

**Comptes rendus de la
23^e réunion de la
Conférence générale
des poids et mesures
(novembre 2007)**

English version

**Proceedings of the
23rd meeting of the
General Conference
on Weights and Measures
(November 2007)**

Bureau International des Poids et Mesures

Conférence générale des poids et mesures

23^e réunion (12-16 novembre 2007)

Note sur l'utilisation du texte anglais (voir page 292)

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

The proceedings of the General Conference 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-13 978-92-822-2236-2

Table des matières

Liste des délégués et des invités 9

Comptes rendus des séances, 12-16 novembre 2007 21

Ordre du jour 22

- 1 Ouverture de la réunion 23
- 2 Discours du représentant de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères et européennes de la République française 23
- 3 Réponse de M. le Président du Comité international des poids et mesures 24
- 4 Discours de M. le Président de l'Académie des sciences de Paris, président de la 23^e réunion de la Conférence générale 24
- 5 Nomination du secrétaire de la Conférence générale 26
- 6 Présentation des titres accréditant les délégués 27
- 7 Établissement de la liste des délégués ayant pouvoir de voter 27
- 8 Approbation de l'ordre du jour 29
- 9 Rapport de M. le Président du Comité international sur les travaux accomplis depuis la 22^e réunion de la Conférence générale (octobre 2003 – novembre 2007) 29
 - 9.1 Introduction 29
 - 9.2 Mise en œuvre des Résolutions approuvées par la Conférence générale lors de sa 22^e réunion 30
 - 9.3 Collaboration avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux 32
 - 9.4 Catégorie de Correspondant du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie : promotion des activités entreprises sous l'égide de la Convention du Mètre 34
 - 9.5 Le Système international d'unités, SI 35
 - 9.6 Contributions arriérées des États Membres 36
 - 9.7 Le CIPM 36
 - 9.8 L'Arrangement du CIPM 38
 - 9.9 Comités consultatifs 39
 - 9.10 Comités communs 41
 - 9.11 Activités des sections scientifiques du BIPM 42
- 10 Relations avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux 47

- 10.1 Rapports sur les relations avec l'AIEA, la CEI, l'ILAC, l'ISO, l'OIML et l'OMM **47**
- 10.2 Projet de résolution A « Initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation au niveau national » **56**
- 11 Projet de résolution B, Rapport du Comité international sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures (Rapport Kaarls) **56**
- 12 Programme de travail du BIPM et implications financières **57**
- 13 Désignation des membres du groupe de travail sur la dotation du BIPM **59**
- 14 Rapport sur la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle **60**
- 15 Rapport sur les questions relatives aux Associés à la Conférence générale **61**
 - 15.1 Sur l'incitation des États associés à la Conférence générale à devenir des États Membres **62**
 - 15.2 Sur l'acceptation des Entités économiques comme Associés à la Conférence générale **62**
- 16 Proposition de créer une catégorie de Correspondant du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie **63**
- 17 Contributions arriérées des États Membres **65**
- 18 Rapports des présidents des Comités consultatifs **67**
 - 18.1 Comité consultatif des longueurs **67**
 - 18.2 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées **76**
 - 18.3 Comité consultatif du temps et des fréquences **87**
 - 18.4 Comité consultatif d'électricité et magnétisme **92**
 - 18.5 Comité consultatif de thermométrie **99**
 - 18.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie **106**
 - 18.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants **115**
 - 18.8 Comité consultatif pour la quantité de matière **119**
 - 18.9 Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations **136**
 - 18.10 Comité consultatif des unités **143**
- 19 Rapport du Groupe de travail sur la dotation du BIPM **154**
- 20 Propositions des délégués **157**
- 21 Renouvellement par moitié du Comité international **157**
- 22 Vote des Résolutions **157**
- 23 Questions diverses **159**
- 24 Clôture de la 23^e réunion de la CGPM **159**

Résolutions adoptées par la Conférence générale lors de sa 23^e réunion 2007 161

Initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation au niveau national (Résolution 1) **162**

Au sujet du rapport du Comité international à la Conférence générale sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures (BIPM) (Résolution 2) **162**

Dotation du Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour les années 2009 à 2012 (Résolution 3) **164**

Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international des poids et mesures (CIPM) et des autres arrangements connexes pour le commerce (Résolution 4) **166**

Sur les États associés à la Conférence générale (Résolution 5) **167**

Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale (Résolution 6) **167**

Sur l'importance de promouvoir les activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre afin d'encourager davantage d'États à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir Associés à la Conférence générale (Résolution 7) **168**

Sur les contributions arriérées des États membres (Résolution 8) **170**

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 9) **171**

Sur la clarification de la définition du kelvin, unité de température thermodynamique (Résolution 10) **172**

Sur l'importance des mesures traçables au Système international d'unités (SI) pour l'observation du changement climatique (Résolution 11) **173**

Sur l'éventuelle redéfinition de certaines unités de base du Système international d'unités (SI) (Résolution 12) **174**

Annexe A. Convocation de la 23^e réunion de la Conférence générale 177**Annexe B. Programme de travail et budget du Bureau International des poids et mesures pour les quatre années 2009 à 2012 215****Liste des sigles utilisés dans le présent volume 533**

Liste des délégués et des invités à la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures

Réunie à Paris en novembre 2007 sous la présidence de
M. Jules Hoffmann
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. (Les noms des membres du Comité international des poids et mesures sont suivis d'un astérisque.)

Afrique du Sud

M. W. Louw, directeur, National Metrology Institute of South Africa (NMISA), Pretoria.
M. F. Hengstberger*, directeur de la métrologie internationale et régionale, NMISA.
M. D. Masuku, directeur régional et Afrique, NMISA.
M. M. Streak, représentant de SADC MET au JCRB, NMISA.
M. D. Mogano, secrétaire, ambassade d'Afrique du Sud, Paris.

Allemagne

M. R. Jäkel, directeur, ministère fédéral de l'Économie et de la Technologie, Berlin.
M. E.O. Göbel*, président, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig.
M. M. Kühne, membre du directoire, PTB.
Mme H. Ebeling, directrice du service des Affaires scientifiques et technologiques, ambassade d'Allemagne, Paris.

Argentine

M. J. Valdés*, directeur de la métrologie et de la qualité, Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI), Buenos Aires.

Australie

M. B.D. Inglis*, directeur et chef métrologiste, National Metrology Institute, Australia (NMIA), Lindfield.

Autriche

M. A. Leitner, directeur du département métrologie, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), Vienne.

Belgique

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

M. J. Nicolas, conseiller général, responsable du Service de métrologie scientifique, Division Réglementation et Politique de Contrôle, SPF Économie, PME, Classes moyennes et Énergie, Direction générale de la Qualité et Sécurité, Bruxelles.

Brésil

M. J.A. Herz da Jornada, président, National Institute of Metrology, Standardization and Industrial Quality (INMETRO), Rio de Janeiro.

M. H. Siquiera, directeur de la métrologie industrielle et scientifique, INMETRO.

M. J.A. Da Paz Cruz, division métrologie mécanique, INMETRO.

M. G. Moscati*, président du Comité consultatif des rayonnements ionisants, conseiller auprès de l'INMETRO.

M. L.C. Gomes dos Santos, directeur adjoint de la métrologie industrielle et scientifique, INMETRO.

M. P. Scalisse, conseiller, ambassade du Brésil, Paris.

Bulgarie

M. K. Katerinov, président, Bulgarian Institute of Metrology (BIM), Sofia.

Cameroun

Non représenté.

Canada

M. J.W. McLaren*, directeur général, Institut des étalons nationaux de mesure, Conseil national de recherches du Canada (IENM-NRC), Ottawa.

M. A.G. Steele, directeur de la métrologie, IENM-NRC.

M. A.E. Johnston, président, Measurement Canada Industry (MC), Ottawa.

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. Xiang Xuan, directeur général du département métrologie, AQSIQ.

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

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

M. Jianping Han, directeur du département de la coopération internationale, AQSIQ.

M. Gao Jie*, membre de l'Académie chinoise des sciences de l'ingénierie, directeur honoraire, National Institute of Measurement and Testing Technology, Chengdu.

M. Tianchu Li, scientifique principal, NIM.

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

M. Qiusheng Zeng, secrétaire, Service scientifique et technique, ambassade de Chine, Paris.

Corée (République de)

Mme Kwang Hwa Chung, présidente, Korea Research Institute of Standards and Science (KRISS), Daejeon.

M. Myung Sai Chung*, président, University of Science and Technology (UST), Daejeon.

M. Gun-Woong Bahng, directeur du bureau des partenariats, KRISS.

M. Woo-Gab Lee, responsable de recherche, KRISS.

Corée (République populaire démocratique de)

Non représentée.

Danemark

M. K. Carneiro*, directeur, Danish Fundamental Metrology (DFM), Lyngby.

M. C. Johansen, responsable de la division de la métrologie, Danish Accreditation and Metrology Fund, Copenhague.

Dominicaine (République)

Non représentée.

Égypte

Mme H.M. Eissa, présidente, National Institute of Standards (NIS), Gizeh.

M. A.A.M. El-Sayed, responsable du bureau des relations internationales, NIS.

Espagne

M. J.Á. Robles Carbonell, responsable de la section des masses et des grandeurs dérivées, Centro Español de Metrología (CEM), Madrid.

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

États-Unis d'Amérique

M. W.E. May, Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology (NIST), Gaithersburg.

M. W. Anderson, directeur, Laboratoire d'électronique et d'ingénierie électrique, NIST.

Mme G. Roberts, analyste affaires étrangères, Département d'État, Office of Specialized Technical Agencies, Bureau of International Organization Affairs, Washington.

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

M. H.G. Semerjian*, président et directeur exécutif, Council of Chemical Research, Washington.

Finlande

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

M. H. Isotalo, directeur de recherche, MIKES, vice-président, Advisory Committee for Metrology.

France

M. L. Énard*, directeur de la recherche scientifique et technologique, Laboratoire national de métrologie et d'essais (LNE), Paris.

M. J. Kovalevsky, membre honoraire du CIPM.

M. L. Asselin de Williencourt, sous-directeur des Affaires économiques, ministère des Affaires étrangères et européennes, Direction des Nations Unies et des organisations internationales, Paris.

M. J.-L. Laurent, directeur général, LNE.

Mme M. Chambon, directrice-adjointe de la recherche scientifique et technologique, LNE.

Mme L. Burdloff, ministère des Affaires étrangères et européennes, Direction des Nations Unies et des organisations internationales, Paris.

Grèce

M. S. Dakoglou, secrétaire des affaires économiques et commerciales, ambassade de Grèce, Paris.

Hongrie

Mme S.K. Kaufmanne, directeur général, Hungary Trade Licensing Office, département métrologie (MKEH), Budapest.

M. P. Pákay, directeur, MKEH.

Inde

M. V. Kumar, directeur, National Physical Laboratory of India (NPLI), New Delhi.

Indonésie

Non représentée, excusée.

Iran

Non représenté.

Irlande

M. P. Farragher, directeur de la métrologie légale, National Metrology Laboratory (NML-Ireland), Glasnevin.

Israël

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

M. O. Bar-El, conseiller aux affaires économiques et scientifiques, ambassade d'Israël, Paris.

Italie

M. E. Bava, président, Istituto Nazionale di Ricerca Metrologica (INRiM), Turin.

M. A. Sacconi*, directeur, INRiM.

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

Japon

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

M. Y. Hino, directeur adjoint, NMIJ/AIST.

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

M. Y. Matsui, directeur adjoint, ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie (METI), Tokyo.

Malaisie

M. Y. Ahmad, président et directeur général, SIRIM Berhad, Sepang, Selangor.

M. A.R.Z. Abidin, chef de section, SIRIM Berhad.

M. A.M. Shaffieq, secrétaire, ambassade de Malaisie, Paris.

Mexique

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

M. R.C. Lopez Padilla, directeur du service de métrologie électrique, CENAM.

Norvège

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

Nouvelle-Zélande

M. K. Jones, directeur et responsable de la métrologie, Measurement Standards Laboratory of New Zealand, Industrial Research Limited (MSL-IRL), Lower Hutt.

Pakistan

M. F.A. Khwaja, directeur général, National Physical and Standards Laboratory (NPSL), Islamabad.

M. M. Saleem, directeur scientifique principal, NPSL.

Pays-Bas

Mme A. van Spronsen, senior officer, ministère des Affaires économiques, La Haye.

M. A. Dalhuijsen, directeur général, NMi Van Swinden Laboratorium (NMi VSL), Delft.

M. R. Kaarls*, 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. J. Borzyminski, directeur, General Metrology Division, GUM.

Portugal

M. A. Cruz, directeur du Département de métrologie, Instituto Português da Qualidade (IPQ), Caparica.

Roumanie

M. F. Iacobescu, directeur général, Bureau roumain de la métrologie légale (BRML), Bucarest.

Mme M. Buzoianu, directrice scientifique, BRML.

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

M. R. Gunn, directeur, National Measurement System, Department for Innovation, Universities and Skills (DIUS), Londres.

M. S. McQuillan, directeur général, National Physical Laboratory (NPL), Teddington.

M. S. Bennett*, directeur adjoint et directeur de la métrologie internationale, NPL.

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

Russie (Fédération de)

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

M. L.K. Issaev*, directeur adjoint, Institute for Metrological Service (VNIIMS), Rostekhregulirovaniye of Russia, Moscou. (chef de la délégation par intérim)

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

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

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

Serbie

M. D. Milošević, directeur, Directorate of Measures and Precious Metals (DMDM), Belgrade.

M. Z. Marković, conseiller auprès du directeur, DMDM.

Singapour

M. S.W. Chua, directeur adjoint du département de métrologie électromagnétique, Standards, Productivity and Innovation Board (SPRING Singapore).

Slovaquie

M. P. Lukáč, président, Slovak Institute of Metrology/Slovenský Metrologický Ústav (SMU), Bratislava.

M. S. Ďuris, directeur général, SMU.

M. S. Musil, directeur général adjoint, SMU.

M. J. Boris, directeur du département métrologie, SMU.

M. J. Markovič, directeur général, SMU.

Suède

M. L. Nyberg, Agence suédoise pour la croissance économique et régionale (NUTEK), Stockholm.

M. H. Andersson, sous-directeur, SP Technical Research Institute of Sweden (SP), Borås.

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

Suisse

M. W. Schwitz*, directeur, Office fédéral de métrologie (METAS), Bern-Wabern.

M. U. Feller, directeur adjoint, METAS.

Tchèque (République)

M. A. Šafarik-Pštroš, président, Czech Office for Standards, Metrology and Testing, Prague.

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

Thaïlande

M. P. Totarong, directeur, National Institute of Metrology of Thailand (NIMT), Pathumthani.

Turquie

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

M. H. Ugur*, Pendik.

Uruguay

M. L. Mussio, chef du secteur métrologie, Laboratorio Tecnológico del Uruguay (LATU), Montevideo.

Venezuela

Non représenté, excusé.

États et entités économiques associés à la Conférence générale

Albanie

Mme M. Pazaj, directeur général, General Directorate of Metrology and Calibration (GDMC), Tirana.

M. E. Petriti, responsable du département intégration et relations publiques, GMDC.

Mme M. Hoxha, chef de la section technique du département de la métrologie scientifique et industrielle, GMDC.

Bélarus

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

CARICOM

Non représenté, excusé.

Costa Rica

Mme S. Rodríguez Zúñiga, Laboratorio Costarricense de Metrología (LACOMET), San Pedro Montes de Oca.

Croatie

M. M. Vuković, directeur général, State Office for Metrology (DZM), Zagreb.

M. P. Kovač, conseiller aux Affaires économiques, ambassade de Croatie, Paris.

Cuba

Non représenté, excusé.

Équateur

Non représenté, excusé.

Estonie

Mme R. Lepik, expert, Division qualité et infrastructure, Ministry of Economic Affairs and Communication (MKM), Tallinn.

Hong Kong, Chine

M. Chun Cheong Tse, directeur, Standards and Calibration Laboratory (SCL), Wanchai.

Jamaïque

Non représentée, excusée.

Kazakhstan

M. E. Lebayev, directeur général, Kazhakstzan Institute of Metrology RSE (KazInMetr), Astana.

Mme Z. Yeleuissizova, expert au département Coopération internationale et traductrice, KazInMetr.

Kenya

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

M. J. Kiarie, KEBS.

Lettonie

M. J. Maurans, directeur, Latvian National Metrology Center (LNMC), Riga.

M. J. Borodkins, responsable qualité laboratoire météorologique, Latvian Environment, Geology and Meteorology Agency (LEGMA), Riga.

Lituanie

M. V. Zabolotnas, directeur adjoint, State Metrology Service (VMT), Vilnius.

M. O. Staugaitis, SMT.

Macédoine, Ex-République yougoslave de

Mme S. Mirakovska, directrice, Ministry of Economy, Bureau of Metrology (BOM), Skopje.

M. D. Pendovski, manager, Department of Metrology, BOM.

Mme A. Kostoska, interprète.

Malte

Non représentée, excusée.

Moldavie, République de

M. S. Baban, directeur général, Department of Standardization and Metrology (SM), Chisinau.

M. A. Tarlajanu, directeur général, National Institute of Standardization and Metrology (INSM), Chisinau.

Panama

Non représenté, excusé.

