means of promoting the BIPM and metrology in general;
- editing of *Metrologia* and supervising the production, publication, and marketing of the journal, which is carried out under licence by the Institute of Physics Publishing (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland);
- assisting the BIPM staff members with the preparation of texts in English, and in particular the scientific staff with the preparation of papers for publication in the scientific literature or for submission to conferences;
- producing other BIPM publications as required.

The peer-reviewed journal *Metrologia* is dedicated to advancing the science of metrology. Through it the BIPM provides another unique service, as *Metrologia* is a journal primarily for the NMI community. *Metrologia* publishes articles that contribute to the significant improvement of fundamental measurements, particularly papers that improve knowledge of the fundamental physical constants or that concern improvements to the International System of Units. During the four years from 2005 to 2008 its impact factor increased from 1.479 to 1.780, and the readership base was extended significantly – such that in 2009 the journal was available at over 2 000 institutes world-wide. In addition to the printed journal, the freely available electronic *Technical Supplement to Metrologia* publishes the abstracts of key and supplementary comparison reports published in the KCDB, and of other pilot study reports published on the BIPM website, and provides links to the complete texts of these reports.

The **BIPM website** is now the BIPM's principal means of communication with the metrology community world-wide. Special restricted-access areas have been set up for almost eighty different user groups (Consultative Committees, Working Groups, and others) to provide access to their working documents. The website also provides a wealth of information of interest to a wide range of audiences, including, in addition to metrologists in the NMIs, government officials, regulators and accreditors, academic and industrial scientists, school teachers and students, journalists and historians. Amongst many essential services, the BIPM website provides, for example, an up-to-date list of institutes participating in the CIPM MRA, and a dedicated metrology search engine covering the websites of all those institutes.

Like most scientific institutions, the BIPM relies heavily on a fully operational **IT support service**. In particular the KCDB and JCTLM databases need to be accessible to the outside world on a permanent basis. Establishing International Atomic Time (TAI) and Universal

Coordinated Time (UTC) relies on the reliability and security of the BIPM's IT services. In addition to these tasks the typical spectrum of hardware and software for scientific, financial and administrative computing, as well as electronic communications needs to be covered by the IT services. During the 2009-2012 programme of work a study was performed to review future IT investments needed to keep the equipment up to date and to prepare for the possible introduction of new IT services such as video conferencing or phone over IP.

In support of the IT services, an IT Advisory Board was established in 2010 to give guidance to the IT services on the development of the IT infrastructure.

At the beginning of the 2013-2016 programme of work, a permanent staff of eight will be working in the Communication and Information Section. No additional staff are required during the 2013-2016 programme of work.

2.7.4 BIPM Quality System, Health and Safety

The BIPM maintains a self-declared quality system based, in so far as it applies to the BIPM, on ISO/IEC 17025:2005 "*General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*" for its calibrations and measurements. The relevant parts of ISO Guide 34:2009 "*General requirements for the competence of reference materials producers*" are implemented within the Chemistry Department. The quality system is audited internally and externally and has been presented to a group of quality experts from RMOs. The quality manual has been revised in accordance with the suggestions obtained during an on-site peer review by an NMI quality expert. There have been no significant complaints, errors or non-conformities declared to the BIPM.

The quality system is administrated by a Quality Manager who is also responsible for health and safety.

The BIPM pays close attention to health and safety issues in relation to its own staff members as well as to that of its visitors. No health and safety matters at the BIPM of significance have been reported and the BIPM safety documentation is regularly updated.

2.8 Finance, Administration and General Services

The Finance, Administration and General Services Department is responsible for the financial and administrative management of the BIPM which includes:

- drawing up the BIPM's annual accounts and financial statements, medium- and long-term plans, annual budget and a range of financial management functions to meet corporate needs as well as those of the scientific departments;
- cash management;
- all procurement issues;
- human resources issues including payroll, training, operation of the BIPM medical insurance scheme, monitoring and reimbursement of travel expenses;
- management of the BIPM Pension and Provident Fund;

- handling all legal issues including those related to the *Regulations, Rules and Instructions applicable to staff members of the BIPM* and the *Regulations and Rules of the BIPM Pension and Provident Fund*, agreements such as Memoranda of Understanding and purchase contracts, international institutional law and international law;
- relations with Member States and Associates regarding financial, legal and administrative affairs;
- logistical matters including customs operations and matters related to site maintenance;
- logistical organization, together with the Communication and Information Section, of meetings, conferences, summer schools and other events at the BIPM headquarters.

Over the past three years, the department has conducted major reforms regarding the financial and administrative management of the BIPM, in particular related to:

- the amendments to the BIPM Headquarters Agreement which further specified the immunities of the BIPM and its staff. On 30 July 2008, the French Republic promulgated a law ratifying the amendments to the Headquarters Agreement of the BIPM which was published in the *Journal Officiel de la République française*;
- the amendments to the *Regulations, Rules and Instructions applicable to staff members of the BIPM*. These amendments aimed at updating the Staff regulations to bring them into line with the social norms of the present day and providing competitive conditions of employment to attract and retain highly qualified staff. They were approved by the CIPM on 12 February 2008, 17 March 2009, 16 October 2009 and 15 October 2010 respectively;
- the amendments to the *Regulations and Rules of the BIPM Pension and Provident Fund* aimed at ensuring the financial health of the Pension Scheme in the long term and providing competitive conditions of employment to attract and retain highly qualified staff. They were approved by the CIPM on 16 October 2009;
- the amendments to the BIPM Financial Regulations and the implementation of new accounting rules, with the BIPM moving, from a cash to an accrual accounting system as from 1 January 2010. These changes were aimed at increasing the effectiveness and efficiency of the financial management, reinforcing accountability and transparency and ensuring the most effective use of resources. They were approved by the CIPM on 16 October 2009.

In addition the department ensures smooth running of the general services such as the reception, site security, logistical support to meetings, housekeeping and maintenance of the park and gardens.

The Finance, Administration and General Services Department consists of seven staff for the financial and administrative management of the BIPM, including a new position of Accountancy Administrator which was filled in July 2010 to respond to the increased workload resulting from the adoption of a new accounting system, and six staff for the tasks related to general services.

2.9 Buildings and site

The BIPM is located in the *Domaine national de Saint-Cloud*, a historic site granted by the French Government without limit of time, and both the Pavillon de Breteuil itself and the other

buildings erected since the creation of the BIPM and the grounds must be maintained to a high standard.

The maintenance of buildings, ranging in date from the 17th century (the *Pavillon de Breteuil* and the *Petit Pavillon*) to the present day, is expensive and requires a wide range of skills and techniques.

Major renovation of the BIPM's buildings is regularly required to take account of new requirements resulting from changes in the programme such as the partial refurbishment of the laser building in 2010 for the installation of additional laboratories for metrology in chemistry or the refurbishment of the Petit Pavillon to install meeting rooms after the transfer of the mechanical workshop to the Pavillon du Mail in 2001. Work is also needed regularly to refurbish old installations. This is also the case for the IT infrastructure that was put in place in the early 1990s and which now has to be updated and modernized to meet today's needs.

In the coming quadriennium the construction of a radiation vault for the installation of a clinical linear accelerator, with appropriate health and safety requirements, in addition to operational requirements, will be needed in order to carry out the proposed programme in dosimetry for radiotherapy.

In 2010 the BIPM undertook an energy audit to improve the energy efficiency of its buildings and to reduce its energy costs. This was in response to a significant increase in its energy costs and the need to face future increases. As a result, a plan with corrective actions was put in place which will be implemented over the 2009-2012 programme of work and over the course of the next ten years to improve the energy efficiency of the BIPM's buildings. This long term building programme also includes renovation work of the Nouveau Pavillon and the Pavillon du Mail which would have to be performed in the forthcoming periods as they were respectively built in 1988 and in 2000.

The BIPM laboratories are equipped with appropriate air conditioning systems to provide the temperature and humidity stability necessary for precision metrology. The maintenance of adequate air conditioning in the laboratories is a major task that requires continuous attention but in addition some of the air conditioning equipment, the performance of which is critical for the scientific activities, will need to be replaced as it uses a coolant gas which will be forbidden in the European Union from 2015.

2.10 Travel and transport of equipment

Visits by scientific staff and the Director to national laboratories and attendance at conferences and meetings related to metrology are an essential part of the activities of the BIPM and will continue. They provide the opportunity to maintain contact with the NMIs, to maintain an up-to-date knowledge of metrology research and requirements, to present the results of the work of the scientific staff and to promote the activities carried out under the Metre Convention. Travel to attend meetings with intergovernmental organizations and international and regional bodies has increased over the years, reflecting the growing number of liaisons with such organizations and bodies.

The cost of travel and transport of equipment accounts for more than 3 % of the annual budget. This not only reflects the number of meetings that BIPM's staff attend but also the costs incurred by the programme of international comparisons made by transporting BIPM reference standards

to national laboratories and by sending reference materials for comparisons. The costs of travel and transport of equipment will increase during the period 2013-2016 as a result, in particular, of the high-energy photon accelerator dosimetry comparisons referenced to the BIPM calorimeter standard.

3. Budget and resources

3.1. Staff

The total number of full-time equivalent staff employed at the BIPM on 1 October 2010 was 81 (including three vacancies which are about to be filled), of which there were 75 permanent staff, 4 research fellows and 2 other fixed-term appointments. The staff are distributed among the various departments and sections as shown in the organizational chart on page 146. The organizational chart includes research fellows employed on fixed-term appointments, normally for two years, and it indicates which staff members are employed on a part-time basis. The average age of all staff on 1 October 2010 was 45 years (46 in April 2007). Sixteen nationalities are represented among the BIPM staff.