Philippines

Non représentées.

Slovénie

Mme N. Majcen, directeur, Ministry of Higher Education, Science and Technology, Metrology Institute (MIRS), Ljubljana.

Sri Lanka

M. K.A. Gunasoma, directeur, Measurement Units, Standards and Services Department (MUSSD), Colombo.

Taipei chinois

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

M. Gwo-Sheng Peng, CMS.

M. Jenn-Chyi Yang, chef de section, ministère des Affaires économiques, Bureau of Standards, Metrology and Inspection (BSMI), Taipei.

M. Jy-Wang Liaw, directeur général, Telecommunication Laboratories, ChungHwa Telecom Co. Ltd (TL), Taoyuan.

M. B.C.S. Chu, BSMI.

Tunisie

Mme S. Ghedamsi, directrice générale, Laboratoire central d'analyses et d'essais (LCAE), Tunis.

Ukraine

M. G. Sydorenko, directeur, Derzhspozhivstandard of Ukraine, State Committee for Standardization, Metrology and Certification, Kiev.

M. S. Pronenko, directeur adjoint chargé de la recherche et de la coopération internationale, Ukrmetrteststandard, State Enterprise All-Ukrainian State Scientific and Production Center of Standardization, Metrology, Certification and Consumer Protection, Kiev.

M. B. Markov, directeur du centre scientifique de la métrologie légale, National Scientific Centre Institute of Metrology, Kharkov.

M. O.M. Velychko, directeur scientifique et production, Institute of Metrological Assurance of Electromagnetic quantities measurements, Ukrmetrteststandard, State Enterprise All-Ukrainian

State Scientific and Production Center of Standardization, Metrology, Certification and Consumer Protection, Kiev.

Viet Nam

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

Ont assisté à la Conférence

M. A.J. Wallard, directeur, Bureau international des poids et mesures (BIPM), Sèvres.

Les représentants des organisations internationales suivantes :

Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), Genève (M. P. Andreo, directeur de la division santé publique).

Commission européenne (M. A. Herrero Molina, M. P. Taylor)

International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) (M. A. Squirrell).

Organisation internationale de métrologie légale (OIML), Paris (M. J.-F. Magaña, directeur du Bureau international de métrologie légale, BIML).

Organisation internationale de normalisation (ISO), Genève (M. A. Samné).

Organisation météorologique mondiale (OMM), Genève (M. D. Hinsman, directeur, World Weather Watch Department, Space Programme).

M. P. Giacomo, directeur honoraire, BIPM, Sèvres.

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

Le personnel scientifique du BIPM.

**Comptes rendus des séances de la
23^e réunion de la Conférence générale
des poids et mesures
12-16 novembre 2007**

Ordre du jour

L'ordre du jour provisoire de la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures (*voir* Annexe A page 177) est adopté comme ordre du jour définitif.

1 Ouverture de la réunion

M. Hoffmann, président de l'Académie des sciences et président de la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures (ci-après CGPM ou Conférence générale), ouvre la séance inaugurale.

Le discours inaugural est suivi par une courte déclaration de M. Kuhn-Delforge, Secrétaire général adjoint, représentant Son Excellence M. le ministre des Affaires étrangères et européennes de la République française..

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

M. Kuhn-Delforge, Secrétaire général adjoint au ministère des Affaires étrangères et européennes de la République française, prononce l'allocution suivante :

« Monsieur le Président, Mesdames et Messieurs les délégués,

Monsieur Bernard Kouchner, ministre des Affaires étrangères et européennes de la République française, s'étant rendu à Berlin pour le Conseil des ministres franco-allemand, m'a demandé de le représenter. En son nom et au nom du Gouvernement de la République française, j'ai le grand honneur et le plaisir de vous accueillir aujourd'hui au Centre de conférences internationales et de déclarer ouverte la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures.

À l'origine, lorsque la Convention du Mètre a été signée le 20 mai 1875, la tâche principale du Bureau international des poids et mesures était la conservation des étalons du mètre et du kilogramme. Depuis, l'accroissement des échanges commerciaux et l'évolution et le développement des sciences et techniques a rendu absolument nécessaire la traçabilité des mesures. 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. Il est donc indispensable pour nous tous que les méthodes, les instruments et les étalons de la métrologie évoluent.

'Longtemps on a pensé que les phénomènes biologiques et humains se prêtaient mal à la mesure et à l'observation, et qu'il était impossible de les analyser avec les méthodes scientifiques usuelles. Ces blocages psychologiques n'ont pu être franchis que devant les succès remportés dans d'autres disciplines.' (Maurice Tubiana, *Le refus du réel*) Aujourd'hui en effet, la métrologie est l'un des outils principaux permettant une meilleure compréhension des mécanismes à l'origine de la vie et à leur réalisation pratique. Malheureusement, tous les besoins de la biologie et de la médecine ne sont pas encore satisfaits. Le développement de meilleures références métrologiques est donc indispensable pour éviter les insuffisances au niveau des références ou au niveau des étalonnages. Les conséquences de ces insuffisances sur la santé peuvent provoquer des lésions très graves, voire létales. La quantité de rayonnement dans le cas du traitement d'un cancer doit pouvoir être mesurée le plus précisément possible afin d'éviter des sur-irradiations.

Ainsi, certaines études sont aujourd'hui limitées par le manque d'exactitude de la mesure de certains paramètres dans le domaine de la santé, mais aussi en matière de protection de l'environnement. Nous ne pourrions assurer un véritable suivi de l'évolution de l'effet de serre et du réchauffement de notre planète sans contrôler avec exactitude l'évolution globale de la composition et de la température de l'atmosphère et des océans. Pourtant, la surveillance, et éventuellement le contrôle des conditions physiques et chimiques dans lesquelles l'homme vit est une tâche considérable à peine entamée. La métrologie pourra et devra jouer un rôle essentiel pour assurer la cohérence des mesures et l'efficacité des moyens employés pour combattre la pollution et les autres agressions à venir.

Je tiens à saluer le travail formidable du Comité international des poids et mesures et l'énergie qu'il consacre à encourager les laboratoires nationaux de métrologie à travailler à la redéfinition de certaines unités de base comme le kilogramme, l'ampère ou la seconde par exemple. Les Résolutions adoptées au cours de cette conférence auront, j'en suis certain, un impact non négligeable sur l'environnement, la santé et plus généralement sur le développement des sciences et techniques et des économies des pays émergents.

Je vous remercie. »

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

M. Göbel, président du Comité international des poids et mesures (ci-après Comité international ou CIPM), remercie M. Kuhn-Delforge. Il rappelle brièvement l'historique de la Convention du Mètre, la création du Bureau international des poids et mesures (BIPM), ainsi que l'aide et la protection offertes par la République française au BIPM. Il mentionne ensuite l'origine du Système international d'unités (SI), et comment le SI et le concept de traçabilité ont permis la mondialisation de l'économie : celle-ci n'aurait pas été possible sans l'adoption du SI. Enfin, M. Göbel parle de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, et de son importance vitale pour éliminer les obstacles techniques au commerce et aider les nations à étendre leurs activités économiques.

4 Discours de M. le Président de l'Académie des sciences de Paris, président de la 23^e réunion de la Conférence générale

M. Hoffmann, président de l'Académie des sciences de Paris, prononce l'allocution suivante, et annonce que retenu par d'autres obligations, il est obligé de quitter la réunion de la CGPM mais que M. Bordé, physicien, membre correspondant de l'Académie des sciences de Paris, le remplacera pour la suite de la réunion..

« Monsieur le Secrétaire général adjoint, 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 pleine mutation.

La métrologie est en train de perdre son image traditionnelle d'une science nécessaire mais ennuyeuse. Elle subit une double transformation : d'une part, elle s'appuie aujourd'hui sur la physique la plus avancée et ses progrès irriguent et inspirent la science moderne la plus fondamentale, d'autre part, elle est réclamée par la société pour quantifier et maîtriser nombre de besoins ou de périls touchant à notre santé et à notre environnement et donc à notre quotidien. Je voudrais développer rapidement ces deux points.

Une nouvelle métrologie et un nouveau système d'unités sont donc en train de naître à partir d'une cascade de découvertes commencée au siècle dernier. Il suffit de faire la liste des prix Nobel attribués à des physiciens pour des découvertes s'appliquant directement à la métrologie : Lamb en 1955, Townes, Basov et Prokhorov en 1964, Josephson en 1973, Kapitsa en 1978, Siegbahn, Schawlow et Bloembergen en 1981, von Klitzing en 1985, Dehmelt, Paul et Ramsey en 1989, Chu, Cohen-Tannoudji et Philips en 1997, Laughlin en 1998, Cornell, Ketterle et Wieman en 2001, Glauber, Hall et Hänsch en 2005.

Cette liste est impressionnante et elle concerne toutes les unités de base, transformant profondément la métrologie classique. 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 être définies à partir de la valeur fixe d'une constante fondamentale de la physique, comme le mètre est rattaché à la seconde : 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 elle-même pourrait 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.

Le SI actuel n'est donc qu'une étape vers un système plus unifié, plus cohérent. 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.

À côté de ces aspects amont de la métrologie, les besoins de la société en matière de mesures sont en effet 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... Même le problème trivial de la mesure des vitesses automobiles est devenu sujet de controverse dans les médias. La crise de l'énergie et la mise en œuvre des énergies renouvelables exigent une bonne compréhension du public de nombreux aspects de la métrologie. Tout ceci pose le problème de la diffusion d'une culture métrologique à laquelle le citoyen est mal préparé. Les notions essentielles d'incertitude de mesure, d'erreur systématique sont ignorées, en particulier dans les domaines biologique et médical, même si le concept de traçabilité est maintenant un dogme bien établi dans le grand public.

Pour bien manifester l'intérêt que l'Académie des sciences porte à votre domaine et pour montrer l'exemple, elle a créé cette année 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, Messieurs Claude Cohen-Tannoudji et Theodor Hänsch. 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 de ses Comités consultatifs, doivent rester ouverts pour rassembler et consulter largement cette communauté autour des questions de fond qui leur sont aujourd'hui posées.

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 du BIPM sur les comparaisons clés. Il faut aussi souligner l'intérêt indiscutable des recherches qui y sont menées, en particulier une version très originale de la balance du watt, le projet de condensateur calculable de Lampard et de façon générale, les équipements uniques du BIPM qui servent de référence internationale. La compétence des équipes et du personnel qui y travaillent fait l'unanimité. Sur ce jugement très positif, je vous souhaite une conférence très productive et pleine de succès. »

Le président de la 23^e réunion de la Conférence générale remercie M. Hoffman de son discours et demande une brève interruption de séance.

5 Nomination du secrétaire de la Conférence générale

Le président ouvre la séance et dit que c'est la troisième fois qu'il préside la Conférence générale. Il propose ensuite que M. R. Kaarls soit nommé secrétaire de la Conférence générale. M. Kaarls est élu secrétaire de la Conférence générale à l'unanimité.

6 Présentation des titres accréditant les délégués

Il est demandé dans la Convocation que la composition de la délégation de chaque État Membre soit communiquée au BIPM au plus tard deux semaines avant l'ouverture de la Conférence générale. À leur arrivée, Mesdames et Messieurs les délégués sont priés de présenter les titres d'accréditation remis par les autorités concernées de leur Gouvernement.

7 Établissement de la liste des délégués ayant pouvoir de voter

Le secrétaire de la Conférence générale, M. Kaarls, souhaite la bienvenue aux délégués des États Membres participant à la 23^e réunion de la Conférence générale. 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 demandant que chaque chef de délégation confirme la présence de la délégation. Cette liste, par ordre alphabétique, s'établit comme suit :

Afrique du Sud	W. Louw
Allemagne	R. Jäkel
Argentine	J. Valdés
Australie	B. D. Inglis
Autriche	A. Leitner
Belgique	J.-M. Poncin
Brésil	J.A. Herz da Jornada
Bulgarie	K. Katerinov
Canada	J. W. McLaren
Chine	Changcheng Pu
Corée (Rép. de)	K. H. Chung
Danemark	K. Carneiro
Égypte	H. M. Eissa
Espagne	J. A. Robles Carbonell
États-Unis d'Amérique	W. E. May
Finlande	T. Hirvi
France	L. Érard
Grèce	S. Dakoglou
Hongrie	S.K. Kaufmanne
Inde	V. Kumar

Irlande	P. Farragher
Israël	G. Deitch
Italie	E. Bava
Japon	M. Tanaka
Malaisie	Y. Ahmad
Mexique	H. Nava Jaimes
Norvège	E. Stokstad
Nouvelle-Zélande	K. Jones
Pakistan	F. A. Khawja
Pays-Bas	A. van Spronsen
Pologne	J. M. Popowska
Portugal	A. Cruz
Roumanie	F. Iacobescu
Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord	R. Gunn
Russie (Féd. de)	V. N. Krutikov
Serbie	D. Milošević
Singapour	S. W. Chua
Slovaquie	P. Lukáč
Suède	L. Nyberg
Suisse	W. Schwitz
Tchèque (Rép.)	A. Šafařík-Pštroš
Thaïlande	P. Totarong
Turquie	S. Suer
Uruguay	L. Mussio

Sur les cinquante et un États Membres du BIPM, quarante-quatre sont représentés.

M. Kaarls souhaite ensuite la bienvenue aux Associés à la Conférence générale et donne lecture de la liste des Associés représentés, par ordre alphabétique : l'Albanie, le Bélarus, le Costa Rica, la Croatie, l'Estonie, Hong Kong (Chine), le Kazakhstan, le Kenya, la Lettonie, la Lituanie, l'ex-République yougoslave de Macédoine, la Moldavie, la Slovénie, le Sri Lanka, Taipei chinois, la Tunisie, l'Ukraine, et le Viet Nam.

Il souhaite aussi 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 internationale de normalisation (ISO), de l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS).

Enfin, M. Kaarls mentionne des questions d'intendance générale et demande à tous les délégués de remplir les divers formulaires pour les visites des laboratoires du BIPM qui auront lieu cette semaine.

8 Approbation de l'ordre du jour

Le président demande aux délégués s'ils approuvent le projet d'ordre du jour. L'ordre du jour ne fait l'objet d'aucun commentaire et il est adopté.

9 Rapport de M. le Président du Comité international sur les travaux accomplis depuis la 22^e réunion de la Conférence générale (octobre 2003 – novembre 2007)

M. Göbel, président du Comité international, 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 de présenter mon rapport sur les travaux accomplis depuis la 22^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures, qui s'est tenue au mois d'octobre 2003.

J'ai tout d'abord le plaisir d'accueillir les nouveaux États et Entités économiques qui sont devenus Associés à la Conférence générale : l'Albanie, CARICOM, le Costa Rica, la Croatie, l'Estonie, le Kazakhstan, l'ex-République yougoslave de Macédoine, la Moldavie, le Sri Lanka et la Tunisie.

Au moment de la rédaction de ce rapport, début octobre 2007, il y avait 51 États Membres et 25 Associés à la Conférence générale, représentant 35 États et Entités économiques. Quatre États Membres ont des contributions arriérées depuis plus de trois ans et leurs avantages et prérogatives ont été suspendus. Nous reviendrons à cette question ultérieurement lors des débats de la Conférence générale.

9.1 Introduction

Ces quatre dernières années, notre travail a évolué de manière très importante. Ces évolutions n'ont pas seulement affecté les activités scientifiques du Bureau international des poids et mesures et des laboratoires nationaux de métrologie, mais aussi les collaborations et le travail de coordination internationale mené par le BIPM. Au cours de cette période, le BIPM a forgé de nombreux nouveaux partenariats, qui sont fondamentaux pour accomplir la mission du BIPM, c'est-à-dire assurer l'uniformité mondiale des mesures. Il a attiré de nouveaux partenaires et fait des incursions dans de nouveaux domaines dans lesquels, jusqu'à maintenant, les concepts de traçabilité des mesures et d'incertitude n'étaient pas largement adoptés. Ils sont fondamentaux pour les activités du BIPM et il est agréable de voir qu'un certain nombre d'organisations

intergouvernementales et d'organismes internationaux y ont répondu positivement. Les activités du BIPM ne cessent d'évoluer en réponse aux besoins extérieurs ; évolution qui est une condition nécessaire pour accomplir la mission conférée par la Convention du Mètre.

9.2 Mise en œuvre des Résolutions approuvées par la Conférence générale lors de sa 22^e réunion

Permettez-moi de commencer par un examen général de la mise en œuvre de certaines Résolutions clés approuvées lors de la précédente réunion de la Conférence générale.

Résolution 1 : Liaisons avec d'autres organisations

9.2.1 La Résolution 1 concernait l'importance des collaborations, au niveau international et national, pour encourager l'adoption et l'utilisation de la métrologie dans d'autres domaines. Depuis 2003, le BIPM n'a pas ménagé ses efforts pour renforcer ses collaborations avec un certain nombre d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux. Ce fut un succès, en particulier avec l'Organisation internationale de la santé (OMS), avec l'Organisation météorologique mondiale (OMM), avec le Codex Alimentarius de l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'OMS, avec l'Agence mondiale antidopage (AMA), et avec la Fédération internationale de chimie clinique et médecine de laboratoire (IFCC). Une représentation réciproque du personnel du BIPM et d'autres organisations intergouvernementales dans des comités clés conduit à une collaboration plus intense, qui permet d'établir des priorités et activités communes, ou d'effectuer des comparaisons sous l'égide des Comités consultatifs ou du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM). Davantage de comparaisons sont nécessaires pour renforcer la confiance dans les systèmes de mesure qui étayent le travail des organismes partenaires. Des collaborations similaires sont moins évidentes à mettre en œuvre au niveau national, mais nous en sommes aux débuts et je m'attends à ce qu'elles se développent davantage une fois que les acteurs clés auront été identifiés.