Whilst the BIPM's work requires a permanent core of experienced staff, a proportion of posts may be filled with fixed-term appointments or for a specific task of limited duration. The BIPM therefore proposes that it continues to fill a proportion of project posts through fixed-term appointments such as research fellows.

The BIPM has been successful in attracting a number of scientists seconded by NMIs on a short-term basis, ranging from a few weeks to several months. The BIPM is grateful to those NMIs and governments who have provided this assistance. The secondment of staff to the BIPM provides opportunities for technology transfer and the BIPM will continue to seek secondments during the 2013-2016 programme of work. The BIPM can only attract high level seconded scientific staff if its work is at a corresponding high level.

Organizational chart of the BIPM on 1 October 2010

DIRECTOR'S OFFICE

Prof. A.J. Wallard

Director

Prof. M. Kühne

Director Designate, Deputy Director

MASS	TIME, FREQUENCY and GRAVIMETRY	ELECTRICITY	IONIZING RADIATION	CHEMISTRY
<p>Dr R.S. Davis</p> <p>Mr A. Picard ¹</p> <p>Ms P. Barat</p> <p>Dr H. Fang</p> <p>Mrs C. Goyon-Taillade</p> <p>Mr F. Idrees (50 %) ²</p> <p>Mr A. Kiss</p>	<p>Dr E.F. Arias</p> <p>Ms A. Harmegnies</p> <p>Dr Z. Jiang</p> <p>Ms H. Konaté</p> <p>Dr W. Lewandowski</p> <p>Dr G. Panfilo</p> <p>Dr G. Petit</p> <p>Dr L. Robertsson</p> <p>Mr L. Tisserand</p>	<p>Dr M. Stock ³</p> <p>Dr M.P. Bradley ⁴</p> <p>Mr R. Chayramy</p> <p>Dr E. de Mirandés ⁴</p> <p>Mr N.E. Fletcher</p> <p>Mr R. Goebel</p> <p>Mr B. Rolland</p> <p>Dr S. Solve</p>	<p>Dr P.J. Allisy-Roberts</p> <p>Dr D.T. Burns</p> <p>Mr S. Courte</p> <p>Ms C. Kessler</p> <p>Dr C. Michotte ⁵</p> <p>Mr M. Nonis</p> <p>Dr S. Picard</p> <p>Dr G. Ratel</p> <p>Mr P. Roger</p> <p>1 Vacancy ⁶</p>	<p>Dr R.I. Wielgosz</p> <p>Ms T. Choteau</p> <p>Ms A. Daireaux</p> <p>Dr E. Flores Jardines</p> <p>Mr F. Idrees (50 %) ²</p> <p>Dr R.D. Josephs</p> <p>Mr P. Moussay</p> <p>Dr M.M Petersen ⁴</p> <p>Dr J. Viallon</p> <p>Dr S.W. Westwood</p> <p>1 Vacancy ⁴</p>
FINANCE, ADMINISTRATION and GENERAL SERVICES	COMMUNICATION and INFORMATION	QUALITY, HEALTH and SAFETY	INTERNATIONAL COORDINATION and LIAISON	WORKSHOP and SITE MAINTENANCE
<p>Mrs B. Perent</p> <p>Finance, Administration</p> <p>General services</p> <p>Mrs A. Da Ponte</p> <p>Mr C. Dias Nunes</p> <p>Mrs M.-J. Fernandes</p> <p>Mrs A. Mendes de Matos ⁵</p> <p>Mrs I. Neves</p> <p>Mr A. Zongo</p>	<p>Mrs F. Joly</p> <p>Mrs F. de Hargues</p> <p>Ms N. De Sousa Dias ⁶</p> <p>Mrs C. Fellag-Artouet ⁵</p> <p>Mr L. Le Mée</p> <p>Dr J.R. Miles</p> <p>Ms C. Planche</p> <p>Mr R. Sitton</p> <p>1 Vacancy</p>	<p>Mr B. Coelho ⁶</p>	<p>Mr A.S. Henson ⁷</p> <p>Dr S. Maniguet ^{5,8}</p> <p>Dr C. Thomas ⁹</p> <p>Dr T. Usuda ¹⁰</p> <p>JCRB Executive Secretary ¹¹</p>	<p>Mr J. Sanjaime ¹²</p> <p>Workshop</p> <p>Site maintenance</p> <p>Mr A. Dupire ¹³</p> <p>Mr P. Benoit</p> <p>Mr F. Boyer</p> <p>Mr E. Dominguez ¹⁴</p> <p>Mr P. Segura</p> <p>Mr P. Lemartrier</p> <p>Mr B. Vincent</p> <p>Mr C. Neves ¹⁴</p>

1 - Deputy Director of the Mass Department
 2 - Mass/Chemistry
 3 - Also Project leader of watt balance
 4 - Research Fellow
 5 - Not full time
 6 - Fixed-term appointment
 7 - International Liaison Officer

8 - KCDB, also Chemistry
 9 - KCDB Coordinator, also Publications
 10 - On secondment from NMU/AIST
 11 - To be filled by secondment
 12 - Head of Workshop unit
 31 December 2010
 13 - Head of Workshop as of 1 January 2011
 14 - Also General Services

3.2 Additional staff resources required

In order to carry out the proposed programme of work, the following additional staff resources are required:

For continuation of present activities

- Mass and watt balance: one scientist, one technician on a half-time basis and one research fellow for two years to support the future redefinition of the kilogram and its *mise en pratique*.

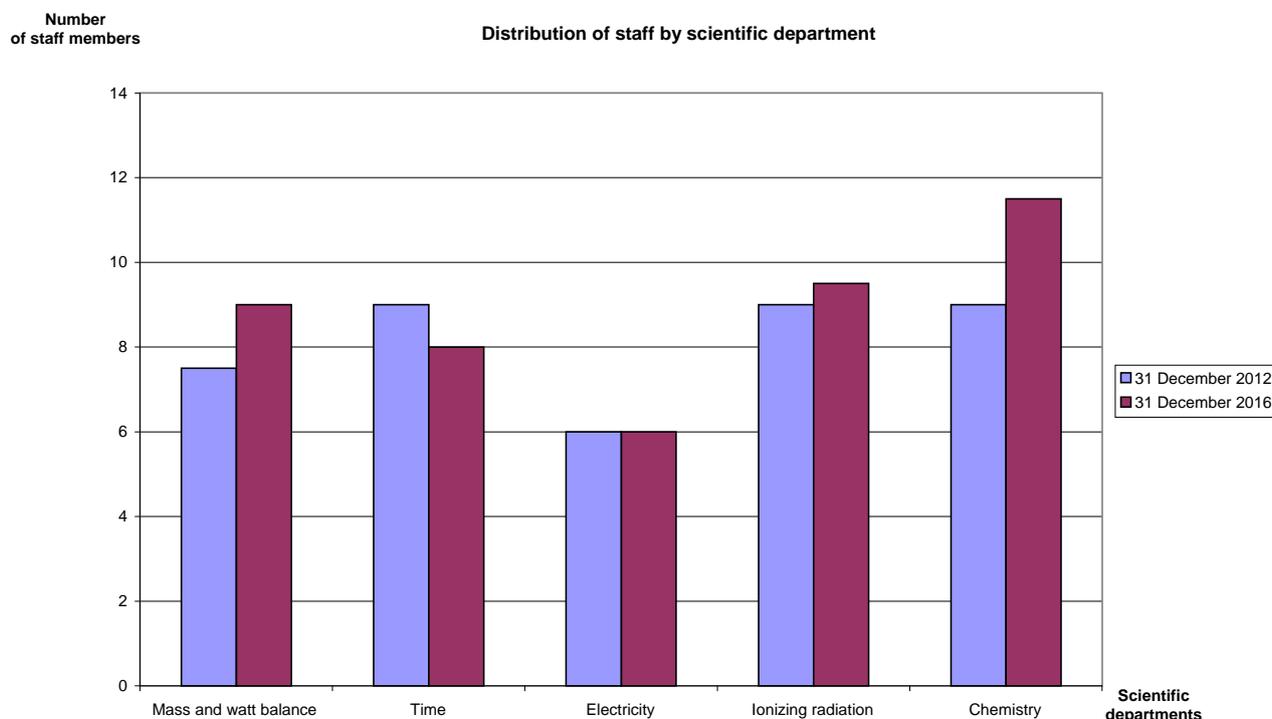
For expansion of activities

- Ionizing Radiation: one technician on a half-time basis to participate in the running of the accelerator facility,
- Chemistry: one scientist and one technician to carry out the large molecule standards for diagnostics and therapeutics programme; one technician on a half-time basis for the international reference facility for greenhouse gases.

	Scientific Staff	Technical Staff	Fixed Term Appointments	Total
Mass and watt balance	1	0.5	0.5	2
Time				
Electricity				
Ionizing Radiation		0.5		0.5
Chemistry	1	1.5		2.5
TOTAL	2	2.5	0.5	5

In total 4.5 new permanent staff will be required, divided between 2 new staff members for continuation of present activities and 2.5 staff members for expansion of activities, together with 0.5 full time equivalent fixed-term appointments.

The distribution of permanent and fixed-term posts in terms of full time equivalence, by scientific department, for 31 December 2012 and 31 December 2016 is shown below:



3.3 Contribution to the Pension Fund

Regular actuarial studies are carried out to ensure that the assets of the BIPM Pension Fund will allow payments of accrued pension rights in the long term. The last actuarial study was launched in 2008 and concluded that, in the absence of any planned corrective action, the assets of the BIPM's Pension Fund would start to decrease significantly as of 2015, and the Fund would become insolvent in 2041.