Le CIPM continuera à encourager l'extension du rôle de coordination et de collaboration internationale du BIPM, mais il faut prendre garde de ne pas promettre de poursuivre des activités alors que le BIPM ne disposerait pas des ressources nécessaires. De même, l'augmentation d'environ 10 % de la charge de travail liée à la coordination et au rôle de laboratoire pilote des comparaisons au cours des cinq dernières années s'est faite aux dépens du travail de recherche, des étalonnages et de la mise au point des étalons et méthodes de mesure. C'est une activité centrale du BIPM qui répond aux besoins des États Membres, mais des projets et le travail d'étalonnage ont, du fait d'un manque de personnel, pris du retard.

Résolution 2 : Métrologie et commerce

9.2.2 L'importance de la métrologie pour le commerce a sous-tendu un certain nombre de Résolutions en 2003. Cependant, l'Organisation mondiale du commerce (OMC) n'a pas encore pris de décision au sujet de la demande faite il y a longtemps par le BIPM pour obtenir le statut d'observateur au Comité sur les obstacles techniques au commerce. C'est la raison pour laquelle nous vous présentons à nouveau un projet de résolution à ce sujet. D'autre part, de plus en plus d'études de cas démontrent les avantages que la métrologie peut apporter au commerce. Un des objectifs de la déclaration commune au BIPM, à l'Organisation internationale de métrologie

légale (OIML) et à l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), qui a été encouragée par la Résolution 6 sur l'importance de l'Arrangement du CIPM (CIPM MRA), était de sensibiliser le plus grand nombre possible d'agences de réglementation, d'organisations intergouvernementales et autres sur l'intérêt de travailler dans le cadre du CIPM MRA. Le travail du BIPM pour rendre la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) plus facile d'utilisation, afin de répondre aux demandes des utilisateurs autres que les membres des laboratoires nationaux de métrologie, a porté ses fruits et nous avons beaucoup d'exemples de son intérêt pour les sociétés privées et la communauté de l'accréditation.

Résolution 3 : Coordination des initiatives en faveur des actions liées à la métrologie, à l'accréditation et à la normalisation dans les pays et les Entités économiques en voie de développement

9.2.3 La Résolution 3 traitait de l'importance de la métrologie pour les pays et Entités économiques en voie de développement. Il a fallu du temps avant que le travail 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) apporte des résultats concrets. Toutefois, ce travail progresse maintenant beaucoup plus rapidement et le JCDCMAS a publié des documents communs et accru l'activité de l'Organisation des Nations unies pour le développement industriel (ONUDI) dans le domaine. Le BIPM travaille étroitement avec l'ONUDI pour s'assurer que ses programmes d'assistance font de la métrologie une priorité. Le CIPM continue à s'intéresser à la question et le projet de résolution G traite des moyens d'étendre la portée du travail du BIPM afin d'attirer davantage d'États Membres et d'Associés.

Résolution 9 : Exigences pour le transport transfrontalier d'étalons de mesure, d'équipements métrologiques et de matériaux de référence

9.2.4 La Résolution 9 traitait de certains problèmes rencontrés lors du transport d'échantillons pour la métrologie, liés à l'augmentation des préoccupations mondiales en matière de sûreté, de sécurité et de procédures douanières. Après une période pendant laquelle nous avons attendu de voir si l'Organisation mondiale des douanes (OMD), conformément à la convention internationale sur la simplification et l'harmonisation des procédures douanières (la « Convention de Kyoto »), adopterait de nouvelles procédures remédiant à cette situation, le BIPM a pris l'initiative de traiter de manière bilatérale avec l'OMD. Pour le moment, le BIPM a établi les contacts appropriés et fait part de ses préoccupations, en se fondant sur les informations fournies par les laboratoires nationaux de métrologie et autres. Des rapports plus détaillés sur les problèmes concrets aideraient à démontrer que ce sont les services douaniers, comme nous l'affirons, plutôt que les contrôles de sécurité, qui font obstacle à notre travail dans ce domaine.

Résolution 10 : Symbole du séparateur décimal

9.2.5 La Résolution 10 concernait l'utilisation du séparateur décimal. Des progrès ont été faits avec divers groupes de la Commission électrotechnique internationale (CEI) et de l'Organisation internationale de normalisation (ISO), qui ont pris acte du point de vue de la Conférence générale. Le Bureau de gestion technique de l'ISO a accepté que le séparateur décimal puisse être soit un point soit une virgule. Le bureau de gestion de la normalisation de la

CEI a ensuite discuté des propositions d'aligner les pratiques de l'ISO et de la CEI sur celles des autres organismes internationaux mais a décidé d'établir un groupe de travail commun pour effectuer une analyse détaillée des avantages, des coûts, des solutions éventuelles et des risques que comporte un changement de pratique en matière de séparateur décimal. Ce groupe présentera un rapport à la CEI avant la fin de 2007. Le directeur du BIPM est régulièrement en contact avec l'ISO et la CEI à ce sujet.

Résolution 11 : Relations entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation reconnus au niveau national

9.2.6 Enfin, je présenterai les progrès réalisés dans la mise en œuvre de la Résolution 11, qui traite des relations entre les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires d'accréditation reconnus au niveau national. Cette Résolution joué un rôle important à une déclaration commune du CIPM et de l'ILAC sur les rôles et les responsabilités des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires d'accréditation reconnus au niveau national. Cette déclaration a été particulièrement utile pour établir une politique commune sur l'importance d'une relation étroite entre ces organismes et pour clarifier davantage la manière dont ils doivent opérer et travailler ensemble en respectant la norme ISO/CEI 17011. Elle a en particulier traité du cas où un laboratoire national de métrologie et un laboratoire d'accréditation reconnu au niveau national font partie de la même organisation. Les organisations régionales d'accréditation et les laboratoires d'accréditation reconnus au niveau national mettent en œuvre cette politique de manière différente et nous continuons à suivre la situation.

9.3 Collaboration avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux

J'ai fait précédemment référence à l'augmentation du nombre de collaborations que le BIPM a établies avec un certain nombre d'organisations intergouvernementales. Lors de la dernière réunion de la Conférence générale, les États Membres ont souligné l'importance du rôle moteur que le BIPM devait jouer dans cette activité et la valeur qu'il peut apporter à des interactions similaires au niveau national. Vous avez trouvé, j'en suis certain, que ce sujet est clairement traité dans le projet de Programme de travail et budget du BIPM. Les activités proposées sont mises en évidence dans les parties consacrées au travail de chaque section scientifique, ainsi que dans une section séparée qui concerne la coordination internationale, et dans l'annexe au document.

OIML

La collaboration entre le BIPM et l'OIML a toujours intéressé la Conférence générale et nous continuons à étudier les avantages et les inconvénients éventuels d'une collaboration plus étroite et d'une activité commune. Je suis heureux de porter à votre connaissance un certain nombre d'initiatives communes. Les deux organisations se rencontrent régulièrement afin d'identifier et de poursuivre des activités communes. Notre but actuel est d'œuvrer à une meilleure présentation de la « métrologie » vis-à-vis du monde extérieur, par exemple des pays en voie de développement. Pour cela, nous avons créé récemment un site Web commun et préparé un dépliant commun qui décrit le travail des deux organisations. Nous travaillons aussi sur plusieurs documents décrivant le travail des deux organisations dans divers domaines d'application tels

que le commerce, l'environnement et la médecine. Je suis confiant que cette activité continuera à rapprocher plus encore le BIPM et l'OIML.

ILAC

Je voudrais consacrer quelques instants à présenter les relations accrues avec l'ILAC. C'est important – et je dirais même fondamental – du point de vue de la cohérence du système mondial de mesure. Le travail mené avec l'ILAC a été fructueux, car le BIPM a pu souligner l'importance de s'assurer que les résultats des étalonnages et des mesures effectués dans les laboratoires accrédités sont vraiment traçables au SI, par l'intermédiaire du réseau de plus haut niveau constitué par les laboratoires nationaux de métrologie. Le BIPM a établi un cadre, grâce à l'utilisation de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés qui a été améliorée pour permettre aux experts chargés de l'accréditation de vérifier plus facilement que les incertitudes des laboratoires accrédités sont en accord avec celles des laboratoires nationaux de métrologie auxquels ils adossent leur traçabilité. Avec nos collègues de l'ILAC, nous sommes parvenus à une position commune sur l'importance d'une relation étroite et ouverte entre les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires d'accréditation reconnus au niveau national. Nous espérons aussi parvenir à un accord et promouvoir une définition et une interprétation communes du terme « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages » (CMC). Dans ce cas, ce terme serait de plus en plus utilisé dans les deux communautés pour désigner les aptitudes de mesure des laboratoires accrédités aussi bien que des laboratoires nationaux de métrologie. Grâce à cette collaboration étroite, le BIPM et l'ILAC ont créé un forum unique où les organisations régionales de métrologie et les organismes régionaux d'accréditation peuvent se rencontrer et au sein duquel ils ont pris un certain nombre d'initiatives communes de grande valeur.

OMM

Le BIPM travaille plus étroitement avec l'Organisation météorologique mondiale (OMM), en particulier dans le domaine de la coopération scientifique, au sein du Comité consultatif de photométrie et radiométrie et du Comité consultatif pour la quantité de matière, et sur des aménagements qui seront nécessaires pour qu'il devienne signataire de l'Arrangement du CIPM. Nous envisageons aussi d'organiser une conférence commune sur la métrologie et le changement climatique en 2009.

Dans le domaine de la métrologie en chimie, le travail du BIPM avec l'OMM, déjà mentionné, et avec l'OMS, a eu pour conséquences un certain nombre d'activités communes. En particulier, une collaboration étroite a été établie avec le National Institute for Biological Standards and Control (NIBSC) au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, qui est aussi un des laboratoires internationaux de l'OMS pour les étalons biologiques. D'autres collaborations étroites ont été établies avec la Commission du Codex Alimentarius et avec l'*Inter-Agency Meeting* de l'OMS et de la FAO. Ceci a permis d'établir plus clairement les besoins les plus prioritaires en matière de comparaisons dans le domaine. Des collaborations similaires ont été établies avec l'AMA, et avec l'U.S. Pharmacopeia et d'autres Pharmacopées afin de fixer des priorités pour les comparaisons.

ONUDI

Nous avons collaboré avec l'ONUDI afin de l'aider à définir ses priorités en ce qui concerne ses activités dans les pays en voie de développement, destinées à sensibiliser ces derniers à ce

domaine d'intérêt, et afin d'apporter des compléments à son travail actuel dans les domaines de la métrologie, de l'accréditation et de la normalisation. L'OIML et le BIPM préparent un protocole d'accord commun avec l'ONUDI et attendent que les services juridiques concernés en valident la version finale.

Je suis heureux de voir que des représentants d'un certain nombre d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux sont présents aujourd'hui et que plusieurs d'entre eux souhaitent s'adresser à la Conférence générale pour souligner l'importance de leur collaboration avec le BIPM.

9.4 Catégorie de Correspondant du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie : promotion des activités entreprises sous l'égide de la Convention du Mètre

J'aimerais vous présenter le projet de résolution G sur la création d'une nouvelle catégorie de Correspondant du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie.

Quand la Convention du Mètre fut signée en 1875, elle donna à ses dix-sept États Membres fondateurs les mêmes droits et les mêmes responsabilités. Depuis, le nombre des États Membres est passé à cinquante et un. Le champ de leurs avantages et prérogatives s'est aussi accru, conformément aux décisions de la Conférence générale.

Lors de sa 21^e réunion en 1999, la Conférence générale a adopté la Résolution 3 créant la catégorie d'Associé à la Conférence générale, destinée aux États et Entités économiques qui n'étaient pas encore, ou n'avaient pas la possibilité d'être des États Membres. Le but de cette étape était de leur fournir un moyen de participer à l'Arrangement du CIPM en les associant. Bien sûr, les États Associés ont des prérogatives et avantages plus limités que ceux des États Membres mais, au fur et à mesure de l'approbation de leurs CMCs dans le cadre de l'Arrangement du CIPM, on peut espérer qu'ils deviendront des États Membres. Nous avons actuellement 25 Associés, dont une Entité économique qui représente onze États.

Les Nations unies comptent toutefois 192 États Membres. Il reste donc 116 États, beaucoup d'entre eux étant qualifiés de pays en voie de développement, qui ne sont pas encore des États Membres du BIPM, alors même qu'ils utilisent le Système international d'unités, le SI. Dans la mesure où la métrologie est essentielle pour une infrastructure de qualité, étayant la production industrielle et agricole, le commerce et la société, on peut inférer que ce manque de participation entrave le développement potentiel du bien-être humain et de la croissance économique. Si plus d'États participaient aux activités du BIPM, cela serait bénéfique pour les États Membres et les Associés actuels, en particulier s'il y avait davantage de signataires de l'Arrangement du CIPM.

Le BIPM est en discussion avec un certain nombre d'États qui souhaitent devenir États Membres ou Associés. Ce processus prend souvent beaucoup de temps et nous faisons tous les efforts possibles, dans la limite de nos ressources, pour promouvoir le travail du BIPM et les avantages d'en être membre.

Le CIPM souhaite donc aller plus encore vers ces États, dans le but de promouvoir les avantages d'une association avec le BIPM et de les encourager à passer à l'étape suivante, c'est-à-dire devenir Associé ou État Membre. Le BIPM a déjà participé activement à quelques réunions régionales, et il est proposé dans le Programme de travail et budget du BIPM de renforcer les ressources consacrées à la promotion de ses activités. Si la Conférence générale l'approuve, la création d'une catégorie de « Correspondant du BIPM », ouverte aux laboratoires nationaux de

métrologie, sera une motivation majeure et un moyen éventuel d'augmenter le nombre de Membres et d'Associés.

Le projet de Programme de travail et budget du BIPM contient des propositions pour renforcer la promotion et le projet de résolution G vous demande d'approuver les mesures soutenant cette activité.

Dans le cadre de mes remarques sur les efforts supplémentaires nécessaires pour promouvoir la mission et le travail du BIPM, j'aimerais attirer votre attention sur une petite initiative qui est maintenant devenue un événement annuel majeur. Il s'agit de la Journée mondiale de la métrologie. Il y a plusieurs années, la journée du 20 mai, date de la signature de la Convention du Mètre, a été désignée comme Journée mondiale de la métrologie. En 2005, le directeur du BIPM a décidé de délivrer un message au monde de la métrologie. Celui-ci a fait l'objet d'un intérêt considérable et a été utilisé pour enrichir de nombreux événements nationaux. Ces deux dernières années, cet événement a pris plus d'élan ; par exemple, en 2006, un poster sur le thème de la métrologie et de la santé a été produit en collaboration avec le laboratoire national de métrologie d'Afrique du Sud. En 2007, mes collègues de la PTB ont collaboré à la création d'un poster sur le thème de la métrologie et du changement climatique. Cette année, le poster pour la Journée mondiale de la métrologie a été traduit dans une vingtaine de langues, en collaboration avec un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie ; nous sommes heureux du succès de cette activité et des nombreuses lettres de félicitations que le BIPM a reçues. Si l'on se tourne vers 2008, le BIPM a l'intention de profiter des Jeux olympiques, un événement majeur qui pourrait être utilisé pour attirer l'attention du grand public sur la valeur de la métrologie.

Promouvoir le travail du BIPM est un objectif majeur du site Web du BIPM, qui a été considérablement développé ces dernières années. De plus, nous avons actualisé la Brochure générale sur le BIPM et je suis sûr que vous en avez trouvé un exemplaire parmi les documents de la Conférence générale.

9.5 Le Système international d'unités, SI

Le Système international d'unités (le SI) est au cœur de notre travail. Comme vous le savez tous, des moments passionnants approchent et nous pensons qu'il sera bientôt temps – si le travail scientifique nécessaire le justifie – de redéfinir quatre des unités de base à partir de valeurs fixées de constantes fondamentales. C'est déjà le cas, par exemple, pour la seconde et le mètre, mais il est actuellement proposé d'étendre cette formulation à la définition du kilogramme, de l'ampère, de la mole et du kelvin. Ces redéfinitions apporteront des avantages réels aux métrologistes, aux sciences en général et aux autres utilisateurs. Nous devons toutefois faire attention à ne pas prendre de décisions qui auraient des effets négatifs pour notre communauté d'utilisateurs et, en bons métrologistes que nous sommes, nous procédons donc avec précaution. Les redéfinitions des unités de base ne sont pas des événements fréquents – la dernière redéfinition, celle du mètre, date de 1983. La perspective de redéfinir peut-être quatre unités en même temps est un événement extrêmement rare. Le projet de résolution L concerne ce sujet et présente les propositions du CIPM pour les prochaines étapes.

Nous devons préparer minutieusement les modifications aux définitions, par exemple en définissant clairement comment les unités seront réalisées – ce que nous appelons la mise en pratique. Le BIPM doit faire tous ses efforts, comme vous, pour alerter les utilisateurs des secteurs plus vastes des sciences et de l'industrie sur les changements éventuels. Nous ferons ce qui est en notre pouvoir pour en réduire les effets annexes et les laboratoires nationaux de

métrologie doivent mener activement des campagnes d’alerte et assurer les utilisateurs sur le fait que nous avons leurs intérêts à cœur.

Nous préparons, dans le cadre des activités des Comités consultatifs, des propositions sur les moyens de réaliser les nouvelles définitions au quotidien. Dans le cas du kilogramme, il faudra probablement attendre qu’il y ait un certain nombre de balances du watt en service dans plusieurs laboratoires nationaux de métrologie. Le BIPM construit aussi une balance du watt, en vertu de son rôle dans la conservation du prototype international ; ce prototype jouera un rôle clé dans la réalisation de la définition du kilogramme fondée sur une valeur fixée d’une constante fondamentale. Le projet de Programme de travail et budget contient une proposition d’adjoindre une personne à l’équipe du BIPM afin d’accélérer les progrès de cette construction.

Je souhaite aussi attirer votre attention sur le fait que la 8^e édition de la Brochure sur le SI a été diffusée en 2006 à l’occasion de la Journée mondiale de la métrologie. Cette Brochure est le fruit d’un effort intense du Comité consultatif des unités et nous avons été heureux de l’accueil qui lui a été réservé. Pour la première fois, nous avons aussi publié des résumés de la Brochure sur le SI ; ceux-ci ont eu un grand succès auprès des laboratoires nationaux de métrologie et des autres utilisateurs. La Brochure a été traduite dans une dizaine de langues par les laboratoires nationaux de métrologie et nous les remercions de leur collaboration. Bien sûr si la Conférence générale approuve de nouvelles définitions des unités, il faudra réviser la Brochure sur le SI, mais comme les sections concernées par les mises en pratique sont publiées sur notre site Web, ce devrait être un travail relativement simple.

9.6 Contributions arriérées des États Membres

Je souhaite maintenant revenir à une question dont nous discuterons ultérieurement lors de notre réunion et vous présenter le contexte du projet de résolution H sur les contributions arriérées des États Membres.

Le CIPM a consacré un temps considérable à la question des contributions arriérées des États Membres, car quatre États ont des contributions arriérées de plus de six ans : le Cameroun, la République dominicaine, la République islamique d’Iran et la République populaire démocratique de Corée. Le CIPM a pris acte de ce que des négociations d’accords de rééchelonnement avec certains États Membres débiteurs ont été couronnées de succès. Les États Membres ayant des contributions arriérées de plus de six ans n’ont pas été exclus par application de l’article 6, paragraphe 8, du Règlement annexé à la Convention du Mètre. Ceci a conduit à la situation délicate actuelle, où il pourrait être difficile pour certains d’entre eux de payer immédiatement leurs contributions arriérées qui atteignent aujourd’hui des montants assez considérables. Le CIPM a également noté que le Règlement annexé à la Convention du Mètre ne prévoit aucune procédure officielle d’exclusion. Il a donc décidé de proposer une procédure à la Conférence générale, exprimée dans le projet de résolution H, qui rappellerait que seule la Conférence générale peut décider d’annuler tout ou partie de la dette, ou d’exclure un État Membre débiteur. Elle renforcerait aussi le pouvoir du CIPM de négocier un accord de rééchelonnement.

9.7 Le CIPM

Le CIPM s’est réuni chaque année depuis la précédente Conférence générale et le bureau du Comité s’est réuni au moins trois fois chaque année.

Pendant ces réunions, le CIPM a, comme vous avez pu le constater dans les rapports publiés, consacré beaucoup d'attention à la mise en œuvre de l'Arrangement du CIPM. Il a clarifié sa politique sur l'utilisation de sous-traitance de mesures, sur l'emploi de matériaux de référence certifiés, sur le logo du MRA à apposer sur les certificats d'étalonnage émis par les laboratoires nationaux de métrologie, sur les arrangements établis après la fin de la période de transition le 31 décembre 2004, et sur les procédures à adopter pour l'examen des Systèmes Qualité des organisations intergouvernementales signataires de l'Arrangement du CIPM. Le CIPM a aussi adopté une politique plus ouverte à l'égard des services qui peuvent être fournis aux Associés. Celle-ci a reconnu l'importance de la contribution faite par plusieurs Associés au travail des Comités consultatifs et à l'Arrangement du CIPM, et a établi des critères concernant leur participation à ce travail. En même temps, le CIPM est conscient du besoin de maintenir une distinction claire entre les avantages et les prérogatives réservés aux seuls États Membres, et l'accès plus restreint à un certain nombre d'activités offertes aux Associés. En gardant cela à l'esprit, le CIPM soutient l'adoption des mesures proposées dans le projet de résolution E qui présente les étapes que le Comité doit envisager afin d'encourager les Associés actifs, s'ils remplissent les conditions, à devenir États Membres.

Le CIPM a aussi pris soin d'établir une politique et des procédures claires concernant les activités de ses Comités consultatifs. Lors de chaque session, il reçoit des rapports détaillés sur les activités de ses Comités consultatifs et des Comités communs.

Le CIPM a consacré un temps considérable à planifier le programme de travail du BIPM. Il a établi des critères pour chacune des activités et a discuté des projets pour les dix prochaines années proposés par le directeur du BIPM, de l'équilibre entre la métrologie en physique et en chimie, ainsi qu'entre les activités scientifiques et de coordination. Ces projets et critères forment le cadre général des travaux en constante évolution du BIPM et ont été des éléments importants de la formulation du Programme de travail et budget à partir de 2009.

Lors de la dernière réunion de la Conférence générale, mon prédécesseur, M. Kovalevsky, a attiré l'attention sur la nécessité d'assurer la continuité parmi les membres du CIPM. Même si, bien sûr, les membres sont indépendants et sont nommés à titre personnel, nous cherchons à établir un équilibre au niveau des régions et des laboratoires nationaux de métrologie, grands et petits. Nous désirons aussi que les membres du CIPM soient spécialistes de différentes disciplines de la physique et de la chimie. Nous y sommes parvenus dans le passé et je suis heureux que nos membres actuels nous apportent une vaste expérience de la gestion de laboratoires nationaux de métrologie, tout en étant un groupe de personnes ayant une connaissance solide de la métrologie. Il est inévitable que les changements de directeur des laboratoires nationaux de métrologie entraînent des changements parmi les membres du CIPM. Même si cela continue, il est important, comme M. Kovalevsky l'a dit autrefois, de préserver la mémoire du CIPM, afin que nous ayons une continuité en matière de politique. Je suis heureux de dire que c'est effectivement le cas, même s'il y a eu plusieurs départs et plusieurs nouveaux membres. Quand des membres du CIPM démissionnent, leurs successeurs sont élus à titre provisoire, en attente de la confirmation de cette élection par la CGPM. Les collègues qui ont quitté le CIPM depuis la dernière réunion de la Conférence générale sont : MM. Kovalevsky, Gopal, Lusztyk et Leschiutta. Les nouveaux membres sont MM. Érard, Carneiro, Semerjian, McLaren et Sacconi. Il n'y a pas de poste vacant au CIPM et j'espère que la Conférence générale se joindra à moi pour les remercier de leur contribution.

Comme le directeur actuel du BIPM, M. Wallard, aura 65 ans en 2010 et aura atteint l'âge de la retraite, le CIPM recherche activement son successeur ; il a reçu 29 candidatures pour le poste de directeur du BIPM.

Le bureau du Comité comprend actuellement, outre son président (moi-même), un secrétaire (M. Kaarls) et deux vice-présidents (MM. Inglis et Moscati).

9.8 L'Arrangement du CIPM

Je vous présente maintenant un rapport sur l'état de l'Arrangement du CIPM. La situation est saine et personne ne met aujourd'hui en doute la sagesse et l'intérêt qui ont présidé à sa création en 1999. Nous sommes heureux de la reconnaissance dont il jouit auprès d'un certain nombre d'organisations intergouvernementales et que ces organisations et les entreprises du secteur de l'industrie, qui bénéficient de la réduction des obstacles techniques au commerce grâce à l'acceptation dans le monde entier des certificats émis par les laboratoires nationaux de métrologie, y fassent référence. Nous disposons de plusieurs études de cas sur la manière dont des sociétés implantées dans plusieurs pays peuvent réaliser des économies en établissant la traçabilité à un laboratoire national de métrologie local. Les laboratoires nationaux de métrologie et les gouvernements peuvent aussi se servir de ce que le laboratoire national de métrologie est signataire du CIPM MRA pour attirer ou servir des investisseurs intérieurs. Un certain nombre d'agences de réglementation acceptent maintenant des certificats émis par les laboratoires nationaux de métrologie signataires comme étant équivalents à ceux émis par leur laboratoire national. Nous avons cependant encore plus à faire en ce domaine et les gouvernements doivent prendre en grande partie l'initiative de s'assurer que les buts et les objectifs de l'Arrangement du CIPM – c'est-à-dire que la reconnaissance mutuelle des certificats de mesurage émis dans le cadre du CIPM MRA – sont bien poursuivis. La déclaration commune publiée en janvier 2006 par le BIPM, l'OIML et l'ILAC est reconnue comme une déclaration explicite sur la cohérence et l'intérêt de tels arrangements ; je vous la recommande et je vous conseille vivement de l'utiliser au niveau national ainsi que dans les discussions commerciales.

Je suis très conscient que la raison majeure pour attirer de nouveaux Associés à la Conférence générale est qu'ils peuvent publier leurs aptitudes de mesure nationales dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) et les faire reconnaître ainsi au niveau international. Nous avons vu les avantages importants pour les laboratoires nationaux de métrologie les plus petits et les plus récents de travailler d'abord dans le cadre d'une organisation régionale de métrologie. La participation aux comparaisons et études pilotes au niveau régional accroît leur confiance. Je veux rendre hommage au rôle joué par les organisations régionales de métrologie pour aider leurs collègues des laboratoires nationaux de métrologie les plus récents à pousser leur État à devenir Associé ou État Membre.

A ses débuts, l'Arrangement du CIPM était fait par les métrologistes pour les métrologistes. Cette activité concernait principalement le secteur des laboratoires nationaux de métrologie avec le lancement des comparaisons clés et régionales, la mise en place de Systèmes Qualité et la validation des CMCs. Nous avons maintenant beaucoup plus confiance dans nos aptitudes de mesure et dans l'équivalence des réalisations nationales des unités et grandeurs du SI. De nombreux laboratoires nationaux de métrologie de toute taille, nouveaux ou bien établis, reconnaissent les avantages de cette activité et, parfois, grâce à des comparaisons en aveugle, ils ont pu découvrir que leurs références nationales n'étaient pas aussi bonnes qu'ils le pensaient et avaient besoin d'être améliorées. Ce n'a pas été une époque facile et des ressources considérables ont été consacrées pour atteindre le niveau d'amélioration auquel nous sommes parvenus aujourd'hui. Le BIPM continue à affiner et à améliorer la portée de l'Arrangement du CIPM et à l'étendre à d'autres domaines que la métrologie en physique et en chimie prévus à l'origine. Les principes directeurs s'appliquent à la médecine de laboratoire et peuvent être

encore étendus dans la mesure où le BIPM accroît sa collaboration avec d'autres organisations intergouvernementales et avec des agences de réglementation au niveau international.

Nous sommes très conscients que nous devons travailler avec vous à promouvoir l'utilisation de l'Arrangement du CIPM et, ce qui est plus important, de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. C'est le résultat de tout le travail scientifique intense qui a été mené et nous savons que la KCDB est de plus en plus utilisée en dehors de la communauté des laboratoires nationaux de métrologie. Le BIPM a donc récemment amélioré son moteur de recherche, a lancé une nouvelle version de son site Web, et a beaucoup fait pour améliorer la facilité d'utilisation de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés proprement dite.

Pour le moment tous les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres sauf six et tous ceux des Associés sauf cinq ont signé l'Arrangement du CIPM. J'ai cru comprendre que plusieurs laboratoires nationaux de métrologie des Associés le signeront pendant la réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie le mercredi 14 novembre 2007. Le BIPM est également entré en discussion avec l'Organisation météorologique mondiale qui a indiqué son souhait de le signer. Soixante laboratoires de trente-deux États Membres et cinq Associés sont maintenant autorisés à utiliser le logo de l'Arrangement du CIPM.

Je veux rendre hommage au travail accompli par le Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB). Il a aidé efficacement le CIPM à mettre en œuvre l'Arrangement du CIPM et a consacré un temps considérable à l'examen des CMCs et à la manière dont les organisations régionales de métrologie examinent les Systèmes Qualité des laboratoires nationaux de métrologie. Nous continuons à développer nos activités dans ce domaine et à harmoniser les procédures lorsque c'est possible. Le JCRB et les organisations régionales de métrologie veillent également activement à ce que les laboratoires nationaux de métrologie réévaluent leurs CMCs après la publication des résultats des comparaisons clés et supplémentaires. Cette obligation permet de s'assurer que les résultats publiés dans la KCDB sont actualisés et valides. Le JCRB a aussi joué un rôle important pour établir le processus d'examen des Systèmes Qualité des organisations intergouvernementales signataires de l'Arrangement du CIPM.

9.9 Comités consultatifs

Les présidents de tous les Comités consultatifs présenteront ultérieurement leurs rapports à la Conférence générale. Ces quatre dernières années ont vu un accroissement considérable de leur activité et je ne voudrais pas empiéter sur leurs propres rapports. Il existe toutefois un certain nombre de thèmes communs que je souhaite souligner et qui seront présentés en détail plus tard.

Les Comités consultatifs ont été très occupés par la stratégie qu'ils doivent adopter dans leur travail futur. Ceci recouvre un grand nombre de sujets et chaque comité soulignera, bien sûr, les questions qui le concernent le plus ainsi que les communautés qui lui sont attachées. En général, toutefois, la stratégie concerne les points suivants :

- les priorités en matière de nouvelles comparaisons clés et autres, permettant d'évaluer de manière efficace et efficiente les CMCs déclarées ;
- comment chaque comité et les laboratoires nationaux de métrologie membres doivent mettre en œuvre la préparation des futures redéfinitions de l'unité ou des unités SI dont le comité est responsable ; et

- les nouvelles activités scientifiques, comme l'élargissement des responsabilités des comités pour qu'ils couvrent de nouveaux domaines – comme par exemple l'extension des activités du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) aux fibres optiques et à certains étalons, pour la métrologie de la perception, ou comme l'intérêt du Comité consultatif des unités (CCU) pour les grandeurs physiologiques.

Les Comités consultatifs doivent réagir au changement de nature de la métrologie et à la science sous-jacente qui stimule cette évolution. Je voudrais particulièrement souligner les mesures prises par le Comité consultatif des longueurs (CCL) et par le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF) pour mettre au point une approche commune en réponse à l'émergence des nouveaux étalons de fréquence optiques et à leur potentiel, le moment venu, à servir à une redéfinition éventuelle de la seconde. Pour anticiper cet événement, le Groupe de travail du CCL sur la mise en pratique de la définition du mètre, qui s'occupait des valeurs des fréquences recommandées pour un certain nombre de nouveaux étalons, a été fusionné avec le Groupe de travail du CCTF sur les représentations secondaires de la seconde. Les deux communautés sont ainsi rassemblées dans un forum où ceux qui travaillent sur les horloges optiques peuvent prévoir l'évolution de leur science en parallèle avec les communautés traditionnelles des mesures et des comparaisons de temps. Le point le plus important de cette mesure est la capacité de répondre au besoin fondamental de systèmes servant à comparer des horloges optiques à distance et d'effectuer des comparaisons internationales de temps à de plus hauts niveaux d'exactitude afin d'améliorer le TAI. Cette initiative a été prise alors que les systèmes de comparaison actuels, comme les systèmes de comparaison de temps par aller et retour sur satellite, semblent avoir une incertitude relative limitée à quelques 10^{-16} ou un peu mieux. Les horloges optiques promettent une amélioration de l'exactitude de plusieurs ordres de grandeur. Le BIPM a pris l'initiative, en réponse à cette question, d'encourager la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie concernés et de mettre au point de nouvelles techniques de comparaison.

Il incombe au Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) d'encourager la collaboration internationale, par exemple sur le projet international Avogadro. Celui-ci rassemble un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie ayant chacun des compétences uniques mais complémentaires, et pour mener les activités de recherche et de réalisation nécessaires à l'approche « Avogadro » pour une éventuelle redéfinition du kilogramme. Sans cette initiative, il n'y aurait qu'une seule option possible – la balance du watt – et aucune confirmation indépendante de la valeur à adopter pour la définition du kilogramme.