This actuarial review showed that:

- the number of pensioners would rise from 55 in 2008 to 74 in 2016, with a peak of 79 retirees in 2033, i.e. more retirees than current active staff (71 at the time of the study);
- the capital of the Pension Fund would increase until 2015 and would then start to decrease;
- as of 2041, the assets would not be sufficient to pay the current plus future pensions;
- the actuarial value of the assets was less than the actuarial liabilities of the Pension Fund. There was therefore an actuarial deficiency which had to be addressed.

This financial situation can be explained mainly by an increase in life expectancy of more than 50 % in 25 years and a reduction in the retirement age of staff members from 65 years of age in the 1980s to an average of 62 years of age at present.

In order to address this issue, the CIPM decided, in 2009, to amend the *Regulations and Rules of the BIPM Pension and Provident Fund* to ensure the long term financial health of the Pension Scheme. The main changes decided by the CIPM were the increase of the normal retirement age

(from 60 to 63 for serving staff recruited before 1 January 2010 below 55 years of age, with some transition measures for staff over 45 years old, and to 65 for staff recruited after 1 January 2010), an increase in staff contributions (from 9 % to 10 % of salary) and the reduction in the amount of the retirement pension for staff recruited after 1 January 2010. A number of other amendments were also adopted, reducing significantly the side benefits for staff recruited after 1 January 2010. As a result, the actuarial study showed that, under the present level of support from the Member States, the financial sustainability of the BIPM Pension Fund would be assured until at least the middle of the 21st century.

3.4 Budget for each of the years 2013-2016: expenditure

3.4.1 Recapitulation of expenditure (in thousands of euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Staff expenditure	7 336	7 110	7 176	7 490	29 112
Contribution to the Pension					
Fund	2 552	2 494	2 529	2 632	10 207
General services	1 457	1 601	1 521	1 462	6 041
Laboratory expenditure	1 666	2 447	1 287	1 208	6 608
Buildings	3 002	557	569	580	4 708
Miscellaneous and contingent	85	87	88	90	350
Total (A) ⁸ + (B) ⁹	16 098	14 296	13 170	13 462	57 026

3.4.2 Breakdown of expenditure between expenditure for continuation of present activities and for expansion of activities (in thousands of euros)

3.4.2.1 Recapitulation of expenditure for continuation of present activities (in thousands of euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Operational budget (C) ¹⁰	12 052	11 921	11 992	12 360	48 325
Investment budget (E) ¹¹	1 073	747	831	741	3 392
Total (A)	13 125	12 668	12 823	13 101	51 717

⁸ See 3.4.2.1

⁹ See 3.4.2.2

¹⁰ See 3.4.3.1

¹¹ See 3.4.4

3.4.2.2 Recapitulation of expenditure for expansion of activities (in thousands of euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Operational budget (D) ¹²	381	368	347	361	1 457
Investment budget (E) ¹¹	2 592	1 260			3 852
Total (B)	2 973	1 628	347	361	5 309

3.4.3 Breakdown of operational budget between expenditure for continuation of present activities and for expansion of activities (in thousands of euros)

3.4.3.1 Operational budget for continuation of present activities (in thousands of euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Staff expenditure	7 159	6 931	6 990	7 296	28 376
Contribution to the Pension Fund					
Fund	2 496	2 431	2 463	2 564	9 954
General services	1 409	1 552	1 511	1 451	5 923
Laboratory operating expenditure	646	659	673	687	2 665
Buildings maintenance	257	261	267	272	1 057
Miscellaneous and contingent	85	87	88	90	350
Total operational budget for continuation of present activities (C)	12 052	11 921	11 992	12 360	48 325

3.4.3.2 Operational budget for expansion of activities (in thousands of euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Staff expenditure	177	179	186	194	736
Contribution to the Pension Fund	56	63	66	68	253
General services	48	49	10	11	118
Laboratory operating expenditure	100	77	85	88	350
Total operational budget for expansion of activities (D)	381	368	347	361	1 457

¹² See 3.4.3.2

3.4.4 Investment budget (in thousands of euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Laboratory expenditure					
Equipment for continuation of present activities	783	451	529	433	2 196
Purchase of a linear accelerator (one-off investment)		1 200			1 200
Equipment for expansion of activities	137	60			197
Buildings					
Building infrastructure	290	296	302	308	1 196
Construction of a vault for a linear accelerator (one-off investment)	2 455				2 455
Total investment budget (E)	3 665	2 007	831	741	7 244

3.4.5 Breakdown of general services (in thousands of euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Heating, water, electricity	309	325	341	357	1 332
Insurance	44	45	46	47	182
Publications	96	69	70	71	306
Office expenses	168	171	174	178	691
Travel, transport of equipment	503	473	441	451	1 868
Meetings	126	302	229	134	791
Library	163	167	170	173	673
Bureau of the CIPM	48	49	50	51	198
Total	1 457	1 601	1 521	1 462	6 041

3.4.6 Breakdown of laboratory expenditure (in thousands of euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Mass and watt balance	387	273	277	283	1 220
Time	90	90	92	58	330
Electricity	217	99	101	103	520
Ionizing Radiation	183	1 386	197	202	1 968
Metrology in chemistry	537	342	356	293	1 528
Workshop	77	79	82	84	322
General laboratory and scientific services	175	178	182	185	720
Total	1 666	2 447	1 287	1 208	6 608

3.5 Budget for each of the years 2013-2016: income (in thousands of euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Dotation	12 462	12 711	12 965	13 224	51 362
Subscriptions*	287	292	298	304	1 181
Other income	479	586	494	501	2 060
Total (F)	13 228	13 589	13 757	14 029	54 603

* Only the thirty States and Economies which are Associates of the CGPM as at September 2010 are included.

3.6 Summary of Income and Expenditure (in thousands of euros)

	2013	2014	2015	2016	4 years
Recapitulation of income (F)	13 228	13 589	13 757	14 029	54 603
Recapitulation of expenditure (A)+(B)	16 098	14 296	13 170	13 462	57 026
Budget balance	- 2 870	- 707	587	567	- 2 423

3.7 Estimated cash flow for the years 2013-2016

	2013	2014	2015	2016	4 years
Recapitulation of income (F)	13 228	13 589	13 757	14 029	54 603
Recapitulation of operational budget (C)+(D)	12 433	12 289	12 339	12 721	49 782
Investment budget (E)	3 665	2 007	831	741	7 244
Net Cash flow (G)	- 2 870	- 707	587	567	- 2 423

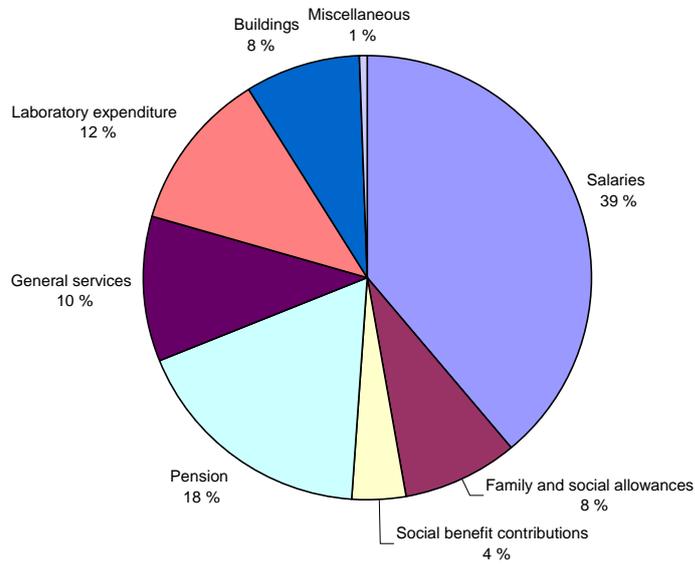
	2013	2014	2015	2016
Estimated cash at the beginning of the period (RF)	7 066	4 196	3 489	4 076
Net cash flow (G)	- 2 870	- 707	587	567
Cash at the end of the period (RF)	4 196	3 489	4 076	4 643

The estimated cash at the beginning of the period is made up of the Reserve Fund (RF) created by the CGPM in 1901 and which is aimed at: covering fluctuations in payments of annual contributions from Member States; supporting the infrastructure of the BIPM; and covering unexpected expenses. It is financed by the entry contribution paid by States acceding to the Metre Convention and by appropriations corresponding to expenditures that have not been committed and which are not carried forward to the budget of the present quadrennium.

The level of the Reserve Fund is regularly considered by the CIPM. Historically this level has fluctuated between 40 % and 150 % of the annual operating budget. The recent improvement of the situation regarding the payment of annual contributions from Member States has allowed a reduction in the level of the Reserve Fund on a temporary basis to below 40 % and thus to provide the appropriate cash to finance both the operational activities and investments and to partly replenish the Reserve Fund during the period 2013-2016.

3.8 Graphical representation of projected expenditure for the years 2013- 2016

Recapitulation of main headings, including breakdown of staff costs



Annex: Summary of the Strategic Plan “Examining options for addressing the needs for dosimetry comparisons and calibrations using a linear accelerator”, 21 May, 2010

According to figures from the World Health Organization, the number of cancer cases doubled globally between 1975 and 2000. The latest figures show that cancer will double again by 2020 and nearly triple by 2030, with projections of 26 million new diagnoses and 17 million deaths annually. The American Cancer Society publishes data for North America on the present-day probability of an individual being diagnosed with cancer, and dying of cancer. Their statistics are stark. For males each person has a lifetime risk of developing cancer of almost 1 in 2, with almost a 1 in 4 chance of dying from the cancer. Risks are slightly lower for women at 1 in 3 and 1 in 5 respectively.