Un certain nombre de Comités consultatifs ont participé activement à l'organisation d'ateliers et de réunions spéciales pour discuter de ces nouvelles questions. Par exemple, les ateliers organisés par le Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM) comprenaient des représentants d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux concernés par la sécurité alimentaire, la médecine légale, les étalons pour la biotechnologie, les producteurs et les laboratoires d'essais d'organismes génériquement modifiés (OGM), et les Pharmacopées. Ces interactions ont aidé le CCQM à établir des priorités et à déterminer le besoin de nouvelles comparaisons et études. Le CCL a organisé un atelier spécial sur les peignes de fréquence optiques qui a rassemblé les laboratoires nationaux de métrologie qui avaient déjà établi ces techniques et ceux qui venaient de les mettre en œuvre. Le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) a organisé des ateliers sur les comparaisons d'activité, sur les incertitudes en dosimétrie, sur le comptage par la méthode des coïncidences et sur les étalons primaires pour la dosimétrie. Le CCTF organise depuis longtemps des ateliers sur les comparaisons de temps et les échelles de temps. Je suis vraiment sûr que cet aspect du travail des Comités consultatifs

prendra de l'extension et continuera à fournir un forum unique pour permettre aux laboratoires nationaux de métrologie de s'attaquer à ces questions et d'aller au-devant de nouvelles communautés.

Le Comité consultatif de thermométrie (CCT) a lancé une comparaison clé de cellules à point triple de l'eau, dont le BIPM était le laboratoire pilote. Quand les résultats furent analysés, il fut clair que nous étions en présence de différences systématiques dues aux différences de composition isotopique de l'eau. Par conséquent, les spécifications des cellules à point triple de l'eau ont été modifiées ainsi que la réalisation actuelle de l'unité SI correspondante. Ceci se reflète dans le projet de résolution J, présenté pour approbation de la Conférence générale. Ces spécifications jouent un rôle important dans la mise en pratique du kelvin qui accompagnera l'éventuelle future redéfinition.

Le CCM a révisé la formule pour la masse volumique de l'air qui remplace la formule du CIPM 81/91, en collaboration avec le KRISS (République de Corée) et avec les sections de chimie et des masses du BIPM. Il a été démontré que les hypothèses précédentes concernant la teneur en argon de l'air étaient erronées et le CCM, en accord avec le CIPM, a adopté une formule révisée qui est maintenant utilisée par les laboratoires nationaux de métrologie du monde entier.

Le CIPM a récemment lancé une étude, dirigée par M. Seton Bennett, sur la possibilité pour les Comités consultatifs de travailler sur la métrologie des matériaux. Le CIPM a examiné le rapport de M. Bennett lors de la dernière session du CIPM la semaine passée et je tiendrai la Conférence générale informée de ce qui en a résulté. Plusieurs Comités consultatifs ont toutefois des mesures sur ces activités concernant la traçabilité et l'incertitude des matériaux et de nouvelles initiatives compléteront ce travail. Les activités actuelles comprennent les mesures de dureté, les matériaux magnétiques, les propriétés thermodynamiques et, bien sûr, les propriétés chimiques.

9.10 Comités communs

Un certain nombre de Comités communs sont importants pour notre travail.

Le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) a beaucoup attiré l'attention ces dernières années et a fait d'excellents progrès pour identifier les matériaux de référence et les procédures de référence à utiliser pour les industries du diagnostic *in vitro*. Il a attiré des experts du secteur de l'industrie avec lesquels il collabore étroitement et a accru la visibilité de la métrologie et de la traçabilité auprès du secteur de l'industrie du diagnostic et des groupes d'utilisateurs. Ses résultats sont maintenant pris en compte par les agences de réglementation, en particulier celles de l'Union européenne.

Le Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) a vu ses activités reprendre. Il a révisé sa charte et a donné des directives fortes au sujet des priorités de ses deux groupes de travail. Le Groupe de travail 1 sur le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* a terminé son travail sur l'utilisation des méthodes de Monte Carlo et il tourne maintenant son attention vers d'autres activités approuvées par le JCGM. Le Groupe de travail 2 sur le *Vocabulaire international de métrologie* a terminé sa tâche après de nombreuses années et le « VIM 3 » sera bientôt disponible auprès de l'ISO et il sera publié sur le site Web du BIPM.

9.11 Activités des sections scientifiques du BIPM

Les activités du BIPM vous sont régulièrement présentées dans le Rapport annuel du directeur du BIPM ainsi que dans les rapports du Comité international et de ses Comités consultatifs. La plupart des Comités consultatifs ont maintenant établi des groupes de travail spéciaux sur la stratégie qui, entre autres choses, examinent le travail effectué dans les laboratoires du BIPM et aident à formuler des idées d'activités futures.

Le BIPM a réalisé avec succès un nombre notable d'activités scientifiques au cours des quatre dernières années et le personnel continue à publier largement dans des journaux à comité de rédaction et à faire régulièrement des présentations dans des conférences internationales.

Je souhaite toutefois attirer votre attention sur quelques succès scientifiques qui résultent du travail de laboratoire du BIPM.

La section des longueurs a obtenu une réputation internationale pour son travail sur le peigne optique. Le système à peigne transportable du BIPM – le seul de ce type dans le monde – a permis d'effectuer un certain nombre de comparaisons et, en collaboration avec le NIST à Boulder (États-Unis d'Amérique), de valider les performances de peignes à impulsions femtosecondes indépendants. Ce travail a montré que les mesures de fréquences faites avec le peigne étaient en accord au niveau de 10^{-19} et qu'elles étaient une des principales contributions à la confiance que nous avons maintenant que les peignes ne constitueront pas une limite aux comparaisons d'étalons de fréquence optique ni aux mesures de fréquence optique et micro-onde. La section a aussi mis au point un laser compact qui est utilisé pour le condensateur calculable du BIPM et pour un gravimètre absolu amélioré. Le système a été ultérieurement mis au point en partenariat avec le VNIIM (Fédération de Russie).

En raison de la décision de fermer la section des longueurs, la responsabilité de longue date de l'organisation des comparaisons clés de fréquences de lasers a été transférée aux laboratoires nationaux de métrologie ; le BEV (Autriche) est le laboratoire pilote chargé de coordonner les activités des autres laboratoires nationaux de métrologie qui ont la responsabilité d'effectuer les mesures dans les organisations régionales de métrologie.

La section des masses continue à maintenir le rôle fondamental du BIPM concernant le kilogramme du SI. Il a étendu ses aptitudes aux mesures de masse dans l'air et dans le vide. La balance du watt du BIPM constituera un des moyens fondamentaux nécessaires pour réaliser la nouvelle définition du kilogramme et pour les futurs étalonnages d'étalons de masse des laboratoires nationaux de métrologie. Un grand nombre de techniques d'étalonnage traditionnelles sont maintenant automatisées et les laboratoires ont été rénovés. La section peut maintenant offrir des étalonnages de susceptibilité magnétique volumique et a un rôle important à jouer dans la mesure des sphères de silicium dans le cadre du Consortium international Avogadro. La section continue à fournir aux États Membres un service d'étalonnage et de fabrication de prototypes en platine iridié.

La section du temps a amélioré la vitesse de la production du Temps atomique international (TAI) et a évalué les incertitudes de $[UTC - UTC(k)]$. Cinq fontaines à césium dans différents laboratoires nationaux de métrologie contribuent maintenant au TAI, ce qui, bien sûr, a contribué à l'amélioration des incertitudes associées. La section a aussi joué un rôle actif dans les améliorations des comparaisons de temps par aller et retour et aussi grâce aux mesures du code P porté par les deux fréquences des récepteurs géodésiques du GPS. Elle continue à affiner les algorithmes de pondération utilisés pour calculer le Temps universel coordonné (UTC). Les compétences de la section dans les algorithmes et les échelles de temps ont été renforcées au

cours des quatre années passées, car elles avaient été perdues après le départ à la retraite d'un membre du personnel qui n'avait pas pu à l'époque être remplacé pour des raisons budgétaires.

Les trois scientifiques de la section d'électricité ont pris leur retraite depuis la dernière réunion de la Conférence générale et ils ont été remplacés avec succès par trois membres de la section de photométrie et radiométrie qui a été progressivement fermée au cours de ces dernières années. Les réalisations de la section d'électricité comprennent le développement de compétences dans la mesure de réseaux de jonctions de Josephson programmables, qui ont été fournis par la PTB (Allemagne), et l'extension des possibilités du pont à quadrature du BIPM aux mesures de capacité entre 500 Hz et 6000 Hz. Les nouvelles caractéristiques du diviseur permettent de faire les mesures au niveau de 1×10^{-9} en valeur relative, ce qui est nécessaire au condensateur calculable actuellement en construction. Le BIPM possède des aptitudes de mesure de capacité uniques et le nouveau condensateur calculable fournira pendant de nombreuses années une référence mondiale pour ce type de mesures. Enfin, l'utilisation des techniques de variance d'Allan, adoptées par de nombreux laboratoires nationaux de métrologie et dans lesquelles le BIPM a joué un rôle de pionnier, a donné aux métrologistes en électricité un moyen de déterminer les caractéristiques des sources de bruit des étalons électriques comme les diodes de Zener et donc une capacité à comprendre les limites fondamentales de leurs mesures. Ces techniques indiquent clairement quand il n'y a aucun avantage à allonger la durée de moyenne des résultats de mesure. Ceci a amélioré l'efficacité des mesures électriques des étalons de travail. De même, le travail de pionnier de la section sur la variation des étalons électriques en fonction de la pression a amélioré les corrections aux mesures faites à différentes altitudes. Enfin, les étalons uniques voyageurs Josephson et à effet Hall quantique de la section ont été très demandés – il y a eu six comparaisons sur site rien qu'en 2006 – et ils continuent à étayer la confiance internationale dans les réalisations nationales du volt et de l'ohm.

La section des rayonnements ionisants a maintenant établi les équipements de référence pour la mammographie fondés sur la spectroscopie Compton à rayons x, à la demande de plusieurs États Membres. Un service complet sera offert après les mesures de validation. Le nouveau calorimètre à graphite pour les mesures de dose absorbée est en voie d'achèvement et il sera non seulement utilisé pour les équipements de référence actuels du BIPM fondés sur le ^{60}Co , mais constituera aussi un outil clé pour l'accélérateur linéaire, si ce type d'équipement était établi au siège du BIPM. Il y a eu un certain nombre de progrès majeurs, fondés sur l'utilisation de méthodes de Monte Carlo, apportés aux facteurs de correction actuellement utilisés pour la dosimétrie du rayonnement du ^{60}Co . Ceci a entraîné des changements dans la valeur de référence du BIPM, changements qui sont maintenant adoptés par tous les laboratoires nationaux de métrologie qui utilisent ces techniques. On a obtenu d'importants résultats concernant l'influence des détecteurs sur l'incertitude de mesure ; ils devraient permettre une meilleure compréhension de ce phénomène quand le travail sera terminé. Enfin, l'électronique de l'unique Système international de référence (SIR) du BIPM pour les mesures de radioactivité a été entièrement remplacée et les possibilités du système ont été étendues. Il est maintenant possible de mesurer des isotopes à courte durée de vie de même que des impuretés.

La section de chimie a étendu ses activités comme prévu lors de la précédente réunion de la Conférence générale et elle occupe maintenant le créneau prévu dans le domaine de la métrologie et chimie qui s'étend rapidement. Les activités sont divisées en deux secteurs : la métrologie des gaz et la chimie organique. Le travail sur les gaz a révélé des décalages jusque là inconnus dans les photomètres de référence étalons du NIST utilisés dans le monde entier comme systèmes de mesure de l'ozone au niveau du sol, pour étayer le programme de veille atmosphérique du globe de l'OMM. Le BIPM a travaillé avec le NIST sur des kits de mise à

niveau maintenant intégrés aux photomètres de référence étalons. L'extension des mesures d'ozone effectuées au moyen de techniques fondées sur des lasers a pour but de remesurer les valeurs des sections efficaces critiques largement utilisées dans l'ultraviolet. La section a aussi mis au point des équipements de référence ; ceux-ci ont révélé qu'il fallait que les laboratoires nationaux de métrologie qui produisent des mélanges de gaz de référence par gravimétrie dans des cylindres prennent en compte des corrections et des facteurs supplémentaires. Le laboratoire d'analyse organique dispose maintenant d'une vaste série de techniques pour la production et l'analyse de composés purs. Il a maintenant coordonné plusieurs comparaisons en chimie organique, en vertu de quoi :

- Il y a eu une amélioration des aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie à déclarer des CMCs fondées sur des matériaux de référence certifiés qui sont des substances organiques pures et sur des solutions de calibrateurs organiques primaires. Actuellement, 12 % des CMCs en chimie appartiennent à ces catégories.
- Le laboratoire a élaboré des méthodes pour déterminer les caractéristiques de cinq substances clés à analyser (drogues à effet thérapeutique et hormones stéroïdes) pour la médecine de laboratoire, identifiées comme appropriées pour la base de données et les procédures du JCTLM. De ce fait, de nouveaux matériaux de référence certifiés ont été développés.
- La première démonstration internationale d'équivalence entre les aptitudes de mesure des laboratoires de référence de la Pharmacopeia et les laboratoires nationaux de métrologie a été réalisée, ce qui soutient les efforts de la Pharmacopeia et permet d'intégrer la traçabilité au SI au processus de production de leurs étalons de référence.

Lors de la dernière réunion de la Conférence générale, les programmes du BIPM sur la balance du watt et le condensateur calculable étaient considérés comme des projets spéciaux. Le projet sur le condensateur est presque terminé et a été intégré au programme de la section d'électricité. La balance du watt, un des projets les plus importants du BIPM, auquel le programme de travail pour les années 2009 à 2012 a accordé la plus haute priorité, a bien progressé. Il est fondé sur un concept novateur dans lequel les mesures en mouvement et statiques, réalisées de manière séquentielle dans les balances du watt classiques, sont ici simultanées. Ceci a un certain nombre d'avantages mais demande une conception pointue. Le prototype, fabriqué à l'atelier du BIPM, fonctionne maintenant à la température ambiante. La conception de l'aimant, réalisée selon la méthode d'analyse d'éléments finis, est terminée et des arrangements ont été conclus avec un fournisseur spécialisé pour sa fabrication. L'équipe, constituée de personnes travaillant à temps partiel dans les sections des masses et de l'électricité, a bien progressé et effectuera les premières mesures simultanées de la vitesse de la bobine et de la tension induite avant la fin de l'année. Davantage de personnel est nécessaire et il est proposé dans le Programme de travail et budget de recruter un scientifique de plus. Je suis cependant heureux de dire que le BIPM a aussi réussi à attirer en détachement un collègue du NMIJ (Japon) pour travailler à l'achèvement du système de mesure de tension en courant continu nécessaire pour assurer la traçabilité au système Josephson du BIPM. C'est un projet critique pour le BIPM compte tenu de ses responsabilités à venir concernant les mesures de masse.

Je peux aussi vous rendre compte d'un certain nombre de changements dans la gestion du BIPM. Un nouveau système d'appréciation du personnel a été mis en place avec des objectifs et des descriptions de fonctions pour chaque membre du personnel. Un code de conduite a été introduit avec succès et un certain nombre de mesures ont été prises pour actualiser le statut du personnel (conditions d'emploi), le fonctionnement des commissions représentant le personnel et les

dispositions sur la santé et la sécurité. Un point particulièrement important a été d'ajouter des dispositifs de protection supplémentaires pour le BIPM et son personnel dans l'Accord de siège signé par le CIPM et le Gouvernement français. Ces dispositions devraient être ratifiées par le Parlement français dans un proche avenir.

Une des tâches majeures de la Conférence générale est bien sûr d'approuver le Programme de travail et le budget approprié.

Comme vous le savez d'après les discussions et les informations présentées dans la Convocation et dans le Programme de travail et budget, le CIPM soutient unanimement le point de vue selon lequel la dotation du BIPM et son personnel doivent être renforcés de manière significative.

Vous nous interrogerez à juste titre sur ce point. Le fait est que les besoins de la métrologie au niveau national et international ne sont pas immuables. Ceci est amplement démontré dans le rapport du CIPM préparé par M. Kaarls, lequel souligne de manière indubitable qu'il est important de faire face à l'extension des domaines de travail en métrologie en chimie et dans les domaines associés, sans le faire aux dépens de la métrologie en physique. Le travail n'est jamais fini. Dans le domaine de la physique, les laboratoires nationaux de métrologie recherchent toujours une exactitude meilleure et une plus faible incertitude afin de répondre aux exigences de leurs clients nationaux. Ceci a un effet immédiat sur le besoin d'assurer l'équivalence internationale des étalons au moyen des comparaisons. Dans certains cas, ceci entraîne des demandes supplémentaires sur les performances des équipements de référence internationaux, tel que le Système international de référence (SIR), fournis par le BIPM. Dans d'autres cas, comme pour le condensateur calculable, il existe un besoin reconnu au niveau international pour un nouvel équipement. Sans ceux-ci, les États Membres devraient trouver ailleurs un moyen d'accès à des équipements équivalents. Partager le coût grâce au BIPM est sans doute le moyen le plus rentable de répondre à ces besoins. Dans un certain nombre d'États Membres, les gouvernements ont récemment alloué des fonds supplémentaires importants pour du personnel et de nouveaux bâtiments destinés à répondre aux besoins métrologiques au niveau national. Le BIPM a besoin d'investissements similaires afin de remplir ses tâches et d'accomplir les missions que les États Membres lui ont confiées.