More than half of cancer patients are treated with medical radiation therapy, principally using radiation beam therapy. Although cobalt-60 (^{60}Co) sources will remain important, clinical accelerators are already the instrument of choice for cancer therapy in many countries. As of 2010 there are more than 8 000 installed worldwide with the number increasing steadily. These accelerators operate with accelerating potentials up to 20 MV or even 25 MV, compared with around 4 MV in equivalent terms for ^{60}Co .

By agreement of the world medical physics community in the late 1950s, the BIPM provides and develops dosimetry reference standards in characterized x-ray beams (up to 250 kV), and ^{137}Cs and ^{60}Co photon beams as a comparison and calibration capability disseminated through the National Metrology Institutes and the IAEA to the worldwide medical physics and other radiation communities. Since that time, the BIPM capability has underpinned radiation therapy in hospitals and clinics worldwide. However with the shift in technology from ^{60}Co to high energy linear accelerators, the CGPM at its 23rd meeting in 2007 invited the CIPM to examine and present options for addressing the needs for dosimetry comparisons and calibrations using a linear accelerator to the CGPM at its 24th meeting in 2011.

Such a facility would:

- allow the Member States that operate national high-energy calibration facilities to compare their capabilities and to resolve systematic errors (as the BIPM has already developed a primary standard for accelerator dosimetry);
- provide the remaining forty-four Member States with high-energy characterizations of their national standards, reducing uncertainties associated with extrapolating lower energy calibration data.

It is the view of the IAEA¹³, the ICRU¹⁴, the IOMP¹⁵ and WHO¹⁶ that such a facility is warranted, would result in a clinically relevant reduction in the radiation beam uncertainties for dose delivery to the tumour, and also significantly reduce the probability of errors. All four external bodies have written formal letters supporting the installation and operation of a linear accelerator (LINAC) at the BIPM.

¹³ International Atomic Energy Agency

¹⁴ International Commission on Radiation Units and Measurements

¹⁵ International Organization for Medical Physics

¹⁶ World Health Organization

In the Spring of 2010 a study¹⁷ was undertaken by the BIPM to examine the case and look at the options. This study used the costs of continuing the present service (Option A) as the benchmark and examined the costs of the two identified possible options for providing such a facility:

- Option B examined the feasibility and cost of launching an accelerator energy comparison and calibration capability using an accelerator already installed at an NMI in one of the Member States;
- Option C examined the feasibility and cost of procuring and installing a dedicated accelerator at the BIPM in Sèvres for high-energy comparisons and characterizations of national standards to support all of its Member States.

Option B involved an enquiry to those NMIs with an appropriate accelerator. The best offer received for Option B (from PTB) fell somewhat short of the target specification in both technical terms and available beam time, but was nevertheless considered further. The Option B cost data was also extrapolated to enable the “value for money” of Option C to be tested on a “like for like” basis.

After the study was concluded some further modest cost reductions were identified in time to be included in the May 2010 presentation to NMI Directors, and are also included in the table below.

	Present budget period 2013-2016	Lifetime costs 2013-2028
	k€	k€
Option B – use of PTB LINAC 12 weeks maximum access (24 weeks machine time by working 2 shifts)	1 249	5 715
Option C – availability of machine (28 weeks) at BIPM working single shift – expansion to 40 weeks possible with little cost implication	4 231	5 697*

*Option C costs fall to 4 597 k€ over the period 2013 – 2028 if the vault is amortized over 30 years rather than 15 years.

A further “value for money” test was carried out by extrapolating the actual offer of 12 weeks double-shift (from PTB) for Option B to a comparable minimum 28 weeks single-shift basis used for Option C. This test indicates the costs that would be incurred if PTB had been able to offer the requested machine access (28 weeks). On this “like for like” basis Option B rises to a lifetime cost of over 8 millions euros over the period 2013-2028.

The enquiry to NMIs feeding into Option B:

- failed to identify any NMI able to offer a machine fully meeting the desired technical specification;

¹⁷ Strategic Plan “Examining options for addressing the needs for dosimetry comparisons and calibrations using a linear accelerator” - Draft 21 May, 2010 - available on request, in English only.

- failed to identify an NMI able to offer all the desired machine time availability;
- did identify a possible if not ideal solution (12 weeks of double-shift working at PTB).

The study:

- indicated that the double shift operation involving two 6 week campaigns each year offered by PTB brought a number of operational challenges, particularly limiting flexibility of services to Member States and increasing risk for service delivery due to the highly utilized time access “windows” and the inability to recover from typical problems or delays that occur with top level international calibrations and comparisons;
- indicated that Option C has the greatest flexibility in terms of meeting additional demand which is likely to arise (with little cost implication);
- indicated that between Option B and Option C, the best value for money option in the long run was Option C - establishing a LINAC at the BIPM, particularly if a realistic depreciation period is used for the LINAC building;
- established that Option C involved a significant capital investment in the 2013-2016 period which would be challenging for Member States.

Thus, having examined the options, the BIPM concludes that Option C, to install an appropriate clinical-type accelerator at the BIPM, will best enable the BIPM to continue to provide and develop the most appropriate capability to support Member States in terms of high-energy dosimetry comparisons and characterizations of national dosimetry standards over the next and subsequent programmes. Option C also offers the best value for money for the Member States in the long run.

The proposal by the CIPM is broadly to fund the machine and associated equipment from the Dotation and to fund the vault largely through cash resulting from entry contributions paid by States acceding to the Metre Convention and by appropriations corresponding to expenditures that have not been committed and are not carried forward to the budget of the present quadrennium.

Note

Following the completion of the study, which was presented to the Directors of the NMIs in June 2010, the BIPM received a further outline offer for the use of a LINAC from the NPL in the UK which will be reviewed.



IAEA

Atoms for Peace

الوكالة الدولية للطاقة الذرية

国际原子能机构

International Atomic Energy Agency

Agence internationale de l'énergie atomique

Международное агентство по атомной энергии

Organismo Internacional de Energia Atómica

REÇU

Le 22 MARS 2010

Professor Andrew J. Wallard

Director

Bureau international des poids et
mesures (BIPM)

Pavillon de Breteuil

F-92312 Sèvres Cedex

France

Vienna International Centre, PO Box 100, 1400 Vienna, Austria

Phone: (+43 1) 2600 • Fax: (+43 1) 26007

Email: Official.Mail@iaea.org • Internet: <http://www.iaea.org>

In reply please refer to: 326-E2.01

Dial directly to extension: (+431) 2600-21653

2010-03-19

Dear Professor Wallard,

I am providing this letter in response to your request regarding the BIPM project to establish absorbed dose to water standards for high energy photon and electron beams.

As you are aware, accuracy of patient dose delivery is vital in radiotherapy. Medical physicists working in hospitals and dosimetry laboratories respond to this need with continued efforts to improve the accuracy of the reference dosimetry. The estimation of the relevant uncertainties provided in IAEA Codes of Practice for Dosimetry showed that the largest contribution to the uncertainty during beam calibration of a radiotherapy machine arises from the large number of steps the medical physicist needs to perform for calibration as well as from the use of different physical quantities and correction factors that need to be applied to determine the reference radiation dose rate.

The most recent international dosimetry protocol (TRS-398, published by the IAEA in 2000) aims at reducing the uncertainty in determining absorbed dose to water in radiotherapy beams — the quantity most often used for beam calibration. As is recommended in this international dosimetry protocol, directly measured beam quality energy correction factors at different high energy photon and electron beam qualities are the preferred option for radiotherapy dosimetry. The implementation of these directly measured beam quality energy correction factors can only be possible if Primary Standards Dosimetry Laboratories (PSDLs) are equipped with linear accelerators (LINACs). The number of PSDLs that have LINACs has been increasing since 2000. Consequently, the establishment of international standards in terms of absorbed dose to water for high energy photon and electron beams using a LINAC at the BIPM will enable these national standards to be compared, and calibrations to be provided for national SSDLs in line with the recommendations of the International Dosimetry Protocol. This work would contribute significantly to improved accuracy in radiotherapy dosimetry and thus benefit cancer patients receiving radiotherapy treatment.

Furthermore, the IAEA and its Member States would benefit from the availability of absorbed dose to water standards for high energy photon and electron beams at the BIPM. Firstly, the IAEA will have access to these beams for the quality control of its IAEA/WHO postal TLD service that checks about 500 radiotherapy beams in the world each year. Secondly, the IAEA can facilitate the direct

calibration of its Member States' national dosimetry standards for these high energy beams. Finally, within the framework of IAEA coordinated research projects, the BIPM facilities could be used to support the dosimetry work that would be required for the revision or preparation of international dosimetry protocols.

Yours sincerely,

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'W. Burkart', written in a cursive style.

Werner Burkart
Deputy Director General
Head of the Department of Nuclear Sciences
and Applications



International Commission on Radiation Units and Measurements, Inc.