Nous avons constaté que le rôle de laboratoire pilote joué par le BIPM dans le domaine de la chimie et dans la fourniture de matériaux de référence pour les comparaisons lui a apporté de nouveaux partenaires au niveau international. Le travail scientifique, et ces nouveaux partenaires, ont donné au personnel du BIPM un haut niveau de crédibilité auprès des laboratoires nationaux de métrologie ainsi qu'une influence importante dans les organisations intergouvernementales avec lesquelles il travaille. La métrologie en chimie a exigé de nouveaux investissements majeurs, financés presque entièrement sur les réserves, et il faut les renouveler régulièrement afin de maintenir ses aptitudes. Par comparaison avec de nombreux équipements de référence en physique, les équipements pour les mesures en chimie se déprécient rapidement et sont assez coûteux. Nous ne suggérons pas, bien sûr, que le BIPM devienne un fournisseur de matériaux de référence, mais son succès vient de ce qu'il occupe un créneau qui ne duplique pas inutilement le travail effectué dans les laboratoires nationaux de métrologie et qui est soigneusement ciblé afin de servir le plus grand nombre d'utilisateurs possible.

Tout dépend toutefois du besoin crucial d'être flexible et le BIPM doit continuer à ajuster ses ressources afin de répondre aux priorités les plus élevées. Il a changé en de nombreuses manières au cours des dix dernières années. Deux sections ont été fermées et nous avons continué l'expansion prévue de la coordination internationale et de la métrologie en chimie. Ceci ne s'est pas fait sans peine pour les utilisateurs. Ils ont dû prendre à leur charge une plus grande part du

travail alors que ceci aurait pu être fait sous la supervision du BIPM. Même si une partie du travail de laboratoire a été interrompue, le personnel du BIPM continue à maintenir les activités liées aux comités et à la coordination dans les domaines concernés en assurant le secrétariat exécutif de tous les Comités consultatifs. Ceci a aussi eu un effet sur le personnel du BIPM proprement dit, avec des départs et des transferts vers d'autres activités accompagnés de formations internes. Si le BIPM et son personnel n'avaient pas fait preuve de la capacité d'adaptation nécessaire, nous ne serions pas confiants dans la capacité du BIPM à continuer à faire ce que les États Membres attendent de lui, et nous ne demanderions pas aux États Membres une augmentation de budget. Celle-ci est destinée à remplir nos obligations à l'égard des États Membres, exprimées et validées dans le programme de travail approuvé par la Conférence générale lors de sa dernière réunion, et par les Comités consultatifs, en ce qui concerne les comparaisons et les services, et les initiatives prises au niveau international afin d'étendre l'influence du BIPM suite aux contacts établis avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux. Pour répondre à ces défis, notre proposition est une augmentation vraiment nécessaire et urgente, après des années d'augmentation nulle ou quasiment nulle en termes constants.

Je dois souligner que le CIPM est très conscient que, dans le passé, la Conférence générale a approuvé plusieurs programmes de travail et placé des exigences sur le BIPM sans approuver la dotation nécessaire pour lui permettre de fournir le travail demandé. C'est pourquoi nous avons travaillé avec le directeur du BIPM à élaborer un programme de travail qui présente les activités du BIPM plus en détail que par le passé, afin que vous puissiez identifier précisément ce qui sera maintenu et réalisé avec la dotation. Cette approche aidera à structurer notre discussion et peut aider à faire le point sur des activités spécifiques comme sur les budgets globaux.

Afin de programmer le travail du BIPM pour les dix années à venir, le CIPM et le directeur du BIPM doivent avoir l'assurance que les États Membres lui assureront le financement nécessaire. Une des caractéristiques évidentes de ces dernières années est que l'incertitude budgétaire a eu pour conséquence que le CIPM s'est montré réticent à approuver le recrutement de personnel supplémentaire. Ceci du fait qu'il ne pouvait pas être tout à fait sûr de pouvoir financer à long terme ce personnel, dans la mesure où les fluctuations enregistrées, tant dans la proportion de la dotation reçue que dans le paiement des contributions arriérées, ont entraîné des écarts significatifs entre les budgets prévisionnels et leur exécution. Un grand nombre de recrutements récents, tous examinés avec soin par le CIPM et dont la nécessité a été clairement et fortement démontrée, n'ont été possibles que grâce à d'autres sources de revenu sur lesquelles on ne peut pas compter, ou exceptionnelles. Le CIPM a donc été prudent avant d'approuver le recrutement de personnel nouveau, mais est déterminé à aller de l'avant pour maintenir l'élan promu dans le programme de travail, pour s'assurer du recrutement d'un personnel plus jeune à l'occasion de départs à la retraite et pour s'assurer que le BIPM pourra répondre aux nouveaux défis. Cette responsabilité doit maintenant être assumée par les paiements réguliers des États Membres et des Associés.

Cependant, et comme nous en discuterons ultérieurement pendant la réunion de la Conférence générale, le BIPM a réussi à négocier le paiement de certaines contributions arriérées et a, du fait de restrictions de personnel, économisé à court terme sur les dépenses de laboratoire. Les crédits correspondant à ces dépenses ont été reportés et seront utilisés pour honorer les engagements de ces dépenses mais l'effet à court terme a été d'augmenter les réserves du BIPM au-delà du niveau prévu.

Ceci conclut le rapport officiel du président du CIPM. Enfin, je voudrais remercier le personnel du BIPM, les représentants des laboratoires nationaux de métrologie aux Comités consultatifs et

mes collègues du CIPM pour leur travail et pour leur contribution inestimable à notre mission l'uniformité mondiale des mesures. »

Le président du CIPM annonce que le CIPM a nommé la semaine précédente M. Michael Kühne, membre du Conseil de la présidence de la PTB (Allemagne) pour succéder au directeur du BIPM, M. Wallard, après son départ à la retraite en 2010.

Le président remercie M. Goebel, président du CIPM, pour son rapport et ouvre la discussion.

M. Thor (Suède) mentionne que suite à la Résolution adoptée lors de la 22^e réunion de la Conférence générale sur l'utilisation du point ou de la virgule comme séparateur décimal, l'ISO et la CEI ont corrigé leur documentation sur la validité du point et de la virgule comme séparateur décimal. Toutefois des éclaircissements restent nécessaires.

10 Relations avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux

M. Kaarls évoque l'importance croissante de la collaboration entre le BIPM et un certain nombre d'organisations intergouvernementales et organismes internationaux. Il présente les intervenants suivants qui font de brèves présentations.

10.1 Rapports sur les relations avec l'AIEA, la CEI, l'ILAC, l'ISO, l'OIML et l'OMM

Agence internationale de l'énergie atomique

M. Andreo présente brièvement les relations entre le BIPM et l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA).

En 1976, l'Agence internationale de l'énergie atomique et l'Organisation mondiale de la santé (OMS) ont conclu un arrangement de travail afin d'établir un réseau mondial de laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie (SSDL). En 2007, ce réseau comprenait 78 laboratoires appartenant à 69 États Membres de l'AIEA dans le monde. Il est guidé par un secrétariat commun à l'AIEA et à l'OMS, lui-même conseillé par un comité scientifique du SSDL. Il est soutenu par cinq organisations qui collaborent au réseau (le BIPM, la CEI, l'ICRU, l'IOMP et l'OIML), dont le BIPM, et par 15 Membres affiliés, c'est-à-dire par des laboratoires d'étalonnage primaires nationaux*. Il jouit de la pleine reconnaissance nationale et internationale.

Bien que les origines du réseau SSDL soient liées au besoin d'exactitude des mesures en dosimétrie pour la radiothérapie dans les pays en voie de développement, il est devenu clair lors de la réunion de *brain storming* initiale au Brésil en 1974 que « Lorsque l'on établit des

* Allemagne, Australie, Autriche, Canada, Espagne, États-Unis d'Amérique, France, Hongrie, Italie, Japon, Nouvelle-Zélande, Pays-Bas, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Fédération de Russie et Slovaquie.

laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie, il faut avoir à l'esprit que le but de cette organisation est la métrologie et pas la santé. Elle doit être liée au système de mesure international, ce qui ne peut être accompli qu'en étant lié aux laboratoires primaires ». Le but global du réseau est donc de garantir la cohérence internationale des étalons des mesure de rayonnements ionisants au moyen de l'étalonnage des étalons secondaires nationaux, des audits qualité des laboratoires et des comparaisons internationales. Ceci a été réalisé en étendant les liens existants entre les laboratoires primaires et le BIPM au réseau SSDL et donc à l'AIEA. Le rôle principal de ces SSDL est de combler le vide entre les laboratoires primaires d'étalonnage en dosimétrie et les utilisateurs des rayonnements ionisants, en permettant le transfert des étalonnages de dosimètres de l'étalon primaire jusqu'à l'instrument de l'utilisateur.

Ainsi, depuis plus de trente ans l'AIEA dissémine les étalons de métrologie de rayonnements ionisants du BIPM à ses États Membres, principalement pour une trentaine de laboratoires de pays qui ne sont pas signataires de la Convention du Mètre. Ainsi, durant ces cinq dernières années, l'AIEA a fourni presque un millier de coefficients d'étalonnage, dont plus de 400 à des laboratoires nationaux de pays non signataires de la Convention du Mètre. Presque 90 % de ces étalonnages appartiennent au domaine de la radiothérapie et le reste au domaine de la radioprotection.

Avec un rôle métrologique moindre, mais un plus large impact pratique pour les utilisateurs finaux, le programme de l'AIEA et de l'OMS d'audit qualité de la vérification des dosimètres thermo-luminescents par voie postale a débuté en 1969 en collaboration avec l'OMS (Organisation panaméricaine de la santé, PAHO, en Amérique latine). Le programme de vérification des dosimètres thermoluminescents a amélioré la fiabilité des mesures de dosimétrie dans les centres de radiothérapie, et après avoir été étendu aux laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie, il est devenu un outil important dans la procédure de vérification en dosimétrie. Il est demandé aux laboratoires primaires de participer régulièrement à ce programme qui, depuis sa création, bénéficie du soutien du BIPM pour fournir des radiations de référence de dosimètres thermoluminescents pour les 500 faisceaux pour la radiothérapie en milieu hospitalier vérifiés chaque année et pour les SSDL qui fournissent des services d'étalonnage en radioprotection, dont le nombre se situe entre 15 et 20 par an.

Le soutien du BIPM au réseau SSDL de l'AIEA et de l'OMS et à l'audit qualité de la vérification des dosimètres thermoluminescents par voie postale ne se limite pas toutefois à fournir une assistance technique et la traçabilité aux services de dosimétrie de l'AIEA aux États Membres. Son personnel est aussi étroitement lié à plusieurs autres activités de l'AIEA en dosimétrie des rayonnements. La responsable de la section des rayonnements ionisants du BIPM préside le Comité scientifique SSDL (qui se réunit tous les deux ans) et elle participe à la préparation de la Charte SSDL. Outre le fait de participer régulièrement à nos symposiums et conférences sur la dosimétrie, le personnel du BIPM contribue de manière substantielle à la préparation des publications de l'AIEA et des Codes de pratique adressés aux laboratoires secondaires d'étalonnage en dosimétrie et aux utilisateurs finaux.

L'AIEA, qui a participé à la mémorable réunion de la Conférence générale en octobre 1999, a alors signé le CIPM MRA. Les aptitudes en matière de mesure et d'étalonnage (CMCs) de l'AIEA ont été finalement approuvées par le JCRB cette année, et elles ont été publiées dans la base de données du BIPM en accord avec les dispositions du CIPM MRA. Cette reconnaissance a été complétée par l'invitation à devenir membre à part entière de la Section I du CCRI, lors de sa dernière session.

La collaboration fructueuse entre le BIPM et l'AIEA n'est cependant pas restreinte aux contributions de longue date dans le domaine des rayonnements ionisants ; plus récemment, sa contribution dans le domaine de la métrologie en chimie mérite une mention spéciale.

L'AIEA est devenue membre à part entière du CCQM en 2002. À ce titre, l'AIEA participe aux études pilotes et comparaisons clés qui la concernent, principalement celles liées à la présence d'éléments dans le poisson et dans les aliments. N'étant pas un laboratoire de métrologie, le fait de participer à ces études pilotes et à ces comparaisons lui permet d'évaluer et de comparer ses aptitudes de mesure au niveau métrologique le plus élevé et elle est ainsi capable d'assurer et de confirmer les résultats de mesure produits par ses propres laboratoires.

Il est important de mentionner l'étude pilote CCQM-P75 sur "Stable isotope delta values" qui mesure les rapports d'abondances isotopiques stables, la première de son espèce, coordonnée en collaboration avec l'AIEA. Les avantages pour l'AIEA de la collaboration avec le CIPM (CCQM) dans ce domaine de mesure spécifique sont de deux types. Tout d'abord, l'AIEA a un rôle moteur dans les mesures de rapports isotopiques stables du fait de sa fonction qui consiste à fournir des matériaux de référence et des calibrateurs aux laboratoires. La normalisation de ce type de matériaux est de la plus haute importance pour le schéma d'étalonnage. Une interaction plus étroite avec le CIPM (CCQM) afin de démontrer les aptitudes de mesure existantes des laboratoires de l'AIEA et des laboratoires experts avec lesquelles elle collabore pour effectuer ces étalonnages renforcera davantage la confiance et la fiabilité de ces efforts. Par ailleurs, l'étalonnage des mesures est souvent fait par des comparaisons de mesure entre différents laboratoires. La longue expérience du CCQM dans ces comparaisons et ces évaluations sont utiles à l'AIEA pour effectuer des travaux qui utilisent des procédures de pointe internationalement reconnues.

L'AIEA a récemment proposé une nouvelle étude pilote sur la détermination des éléments en trace dans le phosphogypse. Le matériau de référence de l'AIEA pour le phosphogypse (AIEA-434) a déjà été utilisé avec succès dans une comparaison supplémentaire du CCRI. Suivant la pratique établie par le CCQM, il est prévu d'utiliser les résultats de cette comparaison pour des valeurs d'entrée partielles servant à la détermination des caractéristiques du matériau de référence AIEA-434. Le fait d'utiliser des résultats traçables du point de vue métrologique permettra à l'AIEA de produire finalement un nouveau matériau de référence certifié qui sera directement utile à l'AIEA et aux utilisateurs finaux (les États Membres de l'AIEA).

Il est prévu que cette collaboration s'étende encore plus, l'AIEA hébergeant la prochaine réunion du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse inorganique qui se tiendra du 8 au 10 octobre 2008.

Organisation internationale de métrologie légale

M. Johnston parle brièvement des relations entre l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) et le BIPM. L'OIML est une organisation intergouvernementale régie par un traité qui comprend 59 États Membres, ayant signé le traité et possédant des droits de vote, qui peuvent émettre des certificats OIML et participer aux systèmes de l'OIML. De plus, l'OIML compte 56 Membres Correspondants inscrits et qui peuvent participer aux activités techniques.

M. Johnston dit ensuite que l'OIML et le BIPM sont complémentaires :

- La tâche du BIPM est d'assurer l'uniformité mondiale des mesures et leur traçabilité au SI.

- La mission de l'OIML est de permettre aux économies de mettre en place des infrastructures efficaces en métrologie légale, mutuellement compatibles et reconnues au niveau international, grâce à l'harmonisation et à l'établissement de la confiance mutuelle.
- Les deux organisations contribuent au développement économique et facilitent les échanges commerciaux.

Des réunions bilatérales constructives entre les membres du personnel du BIML et du BIPM sont organisées au niveau :

- des présidences des Comités, et
- des bureaux.

L'OIML et le CIPM ont établi un programme de travail commun.

Le BIPM et l'OIML ont décidé d'élaborer et de produire plusieurs moyens de communication communs afin de promouvoir la métrologie :

- une plaquette générale sur la métrologie qui présente les deux organisations,
- des plaquettes communes thématiques (sur le commerce, la sécurité, la santé etc.),
- un portail Web commun.

M. Johnston dit ensuite que chaque organisation devrait promouvoir l'adhésion à l'autre organisation :

- 18 États Membres de l'OIML ne sont pas des États Membres du BIPM, et
- 10 États Membres du BIPM ne sont pas des États Membres de l'OIML.

Organisation météorologique mondiale

M. Hinsman présente l'allocution suivante sur les relations entre le BIPM et l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

« Permettez-moi, au nom de M. Michel Jarraud, secrétaire général de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), d'exprimer notre reconnaissance au BIPM pour avoir invité l'OMM à la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures. L'OMM est heureuse et honorée de bénéficier de cette opportunité de s'adresser à cette importante assemblée.

L'OMM a participé pour la première fois, il y a quatre ans, à la réunion de la Conférence générale des poids et mesures. À cette occasion, nous avons eu le plaisir de vous informer brièvement sur l'OMM et ses activités qui intéressent plus particulièrement votre organisation. J'aimerais aujourd'hui souligner la valeur du travail du BIPM pour celui de l'OMM et combien vos activités et les nôtres sont complémentaires.

Le but de l'OMM est d'être l'autorité mondiale en matière de compétence et de coopération internationale dans les domaines de la météorologie, du climat, de l'hydrologie et des ressources en eau, des désastres naturels de nature hydrologique et météorologique et des questions liées à l'environnement, et ainsi de contribuer à la sécurité et au bien-être des personnes dans le monde entier, ainsi qu'aux bénéfices socio-économiques de toutes les nations.

Pour atteindre ses objectifs, l'OMM dispose d'importants réseaux d'instruments qui observent un vaste domaine de paramètres. Les mesures fournies par ces réseaux devraient être fondées sur des normes communes pour déployer tout leur potentiel. La complexité de ces mesures dépend

fortement des paramètres observés, de l'instrument utilisé et du but final de ces observations. De plus, le niveau d'exactitude requis pour ces mesures dépend grandement des applications auxquelles elles sont destinées et des conditions climatiques spécifiques dans lesquelles elles sont faites.

La question du changement climatique fait l'objet de nombreux débats en ce moment. La compréhension de notre climat souligne la nécessité pour l'OMM de s'assurer que les mesures des paramètres climatologiques utilisés pour surveiller l'état et l'évolution du climat sont de haute exactitude, qu'elles sont fondées sur des références acceptées par tous et que ces dernières sont stables sur le long terme. Tout le potentiel des observations pour les modèles de prédiction du climat ne peut être atteint qu'en utilisant des instruments qui sont régulièrement étalonnés et traçables aux étalons de référence mondiaux. Il est donc du plus grand intérêt pour l'OMM de s'assurer que les mesures provenant de ses réseaux se réfèrent à des étalons de référence stables et communément acceptés.

Le secrétariat de l'OMM facilite le travail effectué collectivement par ses Membres mais il ne possède pas de laboratoire d'étalonnage. Ce sont les Membres de l'OMM qui possèdent leurs propres réseaux d'observation, étalons et laboratoires d'étalonnage respectifs. Quand l'OMM a un besoin spécifique, il désigne des centres spécifiques, parmi ses Membres, pour effectuer ces tâches pour l'ensemble de la communauté de l'OMM ou pour étayer des besoins régionaux spécifiques. Par exemple, le Centre rayonnement mondial à Davos maintient la référence radiométrique mondiale pour les mesures d'éclairement énergétique solaire et sert de centre d'étalonnage pour le compte de l'OMM. Un exemple très différent est fourni par les centres régionaux d'instruments, désignés sur une base régionale afin de fournir aux Membres de la région des services d'étalonnage des instruments pour la météorologie et pour l'environnement. Ces centres régionaux d'instruments doivent établir la traçabilité de leurs propres étalons et instruments de mesure aux unités du SI. L'OMM a donc récemment décidé de renforcer ses centres régionaux d'instruments et les centres radiométriques afin d'améliorer la traçabilité de leurs mesures aux unités du SI et elle demande maintenant leur audit régulier.

L'OMM a toujours accordé beaucoup d'importance à la qualité et à la traçabilité de ses observations. Dans la mesure du possible, l'OMM se fonde sur les aptitudes en matière d'étalonnage et sur la chaîne de traçabilité fournies par les laboratoires de métrologie. À cet égard, le travail du BIPM a toujours été très utile à l'OMM.

Dans le passé, il y a eu des cas où des laboratoires nationaux de métrologie n'étaient pas en mesure d'offrir des services pour aider les Membres de l'OMM dans leur travail et répondre à leurs besoins, en raison des conditions particulières dans lesquelles les instruments météorologiques sont utilisés ou parce que les domaines de concentration utiles à l'OMM étaient très différents de ceux utilisés par les laboratoires nationaux de métrologie à un moment donné. Ceci a parfois conduit au développement d'étalons de référence propres de l'OMM.

Maintenant, la situation est bien plus satisfaisante puisque les domaines et les conditions dans lesquels les instruments des laboratoires nationaux de métrologie peuvent être utilisés ont évolué. Le travail du BIPM est d'autant plus utile pour l'OMM, puisqu'il permet d'effectuer des comparaisons de ces étalons dans des domaines d'utilisation similaires. Aussi, les évolutions dans les laboratoires nationaux de métrologie devraient être très utiles à l'OMM. Par exemple, l'élaboration de radiomètres cryogéniques pourrait bientôt permettre d'effectuer des mesures directes de l'éclairement énergétique solaire, plutôt que d'être limité à l'utilisation de sources artificielles en laboratoire. Si ces évolutions répondent à leurs promesses, la collaboration directe entre l'OMM et le BIPM sera extrêmement importante pour s'assurer que certains écarts

observés soient bien compris et pris en compte par les deux communautés, et ensuite pour assurer une transition en douceur aux mêmes références, si cela s'avère approprié.

L'OMM désigne aussi des laboratoires centraux et des centres d'étalonnage dans le cadre de son Programme de recherche atmosphérique et environnemental pour aider la communauté travaillant sur la veille de l'atmosphère globale, qui contrôle la composition chimique et les caractéristiques physiques de l'atmosphère.

Il est très important que les laboratoires désignés par l'OMM participent aux comparaisons internationales d'instruments afin d'assurer la comparabilité des étalons de mesure utilisés dans le monde. À cet égard, l'OMM est très heureuse que les laboratoires désignés par l'OMM aient déjà l'opportunité de prendre part aux comparaisons organisées par le BIPM sur les mesures d'ozone, du méthane et du dioxyde de carbone. Ces comparaisons ont confirmé que les laboratoires désignés par l'OMM maintiennent des étalons de très haute qualité. Alors que l'OMM organise elle-même des comparaisons internationales d'instruments, et qu'elle participe aussi aux comparaisons appropriées organisées par le BIPM, ces comparaisons démontrent plus largement l'équivalence des étalons de l'OMM et leur reconnaissance internationale, leur acceptation ainsi que leur compatibilité.

Certains des laboratoires désignés par l'OMM ont des liens étroits avec les laboratoires nationaux de métrologie. Ceci leur permet de participer à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et aux comparaisons clés liées. Cependant, il existe d'autres laboratoires désignés par l'OMM qui n'ont pas de liens étroits avec les laboratoires nationaux de métrologie, mais qui ont des aptitudes de mesure comparables à celles des laboratoires correspondants pour des paramètres spécifiques, ou pour des domaines spécifiques de certains paramètres. Il est extrêmement important pour l'OMM que ces laboratoires, qui assurent de très hautes responsabilités en matière d'étalonnage et de traçabilité à certains réseaux de l'OMM, aient la possibilité de participer aux comparaisons internationales d'instruments appropriées.

À cet égard, l'OMM remercie le BIPM de l'avoir invité à signer l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. Il est prévu que les laboratoires qui maintiennent les meilleures aptitudes de mesure et qui soit n'appartiennent pas aux laboratoires nationaux de métrologie de leur pays respectif, soit n'ont pas de lien avec eux, puissent saisir l'opportunité à l'avenir de signer le CIPM MRA et participer aux comparaisons clés.

L'OMM est aussi très reconnaissante au BIPM pour les collaborations entre le BIPM et l'OMM qui ont vu le jour ces quatre dernières années. Le BIPM et l'OMM ont non seulement assisté aux réunions de haut niveau des deux organisations, mais une collaboration importante et très fructueuse a aussi eu lieu au niveau des groupes de travail du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR) et du Comité consultatif pour la quantité de matière – métrologie en chimie (CCQM).

Comme je l'ai déjà mentionné, l'OMM organise régulièrement des comparaisons internationales d'instruments afin d'assurer la traçabilité et l'étalonnage de ses équipements, mais aussi pour étudier la réponse de divers systèmes d'observation dans des conditions climatiques extrêmes. Par exemple, l'OMM envisage d'héberger des comparaisons internationales d'écrans de protection pour les thermomètres, ainsi que de capteurs d'humidité dans des conditions désertiques ou arctiques. L'OMM envisage aussi d'organiser des comparaisons d'instruments de mesure de précipitations solides, y compris de chute de neige. Alors que ces comparaisons internationales ne sont peut-être pas d'un intérêt immédiat pour le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie, d'autres comparaisons internationales, comme les comparaisons de

pyrhéliomètres que l'OMM organise régulièrement tous les cinq ans, pourraient les intéresser et c'est avec plaisir que nous accueillerons leur participation.

Je veux vous remercier à nouveau d'avoir invité l'OMM à la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures. »

Commission internationale de l'éclairage

M. Hengstberger parle des relations entre le BIPM et la Commission internationale de l'éclairage (CIE). Il présente le contexte de la signature du protocole d'accord entre la CIE et le BIPM ; il dit pourquoi il est important qu'il y ait des réunions régulières entre les deux organisations afin de discuter de questions d'intérêt commun, comme par exemple de l'unité de base du SI, la candela, de la photophysique et de la photobiologie. M. Hengstberger mentionne que le vocabulaire international de l'éclairage a été soumis au BIPM afin que son personnel s'assure que le texte est cohérent avec le SI.

International Laboratory Accreditation Cooperation

M. Squirell évoque les relations entre le BIPM et l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Il parle de la question de la définition des termes « aptitude en matière de mesures et d'étalonnages » (Calibration and Measurement Capability, CMC, un terme utilisé par la communauté de la métrologie) et « meilleure aptitude de mesure » (Best Measurement Capability, BMC, un terme utilisé par la communauté de l'accréditation), en soulignant que le BIPM et l'ILAC se sont rencontrés à un certain nombre d'occasions pour essayer de trouver un compromis sur les définitions de ces deux termes. M. Squirell dit ensuite que l'assemblée générale de l'ILAC s'est réunie le 29 octobre 2007 et que la résolution suivante a été adoptée :

« Résolution GA 11.20 de l'ILAC :

L'assemblée générale de l'ILAC approuve le document commun à l'ILAC et au BIPM sur le terme « Aptitude en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) » comme un pas en avant significatif vers la coordination de ce concept par l'ILAC et le BIPM. L'ILAC tiendra compte de ce document commun lors de la préparation des documents à venir sur l'incertitude de mesure, en collaboration avec le BIPM. »

Cette décision respecte le souhait de la communauté des laboratoires nationaux de métrologie de conserver le terme CMC et assure l'harmonisation de la terminologie. Elle a aussi stimulé de nouvelles réflexions dans la communauté de la métrologie en chimie au sujet du terme mesurande et d'autres aspects de la valeur assignée aux matériaux de référence. M. Squirell souligne que le BIPM collaborera avec l'ILAC à la rédaction d'une déclaration commune pour promouvoir l'utilisation du terme CMC ; divers documents de politique de l'ILAC devront être revus et un groupe de travail commun au BIPM et à l'ILAC participera à leur production.

Organisation internationale de normalisation

M. Samné présente brièvement les relations entre le BIPM et l'Organisation internationale de normalisation (ISO).

Au sujet de la collaboration entre l'ISO et le BIPM, M. Samné souligne la nature du travail entrepris par l'ISO et les domaines dans lesquels le personnel du BIPM et les membres des

Comités consultatifs du CIPM travaillent avec des experts techniques de l'ISO. Parmi les domaines de collaboration figurent :

- le 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
- le JCGM – Comité commun pour les guides en métrologie
- l'ISO TC 12 – Grandeurs, unités, symboles, facteurs de conversion
- l'ISO TC 176 – Gestion de la qualité
- l'ISO CASCO – Comité pour l'évaluation de la conformité de l'ISO
- l'ISO REMCO – Comité pour les matériaux de référence de l'ISO

Le JCDCMAS a été établi par des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux ayant pour mandat de renforcer les infrastructures techniques et de fournir des aptitudes dans les domaines de la métrologie, de la normalisation et de l'évaluation de la conformité (y compris l'accréditation) dans les pays en voie de développement. Ces organisations intergouvernementales et organismes internationaux sont les suivants :

- le Bureau international des poids et mesures (BIPM)
- le Forum international de l'accréditation (IAF)
- la Commission électrotechnique internationale (CEI)
- l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)
- l'Organisation internationale de normalisation (ISO)
- le Centre du commerce international – Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED) de l'OMC (CCI)
- le Bureau de normalisation des télécommunications de l'UIT (UIT-T)
- l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML)
- l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI)

JCGM Le travail actuel du JCGM est centré sur la publication du Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM) et de ses suppléments et du Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM). Les documents en préparation ou ceux qui ont été publiés sont les suivants :

- Guide ISO/CEI 98 – Incertitude de mesure

Partie 1 – Introduction à l'expression de l'incertitude de mesure

Partie 2 – Concepts et principes fondamentaux

Partie 3 – Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM :1995)

Supplément 1 – Propagation de distributions par une méthode de Monte Carlo

Supplément 2 – Modèles avec un nombre quelconque de grandeurs de sortie

Supplément 3 – Modélisation

Partie 4 – Rôle de l'incertitude de mesure dans l'évaluation de la conformité

Partie 5 – Applications de la méthode des moindres carrés

- Guide ISO/CEI 99 :2007 – Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)

ISO/TC12 : Grandeurs, unités, symboles, facteurs de conversion

Normes publiées :

- ISO 80000-3 :2006 – Espace et temps
- ISO 80000-4 :2006 – Mécanique
- ISO 80000-5 :2007 – Thermodynamique
- ISO 80000-8 :2007 – Acoustique

Normes à l'étude :

- ISO 80000-1 – Généralités
- ISO 80000-2 – Signes et symboles mathématiques à employer dans les sciences de la nature et dans la technique
- IEC 80000-6 – Électromagnétisme
- ISO 80000-7 – Lumière
- ISO 80000-9 – Chimie physique et physique moléculaire
- ISO 80000-10 – Physique atomique et nucléaire
- ISO 80000-11 – Nombres caractéristiques
- ISO 80000-12 – Physique de l'état solide
- IEC 80000-13 – Sciences et technologies de l'information
- IEC 80000-14 – Téléliométrie relative à la physiologie humaine
- ISO/NP 29865 – Base de données coordonnée sur les interactions téléliométriques multimodales

ISO CASCO La série de documents de l'ISO CASCO consiste en 26 documents concernant : le vocabulaire, les principes et éléments communs pour l'évaluation de la conformité, le code de bonne pratique, la certification des produits, la certification des systèmes, la certification des personnes, les marques de conformité, les essais, l'étalonnage, l'inspection, les déclarations de conformité des fabricants, l'accréditation, l'évaluation par les pairs, et les arrangements de reconnaissance mutuelle. Les Membres sont au nombre de 106 : 75 sont Participants, 31 Observateurs et 9 appartiennent à la catégorie A de liaison avec les organisations internationales : le BIPM, l'International Accreditation Forum (IAF), l'International Federation of Standards Users (IFAN), l'International Federation of Inspection Agencies (IFIA), l'ILAC, l'International Program Committee (IPC), l'International Certification Network (IQNet), l'OIML et l'Union Internationale des Laboratoires Indépendants (UILI).

Projets en cours :

- ISO/CEI 17021 - Partie 2 (CASCO GT 21), Évaluation de la conformité - Exigences pour les organismes procédant à l'audit et à la certification de systèmes de management
- ISO/PAS 17005 (CASCO GT 23), Évaluation de la conformité - Utilisation des systèmes de management dans l'évaluation de la conformité - Principes et exigences
- ISO/CEI 17007 (CASCO GT 27), Évaluation de la conformité - Lignes directrices pour la rédaction de documents normatifs et exigences spécifiques pour l'application de l'évaluation de la conformité
- ISO/CEI 17043 (CASCO GT 28), Évaluation de la conformité – Exigences concernant les essais d'aptitude
- ISO/CEI 17065 (CASCO GT 29), révision de ISO/IEC Guide 65-1996 - Exigences pour les organismes fournissant des systèmes de certification de produit (incluant les services)

M. Mills pose une question au sujet de l'utilisation du séparateur décimal. Il fait remarquer au représentant de l'ISO que la Conférence générale lors de sa 22^e réunion en 2003 avait décidé que le séparateur décimal pouvait être le point sur la ligne ou la virgule, selon la langue utilisée dans le texte. Malgré tout, l'ISO insiste dans sa documentation pour que le séparateur décimal soit la virgule, ce qui, à son avis, n'est pas vraiment idéal pour encourager l'utilisation de cette notation. M. Samné prend acte de sa remarque.

Le président remercie tous les intervenants pour leur contribution.

10.2 Projet de résolution A « Initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation au niveau national »

En qualité de secrétaire de la CGPM, M. Kaarls lit le texte du projet de résolution et demande aux délégués des États Membres s'ils ont des commentaires ou des questions ; le projet ne fait l'objet d'aucun commentaire.

11 Projet de résolution B, Rapport du Comité international sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures (Rapport Kaarls)

Le secrétaire du CIPM, M. Kaarls, présente le rapport « Kaarls » et demande s'il y a des commentaires ou des questions.

M. da Jornada (Brésil) commente qu'il a apprécié le rapport et les recommandations qui y sont formulées, mais dit que le rapport aurait dû donner plus d'informations sur le biodiesel et les biocarburants. M. Samné (ISO) signale que les comités techniques de l'ISO sur les biocarburants ont beaucoup travaillé sur ce sujet et il suggère que l'ISO fasse de son mieux pour aider les laboratoires nationaux de métrologie dans leur travail relatif à ces importants domaines en développement.

M. Herrero (Commission européenne) commente que dans certains pays les laboratoires désignés ne sont pas sous le contrôle direct du laboratoire national de métrologie ; par exemple, en Europe, l'industrie alimentaire désigne des laboratoires pour l'analyse des aliments. Le secrétaire du CIPM explique ce qu'est un laboratoire désigné, et il ajoute que dans certains pays, certaines industries (en particulier dans le secteur de l'alimentation) ne sont pas étroitement intégrées au système de mesure international ; il y a donc un manque de cohérence au niveau international quant à la manière dont la traçabilité est disséminée à chaque client.