7910 Woodmont Avenue, Suite 400, Bethesda, Maryland 20814-3095 USA

Voice +1-301-657-2652 Ext. 31 • Fax +1-301-907-8768

<http://www.icru.org> • email: icru@icru.org

OFFICERS

Hans-Georg Menzel, *Chairman*
CERN
Geneva, Switzerland

André Wambersie, *Vice Chairman*
Université Catholique de Louvain
Brussels, Belgium

Dan T L Jones, *Secretary*
iThemba Laboratory for Accelerator
Based Sciences
Somerset West, South Africa

MEMBERS

Peter Dawson
Hammersmith Hospital
London, UK

Paul M DeLuca Jr
University of Wisconsin
Madison, WI, USA

Kunio Doi
University of Chicago
Chicago, IL, USA

Elena Fantuzzi
ENEA, Istituto di Radioprotezione
Rome, Italy

Reinhard A Gahbauer
Ohio State University Medical Center
Columbus, OH, USA

Barry D Michael
Gray Cancer Institute
Oxford, UK

Herwig G Paretzke
GSF Institut für Strahlenschutz
Neuerberg, Germany

Stephen M Seltzer
National Institute of Standards and Technology
Gaithersburg MD, USA

Hideo Tatsuzaki
National Institute of Radiological Sciences
Chiba, Japan

Gordon F Whitmore, *Consultant to Board*
Ontario Cancer Institute
Toronto, Ontario, Canada

HONORARY CHAIRMAN
André Allisy

HONORARY COUNSEL
W. Roger Ney

SCIENTIFIC EDITOR:
JOURNAL OF THE ICRU
Stephen M. Seltzer

MANAGING EDITORS:
ICRU WEBSITE & ICRU NEWS
Reinhard A Gahbauer
Dan T L Jones

HONORARY EDITOR: ICRU NEWS
Heinrich G Ebert

EXECUTIVE SECRETARY
Patricia L. Russell

**ASSISTANT EXECUTIVE
SECRETARY**
Laura J. Atwel

May 17, 2010

Professor Andrew J. Wallard, Director
Bureau International des Poids et Mesures
Pavillon de Breteuil
F-92312 Sèvres cedex
France

Dear Prof. Wallard:

The International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) wishes to express its strong support for the acquisition by the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) of an electron-accelerator facility that will provide appropriate electron and high-energy x-ray beams to facilitate the comparison of national measurement standards for the dosimetry of these beams used in medical therapy. The ICRU has, since its inception in 1925, striven to develop and harmonize (a) quantities and units of ionizing radiation and radioactivity, (b) procedures for the measurement and application of these quantities in clinical radiology and radiobiology, and (c) physical data needed in the application of these procedures to assure uniformity in reporting.

Early efforts of the ICRU focused on defining basic measurable quantities for the new x-ray beams finding increasing use in medical applications. This work involved decades of numerous ICRU-hosted comparisons of instrument-based national measurement standards, leading to better defined quantities, improved measurements, and convergence to an acceptable level of international agreement on measurement standards. During the 1950s, the ICRU decided that the comparison of national standards could be better carried out by the BIPM as an integral part of its program under the Treaty of the Meter. The ICRU petition to the BIPM resulted in the establishment in 1958 of the Comité Consultatif pour les Etalons de Mesure des Rayonnements Ionisants or the Consultative Committee on Standards for the Measurement of Ionizing Radiations (CCEMRI), which was renamed the Consultative Committee on Ionizing Radiation (CCRI) in 1997.



The success over the more than a half-century of the BIPM program in ionizing radiation has been outstanding, greatly facilitating the improvement and harmonization of measurements of ionizing radiation worldwide. This success directly supports and improves the health and safety of a large fraction of the world population (virtually everyone in the more developed nations) who undergo diagnostic x-ray examinations and in some cases radiotherapy. Radiation therapy is used predominantly to treat cancer; more than half (~60 %) of all cancer patients are treated with radiation. According to a 2008 edition of the *World Cancer Report* from the International Agency for Research on Cancer, cancer will become the leading cause of death worldwide this year, 2010. The projected numbers worldwide for 2030 are 20M to 26M new diagnoses and 13M to 17M deaths. As in other technology areas, radiotherapy has developed significantly over the years, progressing from ⁶⁰Co therapy units to the nearly complete reliance on medical electron accelerators, and more recently including other particle (*e.g.*, proton and carbon-ion) accelerators. The number of these accelerators will need to increase significantly over the next 20 years to handle the large projected number of cancer patients.

Delivering the correct dose of radiation to the cancer site, while largely sparing healthy tissue, is vital for successful cancer treatment. The work of the CCRI has been of inestimable value toward this goal. However, the current facilities of the BIPM include only a ⁶⁰Co unit for its work on the crucial measurements of absorbed dose in radiation therapy, while national primary standards laboratories have been moving on to establish national measurement standards directly for the absorbed dose from the medical accelerator beams now used in radiotherapy. The CCRI has worked to address these technical advancements by developing a suitable standard instrument for measurements in the beams produced by these electron accelerators. However, to continue the successes in ionizing radiation metrology that have long underpinned radiation therapy, the BIPM must have a suitable medical accelerator facility with which to refine their in-house standards and expertise, and with which to conduct international comparisons of national measurement standards for radiation therapy.

To do this requires a relatively modest investment by the Member States of the Treaty of the Meter. The BIPM estimates non-recurrent capital costs to be a bit over \$5M and recurrent (staff and maintenance) costs to be less than approximately \$150k/y. Although such a cost is significant compared to the BIPM budget of some \$15M/y, it pales to insignificance compared to a roughly estimated \$5 – \$6 trillion in global expenditures for healthcare in 2010. Assuming that about 10 % of healthcare expenditures is for cancer and that only a fraction (say, one fourth) of that goes directly for radiation therapy, the capital costs of the BIPM accelerator facility represent a scant 0.004 % of the global expenditures for radiation therapy in one year. The total costs over the projected 16-year life of the accelerator then represents less than about 0.0004 % of the global expenditures for radiation therapy for the same period. Because accurate current data on healthcare expenditures are largely unavailable, these estimates could be in error by significant factors; but their order of magnitude can be expected to be reasonably correct. Surely the benefit of an international facility providing this needed radiation dosimetry traceability is justified on the basis of such modest relative cost. Even recognizing the economic and political impediments to funding by national governments, the *pro rata* amounts involved in the BIPM request are trivial on the scale of Member State budgets.

Sincerely,



Hans-Georg Menzel, Chairman
International Commission on Radiation Units and Measurements



<http://www.iomp.org>

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR MEDICAL PHYSICS

Member of the International Union of Physical and Engineering Sciences in Medicine
(Union Member of the International Council for Science)

President

Prof. Dr. Fridtjof Nüsslin
Clinic for Radiotherapy & Rad. Oncology
Klinikum Rechts der Isar der
Technischen Universität München
Ismaninger Str 22
D-81675 Munich, Germany
Tel: +49 (0)89 4140 4517
Tel Mobile: +49 172 7220635
nuesslin@lrz.tum.de

Vice-President

Dr. Kin Yin Cheung
Department of Clinical Oncology
Prince of Wales Hospital
Shatin, Hong Kong, China
Tel: +852 26322110
Fax: +852 26324558
kycheung@ha.org.hk

Secretary-General

Dr. Madan M. Rehani
Ex-Professor of Medical Physics,
Radiation Safety Specialist,
Radiation Protection of Patients Unit,
International Atomic Energy Agency (IAEA),
VIC, PO Box 200, A-1400, Vienna, Austria
Tel.: +43-1-2600-22733,
Fax: +43-1-26007-22733
sg.iomp@gmail.com

Treasurer

Dr Slavik Tabakov, CSci, FHEA, FIPEM
Reader in Medical Physics,
Programme Director for
MSc in Medical Engineering and Physics
Dept. Medical Engineering and Physics
King's College London - School of Medicine
Guy's and St Thomas' Hospital
London SE5 9RS, United Kingdom
tel. & fax +44 (0)20 3299 3536
slavik.tabakov@emerald2.co.uk

Professor A.J. Wallard
Director
BIPM
Pavillon de Breteuil
92312 SEVRES cedex
France

October 13, 2010

Dear Professor Wallard

IOMP Support for the proposal for a BIPM accelerator dosimetry reference facility

The IOMP sent a message to you in 2009 expressing its support of the BIPM in setting up an international reference facility for radiotherapy dosimetry in megavoltage accelerator beams. I am now writing formally to confirm this support and to emphasize that international traceability is crucial for confidence in radiotherapy doses for patients worldwide.

We represent over 18 000 medical physicists working in 80 countries and the majority of these scientists are directly involved in radiotherapy physics of which dosimetry is a vital part. We are particularly concerned that dosimetry in developing countries should be traceable and we rely heavily on the IAEA programs, in particular the IAEA/WHO dosimetry audits, to confirm this.

Unfortunately, the evidence is that the complexity of multistage protocols together with the use of generic energy-correction factors result in differences in dosimetry that border on the unacceptable. The BIPM should be equipped with the necessary international reference to provide direct calibrations in megavoltage beam of national standards for the IAEA and the Member States. This dosimetry would then be transferred directly to the hospitals by their national metrology system. This direct traceability would provide a much more satisfactory solution as it

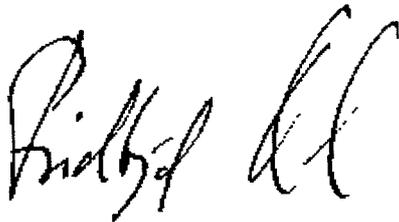
Ian Wolstencroft, CPFA
IOMP Administrative Secretary
Fairmount House, 230, Tadcaster Road, York, YO24 1ES, United Kingdom
Tel: +44 1904 610821
Fax: +44 1904 612279
Email: ian@ipem.ac.uk

would reduce the expanded uncertainties on the final beam calibration data from 3 % to 2 %. This reference beam dosimetry is the basic input to the treatment planning systems and so, perhaps of even more importance, it should reduce the probability for calibration errors in dosimetry.

Reducing uncertainties and errors in this way can only be beneficial to the six million patients that are currently treated using radiation beams each year. Although only a small fraction of this number is as yet treated in the developing countries, with the explosion in the number of cancer cases predicted by the WHO and the IAEA for developing countries over the next 10 years, a shortened, more direct route to the SI gray should enable an additional 400 000 patients each year to have positive outcomes following their treatment with accelerator beams – a significant number I am sure you will agree.

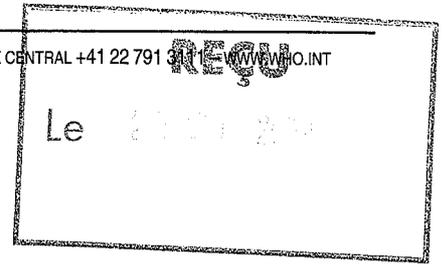
I trust that our arguments will help to convince your Member States of the importance of this future reference facility for all countries around the world and in particular for those in various stages of development to ensure that their patients have an equal opportunity for the correct treatment, wherever in the world they live.

Yours sincerely

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'F. Nüsslin', written in a cursive style.

Professor F. Nüsslin
President

Ian Wolstencroft, CPFA
IOMP Administrative Secretary
Fairmount House, 230, Tadcaster Road, York, YO24 1ES, United Kingdom
Tel: +44 1904 610821
Fax: +44 1904 612279
Email: ian@ipem.ac.uk



Tel. direct: +41 22 791 4387
Fax direct: +41 22 791 4836
E-mail : groths@who.int

In reply please
refer to: EHT-DIM-SG/gbi

Your reference:

Dr A.J. Wallard
Director
BIPM
Pavillon de Breteuil
12 bis Grande Rue
F-92310 Sèvres
France

24 September 2009

Dear Dr Wallard,

Having been made aware of the suggestion of the secretariat of the BIPM to extend the dosimetry standards to megavoltage photon and electron beams as are now used in clinical radiotherapy throughout the world, WHO wishes to take the opportunity to welcome this suggestion. SI traceability is fundamental to the quality services offered under the SSDL network and the TLD programme run jointly between IAEA and WHO.

The IAEA/WHO Network of Secondary Standards Dosimetry Laboratories (SSDL Network) was established in 1976 as a joint project between IAEA and WHO. At present, it includes 80 laboratories and 6 SSDL national organizations in 67 Member States, of which over half are developing countries.

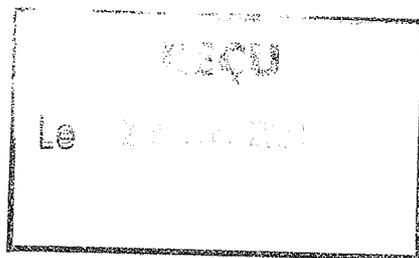
The SSDL network also includes 15 affiliated members (Primary Standard Dosimetry Laboratories, PSDLs) and 5 collaborating organizations; these supply support to the Network.

The SSDL project has the responsibility to verify that the services provided by the national laboratories follow internationally accepted metrological standards, including also the traceability for radiation protection instruments. IAEA's support is accomplished first with the transmission of calibration factors for ionization chambers from the BIPM or PSDLs through the IAEA's Dosimetry Laboratory.

For more than 30 years, the IAEA's dosimetry programme has operated a service to validate the calibration of radiation beams in developing Member States using the IAEA/WHO TLD postal dose quality audits. Originally the TLD (thermoluminescent dosimetry) service was developed for Co-60 therapy units, and since 1991 it provides audits of high-energy photon beams produced in clinical accelerators. The TLD service also monitors activities of SSDLs in radiotherapy since 1981, and it has recently been extended to auditing radiation protection standardization in SSDLs.

.../2

Dr A.J. Wallard
Sèvres



24 September 2009

EHT-DIM-SG/gbi

In both programmes, for hospitals and for SSDLs, small TL dosimeters are distributed by mail to the participants for irradiation and upon their return, they are read in the IAEA's Dosimetry Laboratory. The TLD dose is calculated in the DMRP Section and is compared to the dose stated by the participant. The interpretation of individual TLD results involves also detailed analysis of the dosimetry procedures reported by the participants. When discrepancies occur, a follow-up action is organized to resolve the problems and correct dosimetry at the participating institutions.

The aim of QA audits in dosimetry for SSDLs is to check the implementation of the dosimetry code of practice in order to assure proper dissemination of dosimetry standards to the end users, such as radiotherapy hospitals and radiation protection institutions. In the two parallel TLD audit programmes for the SSDLs, for radiotherapy dosimetry (Co-60 and high-energy photon beams) and for radiation protection dosimetry (Cs-137 irradiators), the dose levels differ 1000 times. The service is provided in two irradiation runs per year, each run involving 30 SSDLs active in radiotherapy dosimetry and 15 SSDLs active in radiation protection dosimetry. Due to the IAEA/WHO TLD programme high quality of dosimetry practices is assured in the SSDLs.

For these two services, the SSDL network and the TLD programme, WHO is directly dependent upon the quality of the work carried out by BIPM. The suggestion to extend the facilities at the BIPM to include megavoltage dosimetry is thus emphatically supported. Megavoltage dosimetry would assure the worldwide dissemination and SI traceability of absorbed dose to water in high-energy beams, a quantity that is essential for the correct delivery of radiotherapy prescriptions, a vital component of cancer treatment.

Yours sincerely,

Dr Steffen Groth
Director
Essential Health Technologies

Activities (A) proposed for support

Mass Department

- M-A1 Establish and maintain a fully operational watt balance
- M-A2 Pilot a watt balance key comparison
- M-A3 Establish and maintain the appropriate average value of the ensemble of new mass standards
- M-A4 Maintain mass artefact dissemination facilities
- M-A5 Maintain measurement capabilities
- M-A6 Maintain internal calibration services
- M-A7 Complete the humidity calibration facility
- M-A8 Maintain coordination activities

Time Department

- T-A1 Frequency stability and accuracy of TAI
- T-A2 Publication of the values of $[UTC - UTC(k)]$
- T-A3 Underpinning of the accuracy of time links through characterization of delays in GNSS equipment in laboratories
- T-A4 Coordination activities
- T-A5 Secondary representations of the second
- T-A6 Internal Services

Electricity Department

- E-A1 International comparisons of primary standards for voltage, resistance and capacitance and related calibrations
- E-A2 Development of an ac voltage standard for international comparisons
- E-A3 Development of an impedance standard for an improved measurement of the von Klitzing constant
- E-A4 Watt balance support
- E-A5 Coordination activities

Ionizing Radiation Department

- RI-A1 Dosimetry
- RI-A2 Radionuclides
- RI-A3 Coordination activities

Chemistry Department

- C-A1 International equivalence of gas standards for air quality and climate change monitoring
- C-A2 International equivalence of organic primary calibrators for clinical chemistry and laboratory medicine, food analysis, environmental analysis, forensics and pharmacy
- C-A3 Support of CCQM and JCTLM and international liaison activities for Metrology in Chemistry and the Biosciences

International Coordination and Liaison

- IL-A1 Coordinating and supporting the work of the ten Consultative Committees (CCs) created by the CIPM
- IL-A2 Organizing and supporting Workshops and Summer schools
- IL-A3 Support for the CIPM MRA
- IL-A4 Cooperation with intergovernmental organizations and international bodies
- IL-A5 Outreach
- IL-A6 Developing new opportunities

Liste des sigles utilisés dans le présent volume

List of acronyms used in the present volume

ACES	Atomic Clock Ensemble in Space
ADN	Acide désoxyribonucléique
ADWG	CCRI Accelerator Dosimetry Working Group
AFRIMETS	Système intra-africain de métrologie/Intra-Africa Metrology System
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
AIG	Association internationale de géodésie
AIST	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (Japon/Japan)
AMA	Agence mondiale antidopage
ANM	Agence nationale de métrologie (Tunisie/Tunisia)
APEC	Asia-Pacific Economic Cooperation
APMP	Asia-Pacific Metrology Programme
AQSIQ	General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China (Chine/China)
ARN	Acide ribonucléique
AsB	Arsenobétaine/Arsenobetaine
AST	Aspartate aminotransférase/Aspartate aminotransferase
AUV	Acoustics, Ultrasound and Vibration
BAM	Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung (Allemagne/Germany)
BAWG	CCQM Working Group on Bioanalysis
BBUG	Blackbody Users Group
BelGIM	Belarussian State Institute of Metrology (Biélorus/Belarus)
BEV	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Autriche/Austria)
BIM	Bulgarian Institute of Metrology (Bulgarie/Bulgaria)
BIML	Bureau international de métrologie légale/International Bureau of Legal Metrology
BIPM	Bureau international des poids et mesures/International Bureau of Weights and Measures
BKG	Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (Allemagne/Germany)
BMC	Meilleure aptitude de mesure/Best Measurement Capability
BMM	Bureau of Metrology (Monténégro/Montenegro)
BMWFJ	Bundesministerium für Wirtschaft, Familie und Jugend (Autriche/Austria)

BqWG	CCRI Working Group on the Realization of the Becquerel
BRML	Romanian Bureau of Legal Metrology (Roumanie/Romania)
BSMI	Bureau of Standards, Metrology and Inspection (Taipei chinois/Chinese Taipei)
BSWG	CCRI Brachytherapy Standards Working Group
CARICOM	Communauté des Caraïbes/Caribbean Community
CASCO	Comité de l'ISO pour l'évaluation de la conformité/ISO Committee on conformity assessment
CC	Consultative Committee of the CIPM
CCAUV	Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations/Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration
CCEM	Comité consultatif d'électricité et magnétisme/Consultative Committee for Electricity and Magnetism
CCL	Comité consultatif des longueurs/Consultative Committee for Length
CCL	Central Calibration Laboratory of the WMO
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées/Consultative Committee for Mass and Related Quantities
CCNUCC	Convention cadre des Nations Unies sur les changements climatiques
CCPR	Comité consultatif de photométrie et radiométrie/Consultative Committee for Photometry and Radiometry
CCQM	Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie/ Consultative Committee for Amount of Substance : Metrology in chemistry
CCRI	Comité consultatif des rayonnements ionisants/Consultative Committee for Ionizing Radiation
CCT	Comité consultatif de thermométrie/Consultative Committee for Thermometry
CCTF	Comité consultatif du temps et des fréquences/Consultative Committee for Time and Frequency
CCU	Comité consultatif des unités/Consultative Committee for Units
CDC	US Centers for Disease Control and Prevention
CEDEAO	Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest
CEI	Commission électrotechnique internationale
CEM	Centro Español de Metrología (Espagne/Spain)
CENAM	Centro Nacional de Metrología (Mexique/Mexico)
CFU	Colony forming unit
CGPM	Conférence générale des poids et mesures/General Conference on Weights and Measures
CIE	Commission internationale de l'éclairage/International Commission on Illumination
CIF	Capital investment fund

CIML	Comité international de métrologie légale/International Committee of Legal Metrology
CIPM	Comité international des poids et mesures/International Committee for Weights and Measures
CIPM MRA	Arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie/Mutual Recognition Arrangement of National Measurement Standards and of Calibration and Measurement Certificates issued by National Metrology Institutes
CITAC	Cooperation on International Traceability in Analytical Chemistry
CK	Créatine kinase/Creatine kinase
CMC	Aptitude en matière de mesures et d'étalonnages/Calibration and Measurement Capability
CMI	Český Metrologický Institut/Czech Metrological Institute (République tchèque/Czech Republic)
CMM	Machine à mesurer les coordonnées/Coordinate Measuring Machine
CMS	Center for Measurement Standards (Taipei chinois/Chinese Taipei)
CNAM	Conservatoire national des arts et métiers (France)
CNEA	Comisión Nacional de Energía Atómica (Argentine/Argentina)
CNES	Centre national d'études spatiales (France)
CNRC-IÉNM	Conseil national de recherches Canada, Institut des étalons nationaux de mesure (Canada)
CODATA	Committee on Data for Science and Technology
Codex Alimentarius	Commission du Programme mixte de la FAO et de l'OMS sur les normes alimentaires/Commission under the Joint FAO/WHO Food Standards Programme
COOMET	Coopération métrologique entre les États d'Europe centrale (Euro-Asian Cooperation of National Metrological Institutions)
CRDS	Cavity Ring Down Spectroscopy
CRM	Certified Reference Material
DFM	Danish Fundamental Metrology (Danemark/Denmark)
DG	Discussion Group
DI	Designated Institute
DMDM	Directorate of Measures and Precious Metals (Serbie/Serbia)
DNA	Deoxyribonucleic acid
DPM	General Directorate of Metrology and Calibration (Albanie/Albania)
DUT	Device under test
EAL	Échelle Atomique Libre/Free Atomic Time Scale

EAWG	CCQM Working Group on Electrochemical Analysis
ECOWAS	Economic Community of West African States
EDQM	European Directorate for the Quality of Medicines and Healthcare
EETWG	CCQM <i>ad hoc</i> Working Group on Efficient and Effective Testing
EGNOS	European Geostationary Navigation Overlay Service
EIT-90	Échelle internationale de température de 1990
EMRP	Programme de recherche européen sur la métrologie/European Metrology Research Programme
ENEA-INMRI	Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti (Italie/Italy)
ENFSI	European Network of Forensic Science Institutes
EPBT-2000	Échelle provisoire pour les basses températures de 2000
EPMA	Microanalyse par sonde électronique/Electron probe micro-analysis
ESWG	CCRI Working Group on the extension of the SIR to β -emitters using liquid scintillation
EURAMET	European Association of National Metrology Institutes
FAME	Fatty acid methyl esters
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture/Food and Agriculture Organization of the United Nations
FAQs	Frequently asked questions
FDA	Food and Drug Administration (États-Unis d'Amérique/United States of America)
FTIR	Spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier/Fourier Transform Infrared Spectroscopy
GaAs	Gallium Arsenide
GAW	WMO Global Atmosphere Watch programme
GAWG	CCQM Working Group on Gas Analysis
GCOS	Global Climate Observing System
GGT	Gamma glutamyl transpeptidase
GHTF	Global Harmonization Task Force
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GLF	Global Lighting Forum
GLHK	Government of the Hong Kong Special Administrative Region of the People's Republic of China Government Laboratory (Hong Kong (Chine)/Hong Kong (China))
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GMO	Genetically Modified Organism

GNSS	Global Navigation Satellite System
GPS	Global Positioning System
GPS PPP	GPS Precise Point Positioning
GT-RF	CCEM Working Group on Radiofrequency Quantities
GUM	Główny Urząd Miar/Central Office of Measures (Pologne/Poland)
GUM	Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure/Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
HDR	High dose rate
HEWG	CCRI Working Group on High-efficiency photon detection systems
HMI	Croatian Metrology Institute (Croatie/Croatia)
HRC	Échelle de dureté de Rockwell C
HSA	Health Sciences Authority (Singapour/Singapore)
HTFP	High Temperature Fixed Points
IAC	Collaboration internationale sur la constante d'Avogadro/International Avogadro Coordination
IAEA	International Atomic Energy Agency
IAG	International Association of Geodesy
IALD	International Association of Lighting Designers
IAPWS	International Association for the Properties of Water and Steam
IAU	International Astronomical Union
IAWG	CCQM Working Group on Inorganic Analysis
ICAG	Comparaison internationale de gravimètres absolus/International Comparison of Absolute Gravimeters
ICG	Comité international sur les systèmes mondiaux de navigation par satellite/International Committee on GNSS
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
ICTNS	IUPAC Interdivisional Committee on Terminology, Nomenclature and Symbols
IDA	International Dark-Sky Association
IDF	International Dairy Federation
IEC	International Electrotechnical Commission
IERS	Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence/International Earth Rotation and Reference Systems Service
IFCC	Fédération internationale de chimie clinique et médecine de laboratoire/ International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
IGO	Intergovernmental Organization
IGS	Service international GNSS/International GNSS Service

ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
ILOAT	International Labour Organization Administrative Tribunal
IMRT	Radiothérapie avec modulation d'intensité/Intensity-modulated radiotherapy
INM	Institutul National de Metrologie (Roumanie/Romania)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Brésil/Brazil)
INPL	National Physical Laboratory of Israel (Israël/Israel)
INRIM	Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (Italie/Italy)
INTA	Instituto Nacional de Tecnica Aeroespacial (Espagne/Spain)
INTI	Instituto Nacional de Tecnología Industrial (Argentine/Argentina)
IOMP	International Organization for Medical Physics
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPK	International Prototype of the Kilogram
IPQ	Instituto Português da Qualidade (Portugal)
IRA	Institut de radiophysique/Institute of Radiation Physics (Suisse/Switzerland)
IRMM	Institut des matériaux et mesures de référence, Commission européenne/Institute for Reference Materials and Measurements, European Commission
ISHM	International Symposium on Humidity and Moisture
ISO	Organisation internationale de normalisation/International Organization for Standardization
ISO CASCO	Comité pour l'évaluation de la conformité de l'ISO/ISO Committee on Conformity Assessment
ISO REMCO	Comité pour les matériaux de référence de l'ISO/ISO Committee on Reference Materials
ITRS	Système international de référence terrestre/International Terrestrial Reference System
ITS-90	International Temperature Scale of 1990
ITU	International Telecommunication Union
ITU-R	International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector
IU	International Unit
IUGG	International Union of Geodesy and Geophysics
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
IUPAP	International Union of Pure and Applied Physics
IVD	<i>in vitro</i> Diagnostic

JCDCMAS	Comité commun pour la coordination de l'assistance aux pays en voie de développement dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation/Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization
JCGM	Comité commun pour les guides en métrologie/Joint Committee for Guides in Metrology
JCRB	Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM/ Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM
JCTLM	Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire/Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine
JILA	Laboratoire commun au NIST et à l'université du Colorado/Joint institute of NIST and the University of Colorado (États-Unis d'Amérique/United States of America)
JV	Justervesenet/Norwegian Metrology Service (Norvège/Norway)
JWG	Joint Working Group
JWGFS	Joint CCL-CCTF Frequency Standards Working Group
KC	Key Comparison
KCDB	Base de données du BIPM sur les comparaisons clés/BIPM Key Comparison Database
KCRV	Valeur de référence d'une comparaison clé/Key Comparison Reference Value
KCRVWG	CCQM <i>ad hoc</i> Working Group on the calculation of the Key Comparison Reference Value
KCWG	Working Group on Key Comparisons
KEBS	Kenya Bureau of Standards (Kenya)
KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science (République de Corée/Republic of Korea)
LATU	Laboratorio Tecnológico del Uruguay (Uruguay)
LGC	LGC, <i>formerly</i> Laboratory of the Government Chemist (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord/United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland)
LINAC	Accélérateur linéaire/Linear accelerator
LISA	Laser Interferometer Space Antenna
LNE	Laboratoire national de métrologie et d'essais (France)
LNE-CETIAT	Laboratoire national de métrologie et d'essais, Centre technique des industries aéronautiques et thermiques (France)
LNE-INM	Laboratoire national de métrologie et d'essais, Institut national de métrologie (France)
LUCI	Lighting Urban Community International
MeP-K	<i>mise en pratique</i> for the definition of the kelvin

METAS	Institut fédéral de métrologie/Federal Institute of Metrology (Suisse/Switzerland)
METI	Ministry of Economy, Trade and Industry (Japon/Japan)
MIKES	Mittatekniikan Keskus/Centre for Metrology and Accreditation (Finlande/Finland)
MIRS	Metrology Institute of the Republic of Slovenia (Slovénie/Slovenia)
MKEH	Hungarian Trade Licensing Office (Hongrie/Hungary)
MMM	Measurement methods matrix
MoU	Memorandum of Understanding
MPA	Hannover Materialprüfanstalt für Werkstoffe und Produktionstechnik (Allemagne/Germany)
MRA	Mutual Recognition Arrangement
MSL	Measurement Standards Laboratory of New Zealand (Nouvelle-Zélande/New Zealand)
NAA	Neutron Activation Analysis
NEWRAD	Conference on New Developments and Applications in Optical Radiometry
NIBSC	UK National Institute for Biological Standards and Control
NIM	National Institute of Metrology (Chine/China)
NIMT	National Institute of Metrology (Thaïlande/Thailand)
NIS	National Institute of Standards (Égypte/Egypt)
NIST	National Institute of Standards and Technology (États-Unis d'Amérique/United States of America)
NMC, A*STAR	National Metrology Centre of the Agency for Science, Technology and Research (Singapour/Singapore)
NMCC	National Measurement and Calibration Center (Arabie saoudite/Saudi Arabia)
NMI	National Metrology Institute
NMIA	National Measurement Institute, Australia (Australie/Australia)
NMIJ	National Metrology Institute of Japan (Japon/Japan)
NMISA	National Metrology Institute of South Africa (Afrique du Sud/South Africa)
NMO	National Measurement Office (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord/United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration (États-Unis d'Amérique/United States of America)
NOx	Nitrogen oxides
NPL	National Physical Laboratory (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord/United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland)
NPLI	National Physical Laboratory of India (Inde/India)

NRC-INMS	National Research Council Canada, Institute for National Measurement Standards (Canada)
OAWG	CCQM Working Group on Organic Analysis
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OECD	Organisation for Economic Co-operation and Development
OIML	Organisation internationale de métrologie légale/ International Organization of Legal Metrology
OMC	Organisation mondiale du commerce
OMM	Organisation météorologique mondiale
OMS	Organisation mondiale de la santé
ONU DI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
PAH	Hydrocarbures aromatiques polycycliques/Polycyclic aromatic hydrocarbons
PCB	Polychloro-biphényles/Polychlorinated biphenyls
PCR	Polymerase chain reaction
PET	Tomographie par émission de positons/Positron emission tomography
PLDA	Professional Lighting Designers' Association
PLTS-2000	Provisional Low Temperature Scale of 2000
PR	Photometry and Radiometry
PS	Pilot study
PSA	Antigène spécifique à la prostate/Prostate-specific antigen
PSDL	Primary Standard Dosimetry Laboratory
PT	Proficiency testing
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Allemagne/Germany)
QHR	Quantum Hall Resistance
QMS	Quality Management System
RNA	Ribonucleic acid
RMO	Organisation régionale de métrologie/Regional Metrology Organization
RRI	Regulations, Rules and Instructions
SADCMET	Southern African Development Community Cooperation in Measurement Traceability
SASO	Saudi Standards, Metrology and Quality Organization (Arabie saoudite/Saudi Arabia)
SAWG	CCQM Working Group on Surface Analysis
SCL	Government of the Hong Kong Special Administrative Region Standards and Calibration Laboratory (Hong Kong (Chine)/Hong Kong (China))
SGCAG	Study Group 2.1.1 of International Association of Geodesy

SI	Système international d'unités/International System of Units
SIE	Sum of individual estimates
SIM	Système interaméricain de métrologie/Sistema Interamericano de Metrología
SIR	Système international de référence/International Reference System
SIRDC	Scientific and Industrial Research and Development Center (Zimbabwe)
SIRTI	Instrument de transfert du SIR/SIR Transfer Instrument
SMB	Bureau de gestion de la normalisation de la CEI/IEC Standardization Management Board
SME	Small and medium size enterprises
SMU	Slovenský Metrologický Ústav/Slovak Institute of Metrology (Slovaquie/Slovakia)
SP	SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut/SP Technical Research Institute of Sweden (Suède/Sweden)
SPRT	Thermomètre à résistance de platine étalon/Standard Platinum Resistance Thermometer
SRI	Statut, Règlement et Instructions applicables aux membres du personnel du BIPM
SSDL	Laboratoires secondaires d'étalonnages en dosimétrie de l'AIEA/Secondary Standards Dosimetry Laboratories of the IAEA
sWG-CMC	CCL sub-group on CMCs and the DimVIM
sWG-KC	CCL sub-group on key comparisons
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
SYRTE	Systèmes de Référence Temps Espace (France)
TAI	Temps atomique international/International Atomic Time
TAOIT	Tribunal administratif de l'Organisation internationale du travail
TCFF	CCM Technical Committee for Fluid Flow
TCM	CCM Technical Committee for Mass and Related Quantities
TEMPMEKO	International Symposium on Temperature and Thermal Measurements in Industry and Science
TG	Task Group
TG-L	CCL Task Group on KC Linking
TG-MeP-K	CCT Task Group for the <i>mise en pratique</i> for the definition of the kelvin
TG-SI	CCT Task Group on the SI
TIWG	CCRI Transfer Instrument Working Group
TLD	Thermoluminescent dosimeter
TMB	Bureau de gestion technique de l'ISO/ISO Technical Management Bureau
ToR	Terms of reference
TPW	Triple Point of Water

TT	Temps terrestre/Terrestrial Time
TWSTFT	Comparaison de temps et de fréquence par aller et retour sur satellite/Two-way Satellite Time and Frequency Transfer
UAI	Union astronomique internationale
UCWG	CCRI Uncertainties Working Group
UGGI	Union géodésique et géophysique internationale
UI	Unité internationale
UIT	Union internationale des radiocommunications
UIT-R	Union internationale des radiocommunications, secteur Radiocommunications
UME	Tübitak Ulusal Metroloji Enstitüsü/National Metrology Institute (Turquie/Turkey)
UN	United Nations
UNFCCC	United Nations Framework Convention on Climate Change
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
USNC	U.S. National Committee of the International Electrotechnical Commission (États-Unis d'Amérique/United States of America)
USNO	U.S. Naval Observatory (États-Unis d'Amérique/United States of America)
USP	United States Pharmacopeia (États-Unis d'Amérique/United States of America)
UTC	Temps universel coordonné/Coordinated Universal Time
UV	Ultraviolet
UVOx	Oxydation par l'ozone et lumière ultraviolette/Ultraviolet Ozone Oxidation
VAMAS	Versailles Project on Advanced Materials and Standards
VIM	Vocabulaire international de métrologie – Concepts généraux et fondamentaux et termes associés/International Vocabulary of Metrology – Basic and General Concepts and Associated Terms
VMI-STAMEQ	Vietnam Metrology Institute, Directorate for Standards, Metrology and Quality (Viet Nam)
VNIIFTRI	All-Russian Research Institute for Physical, Technical and Radiophysical Measurements, Gosstandart (Fédération de Russie/Russian Federation)
VNIIM	Institut de métrologie D.I. Mendéléev/D.I. Mendeleev Institute for Metrology (Fédération de Russie/Russian Federation)
VNIOFI	Institut des mesures en optique physique, Gosstandart (Fédération de Russie/Russian Federation)
VOC	Volatile organic compound
VSL	Dutch Metrology Institute (Pays-Bas/the Netherlands)
WADA	World Anti-Doping Agency
WCC3	World Climate Conference 3

WG	Working Group
WGAC	CCM Working Group on the Avogadro Constant
WGacQHR	CCEM Working Group on ac Quantum Hall Resistance
WGATFT	CCTF Working Group on Coordination of the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques
WGCMC	Working Group on Calibration and Measurement Capabilities
WGD	CCM Working Group on Density
WGDM	CCL Working Group on Dimensional Metrology
WGF	CCM Working Group on Force
WGFF	CCM Working Group on Fluid Flow
WGFS	CCL-CCTF Frequency Standards Working Group
WGG	CCM Working Group on Gravimetry
WGH	CCM Working Group on Hardness
WGHP	CCM Working Group on High Pressures
WG-KC	Working Group on Key Comparisons
WGkg	CCEM Working Group on Electrical Methods to Monitor the Stability of the Kilogram
WGLF	CCEM Working Group on Low-Frequency Quantities
WGLP	CCM Working Group on Low Pressure
WGM	CCM Working Group on Mass Standards
WG-MRA	CCL Working Group on the CIPM MRA
WGMRA	CCTF Working Group on the CIPM MRA
WG-N	CCL Working Group on Dimensional Nanometrology
WGRMO	CCEM Working Group for Regional Metrology Organization Coordination
WG-S	CCL Working Group on Strategic Planning
WGSi	CCEM Working Group on Proposed Modifications to the SI
WGSikg	CCM Working Group on Changes to the SI kilogram
WGSP	Working Group on Strategic Planning
WGTAI	CCTF Working Group on International Atomic Time
WGTWTFT	CCTF Working Group on Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer
WGV	CCM Working Group on Viscosity
WHO	World Health Organization
WMO	World Meteorological Organization
WP	Work Package
WTO	World Trade Organization

XML	Extensible mark-up language
XPS	x-ray photoelectron spectroscopy
XRCD	x-ray crystal density

Inprimerie Centrale
15, rue du Commerce
L-1351 Luxembourg
ISBN 978-92-822-2250-8
ISSN 1016-5893
Achévé d'imprimer : mars 2013
Imprimé au Luxembourg