M. Magaña (OIML) dit que, dans tous les pays, la traçabilité devrait être établie au SI par le biais des laboratoires nationaux de métrologie. Cependant, M. Herrero dit que certains pays n'ont pas l'expertise nécessaire dans leur laboratoire national de métrologie et qu'ils désignent donc un laboratoire extérieur. Il dit ensuite que certainement dans l'Union européenne, les États Membres devraient désigner les laboratoires ayant l'aptitude requise. Il est important d'essayer de faire en sorte que la procédure pour disséminer la traçabilité soit aussi directe et claire que possible.

M. Valdés (Argentine) commente la nécessité d'améliorer la communication entre les divers comités techniques au niveau des laboratoires nationaux de métrologie et des organisations responsables d'élaborer des normes internationales, telles que l'ISO. Le secrétaire du CIPM revient sur ce point, disant qu'il est vraiment nécessaire de renforcer la communication entre la communauté de la métrologie et les comités techniques de l'ISO.

M. Steele (Canada) commente que le rapport « Kaarls » aurait pu contenir plus d'informations sur les structures et la nanotechnologie.

Le secrétaire du CIPM lit le texte du projet de résolution B et demande si les délégués des États Membres ont des commentaires ou des questions ; il n'y en a pas.

12 Programme de travail du BIPM et implications financières

12.1 Programme de travail du BIPM

M. Wallard, directeur du BIPM, présente les besoins actuels et émergents de la métrologie internationale et dit comment le programme de travail proposé par le BIPM pour les quatre années 2009 à 2012 a été établi pour répondre à ces besoins. Il souligne la nécessité pour les États Membres d'avoir une vue d'ensemble et d'examiner l'image globale des besoins de la communauté internationale de la métrologie, plutôt que de choisir les projets entrepris au BIPM qu'ils sont prêts à soutenir uniquement en fonction de leur intérêt national.

Le directeur du BIPM souligne comment le BIPM évolue pour répondre aux besoins des États Membres et voit sa charge de travail s'alourdir ; il souligne que pendant les dernières années, davantage de certificats d'étalonnage ont été émis pour 90 % des États Membres. Il dit que le BIPM est de plus en plus impliqué dans la coordination internationale, et que de plus en plus d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux sont représentés aux réunions de la Conférence générale et participent aux Comités consultatifs. Il commente que le monde vient au BIPM et que le BIPM doit pouvoir répondre efficacement à la demande. En effet, cette augmentation du travail avec les organisations avec lesquelles nous sommes en liaison a doublé le temps consacré par les membres du personnel du BIPM de haut niveau à la

coordination internationale. Il souligne que toutes les délégations font des économies grâce au travail effectué au BIPM (« Tous les États Membres bénéficient des comparaisons ») et qu'il n'a jamais entendu de délégués d'États Membres dire qu'ils voulaient que le BIPM travaille moins pour eux.

Il résume ensuite ce que le BIPM a accompli depuis la dernière réunion de la Conférence générale et continue par une description du projet de programme de travail du BIPM, démontrant que le BIPM a pris en compte les commentaires et discussions de la 22^e réunion de la Conférence générale et que le Programme de travail final du BIPM a été rédigé après avoir établi des priorités et choisi les projets. Il explique pourquoi la section des rayonnements ionisants du BIPM souhaite faire des mesures de dosimétrie avec son propre accélérateur linéaire ; que c'est un saut technologique fondamental rendu nécessaire par ce qui s'est passé dans un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie majeurs. Il considère toutefois que l'acquisition d'un accélérateur linéaire au BIPM constitue un investissement majeur, et que le crédit pour cet investissement devrait plutôt être examiné par la Conférence générale lors de la 24^e réunion en 2011.

Après discussion des projets proposés qui seraient entrepris par le BIPM au cours de la période quadriennale suivante, le directeur du BIPM présente les ressources en personnel nécessaires. Mentionnant qu'il est envisagé de procéder à des engagements de durée indéterminée ou de durée déterminée pour des post-doctorants, il rappelle l'histoire récente des activités du BIPM, et dit comment deux sections scientifiques ont été fermées en réponse à des restrictions financières résultant des décisions prises par la Conférence générale, et comment le personnel de ces sections a reçu une formation et a été intégré à d'autres sections du BIPM.

En résumé, le directeur du BIPM mentionne que le programme de travail du BIPM proposé demande une augmentation de la dotation initiale de 15 % la première année, dont 4 % pour l'inflation, ainsi qu'une augmentation de 4 % pour chacune des trois années suivantes pour l'inflation. Il dit que le chiffre de 4 % pour l'inflation est supérieur aux chiffres habituellement pris en compte pour l'inflation, mais qu'il est fondé sur des études montrant que ce chiffre était mieux approprié à la hausse des prix et au coût de la vie dans des laboratoires scientifiques. Il mentionne que l'augmentation proposée a reçu le soutien unanime du CIPM et qu'elle fournira au BIPM un financement convenable, mais pas surdimensionné. Il finit sa présentation en remerciant ses collègues du BIPM, qui travaillent avec acharnement pour étayer la métrologie internationale.

Le président remercie le directeur du BIPM pour sa présentation et demande s'il y a des questions ou des commentaires.

M. Gunn (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) commente que le CIPM a fait un excellent travail en élaborant le projet de Programme de travail et budget du BIPM. Il dit que la métrologie doit se faire au niveau international, et que le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord soutient le projet de programme de travail. M. da Jornada (Brésil) soutient aussi le programme de travail proposé. M. Tanaka (Japon) remercie M. Wallard pour son rapport, mais demande comment la question de la partie discrétionnaire de la dotation (qui a été votée par la Conférence générale lors de la 22^e réunion) sera traitée par la Conférence générale à cette réunion. M. Tanaka commente aussi que le Japon aimerait que les comparaisons clés soient mieux coordonnées, et dit que le Japon est sceptique quant à la nécessité d'augmenter la dotation de 15 %, et en particulier en ce qui concerne le chiffre de 4 % pour l'inflation dans un laboratoire scientifique.

Le directeur du BIPM répond en disant que le Groupe de travail sur la dotation du BIPM examinera ces questions, et il justifie sa proposition d'augmentation de 4 % au titre de l'inflation dans des laboratoires scientifiques.

M. Issaev (Fédération de Russie) dit que la Fédération de Russie soutient le programme de travail proposé et que le financement du BIPM a été insuffisant précédemment.

M. Šafařík-Pštroš (République tchèque) accueille favorablement les commentaires du directeur du BIPM au sujet de l'augmentation de l'efficacité du travail du BIPM. Toutefois, même si la République tchèque accueille en général favorablement le programme de travail du BIPM, elle n'est pas prête à soutenir tous les projets détaillés dans le programme de travail, et ne peut pas soutenir une augmentation de 15 % de la dotation. Il dit ensuite que la République tchèque aimerait que l'on discute du rôle futur du BIPM, et souhaite être représentée au Groupe de travail sur la dotation du BIPM.

M. May (États-Unis d'Amérique) dit que les États-Unis d'Amérique ne soutiendront pas une augmentation de 15 % de la dotation, mais qu'ils soutiendront le programme de travail au moyen d'autres contributions.

M. Kumar (Inde) remercie le directeur du BIPM pour l'excellent travail effectué par le BIPM et demande quel est le pourcentage de la dotation consacré par le BIPM au travail de laboratoire et à la coordination internationale. Il demande ensuite si le travail de coordination ne pourrait pas être fait à moindre coût, peut-être le BIPM devrait-il se concentrer sur le travail scientifique et de laboratoire. Le directeur du BIPM répond en expliquant pourquoi le CIPM propose la création d'un poste au BIPM consacré à la coordination internationale, poste discuté dans le programme de travail, lequel souligne clairement l'importance de ce travail. M. Kumar dit que peut-être il vaudrait mieux avoir des scientifiques qui se consacrent au travail scientifique plutôt qu'à la coordination internationale. Le directeur du BIPM n'est pas d'accord sur ce point, parce qu'il croit que le travail de coordination requiert une compétence scientifique.

12.2 Dotation annuelle du BIPM, projet de résolution C « Dotation du Bureau international des poids et mesures pour les années 2009 à 2012 »

Le secrétaire de la réunion de la Conférence générale lit le texte du projet de résolution C, qui ne fait l'objet d'aucune discussion.

13 Désignation des membres du groupe de travail sur la dotation du BIPM

Le président ouvre ce point de l'ordre du jour en invitant le secrétaire de la Conférence générale, M. Kaarls, à présenter la composition du Groupe de travail sur la dotation du BIPM. M. Kaarls commente que le groupe de travail comprendra quinze délégations, parmi lesquelles douze sont proposées par le CIPM, et qu'il présidera le groupe de travail.

Les délégations désignées par le CIPM à participer au groupe de travail sont les suivantes : l'Allemagne, l'Australie, le Brésil, le Canada, la Chine, les États-Unis d'Amérique, la France, l'Italie, le Japon, le Mexique, les Pays-Bas, le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord et la Fédération de Russie. La République tchèque ayant demandé à en faire partie, elle

sera donc représentée, et le président du groupe de travail demande s'il y a d'autres volontaires : l'Afrique du Sud, la République de Corée et l'Espagne se portent volontaires pour participer à ce groupe de travail.

Le président du groupe de travail dit ensuite que le texte du projet de résolution H (Sur les contributions arriérées des États Membres) sera aussi examiné par le Groupe de travail sur la dotation du BIPM.

14 Rapport sur la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle

Le directeur du BIPM présente la situation actuelle de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (CIPM MRA), qui a été adopté en 1999. Il donne un certain nombre de statistiques ; par exemple, la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) contient maintenant plus de 20 000 CMCs et les détails de plus de 600 comparaisons clés. Il montre les variations du nombre de comparaisons clés publiées dans la KCDB avec le temps. Il dit ensuite qu'à ce jour 45 laboratoires nationaux de métrologie des États Membres ont signé le CIPM MRA ainsi que 20 laboratoires nationaux de métrologie des Associés à la Conférence générale. Il mentionne que la participation aux comparaisons clés a été étendue. Il commente qu'un certain nombre d'organisations intergouvernementales ont déjà signé, ou sont en cours de négociation pour signer le CIPM MRA.

Il mentionne comment l'introduction d'un logo pour le CIPM MRA a été accueillie avec enthousiasme par les signataires du CIPM MRA et dit que le nombre de ceux qui veulent utiliser le logo augmente sans cesse. Il parle ensuite du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB), ainsi que de son rôle et de sa fonction pour suivre la mise en œuvre du CIPM MRA, qui donne maintenant une image globale de la métrologie et qui a réussi à promouvoir l'adoption étendue de Systèmes Qualité par les signataires. Le directeur du BIPM remercie les laboratoires nationaux de métrologie qui ont pourvu par des détachements le poste de secrétaire exécutif du JCRB, et il commente que M. Espina, le secrétaire exécutif actuel du JCRB, quittera ce poste en mai 2008.

Il dit ensuite que le CIPM a l'intention de revoir la conception de la KCDB, de ne plus utiliser les anciens noms des annexes et de les remplacer par d'autres qui montrent qu'elles sont une source potentielle d'information pour les non métrologistes. L'installation récente d'un nouveau moteur de recherche sur le site Web du BIPM est le premier pas dans cette direction. Il est important que le CIPM MRA soit considéré comme capable d'évoluer en raison de son importance ; importance qui est démontrée par la signature de déclarations communes avec l'OIML et l'ILAC et les négociations couronnées de succès avec l'ILAC sur l'utilisation du terme aptitude en matière de mesure et d'étalonnage à la place de meilleure aptitude de mesure.

Le directeur du BIPM finit en mentionnant des études de cas dans lesquelles de grandes sociétés commerciales ont utilisé le CIPM MRA pour les aider à chercher des services d'étalonnage pour leurs activités. Il demande aux délégués de le contacter s'ils rencontrent des exemples d'utilisation du CIPM MRA et dit que la *KCDB Newsletter* publiée deux fois par an par le BIPM est le moyen idéal pour faire de la publicité pour ces informations. Il dit qu'à l'avenir on fera

plus de promotion pour le CIPM MRA à la fois aux niveaux national et international, car c'est un arrangement qui donne confiance dans le système de mesure mondial.

Il lit ensuite le texte du projet de résolution D, « Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international des poids et mesures (CIPM) et des autres arrangements connexes pour le commerce ».

Le président ouvre ensuite la discussion sur ce point de l'ordre du jour.

M. Énard (France) demande quel obstacle empêche le BIPM d'obtenir le statut d'observateur au Comité sur les obstacles techniques au commerce de l'Organisation mondiale du commerce. Le directeur du BIPM répond en disant que la raison est politique et pas technique. M. Squirrell (ILAC) commente que l'ILAC a les mêmes difficultés à obtenir le statut d'observateur que le BIPM. Il mentionne aussi que le site Web de l'ILAC contient un certain nombre d'exemples d'utilisation réussie d'arrangements de reconnaissance mutuelle par des compagnies industrielles.

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

Le président du CIPM présente l'historique de la création de la catégorie d'Associé à la CGPM.

Depuis l'adoption de la Résolution 3 par la Conférence générale lors de la 21^e réunion, qui a créé une catégorie d'Associé à la CGPM, il est devenu clair que plusieurs Associés jouent maintenant un rôle bien plus important dans les activités menées dans le cadre de la Convention du Mètre qu'il n'avait été envisagé en 1999. De nombreux Associés apportent maintenant une contribution scientifique et économique significative aux activités liées au CIPM MRA. En retour, leur statut leur confère aussi de nombreux avantages. Depuis la dernière réunion de la Conférence générale, le CIPM a pris un certain nombre de décisions qui offrent un nombre limité d'avantages potentiels supplémentaires aux Associés, dans certaines conditions, en reconnaissance du fait que :

- l'expérience a montré qu'un certain nombre de laboratoires des Associés possèdent un haut niveau de compétences scientifiques ;
- non seulement les Associés, mais aussi les États Membres, ont avantage d'un point de vue scientifique à faire participer ces laboratoires à un certain nombre d'activités, en particulier celles organisées par les Comités consultatifs ou par leurs groupes de travail ;
- dans certaines comparaisons des Comités consultatifs, une seule série d'échantillons de référence est produite. En l'absence de comparaison conduite sous les auspices d'une organisation régionale de métrologie, il est de toute évidence plus efficace et bénéfique sur le plan scientifique d'inclure les laboratoires compétents des Associés dans les comparaisons des Comités consultatifs ; et
- dans un certain nombre de cas, des représentants des Associés président des Comités techniques des organisations régionales de métrologie, et leur participation, par exemple, aux groupes de travail sur l'examen des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages a apporté une valeur ajoutée.

Ces décisions ont été présentées dans le document CIPM/05-05 intitulé “Services available to Associates States and Economies of the CGPM and their participation in the CIPM MRA” (Services disponibles aux États et Entités économiques associés à la CGPM et participation des Associés au CIPM MRA), disponible en accès libre dans les pages consacrées au CIPM sur le site internet du BIPM. Lors de sa 21^e réunion, la Conférence générale n’avait pas fixé de durée au statut d’Associé. Le CIPM propose toutefois, à la lumière de l’expérience récente, que les Associés qui bénéficient d’un grand nombre de ces services soient fortement encouragés à devenir États Membres. Le CIPM pense que cette évolution est en accord avec l’esprit des discussions de la 21^e réunion de la Conférence générale. Ces discussions soulignaient la valeur de la pleine participation aux activités liées au CIPM MRA, tout en reconnaissant qu’il pouvait être difficile dans un premier temps pour certains États de justifier les engagements financiers nécessaires pour devenir État Membre. La Conférence générale pensait à l’époque que les Associés ne participeraient au CIPM MRA que par l’intermédiaire de leur organisation régionale de métrologie. Ce n’est plus le cas et de nombreux Associés ont eu l’opportunité de jouer un rôle direct, du fait des décisions prises par le CIPM. Ce rôle inclut la participation à des études pilotes et à d’autres activités menées par les groupes de travail des Comités consultatifs. Ces avantages et l’expérience acquise par les Associés devraient, selon le CIPM, encourager ces États associés à devenir des États Membres.

15.1 Sur l’incitation des États associés à la Conférence générale à devenir des États Membres

Le président du CIPM donne ensuite lecture du projet de résolution E, « Sur les États associés à la Conférence générale ».

Le président de la réunion de la Conférence générale ouvre ensuite la discussion sur ce point de l’ordre du jour.

Mme van Spronssen (Pays-Bas) suggère de réviser le niveau des souscriptions payées par les Associés, de manière à augmenter graduellement leur souscription annuelle afin d’encourager les Associés à acquérir le statut d’État Membre. Mme Roberts (États-Unis d’Amérique) commente que le texte du projet de résolution ne va pas assez loin, car à présent aucun État Associé n’est passé du statut d’État Associé à celui d’État Membre. Selon elle, il faudrait fixer une limite dans le temps au statut d’État Associé à la Conférence générale ; elle suggère aussi d’augmenter la souscription payée par un Associé à la Conférence générale après 5 ans, car les avantages augmentent avec le temps. M. Kumar (Inde) suggère de changer de cinq à quatre ans la période d’examen par le CIPM mentionnée dans le texte du projet de résolution, afin de l’aligner sur la périodicité des réunions de la Conférence générale.

Le président du CIPM répond en disant que certains de ces points pourraient être résolus en révisant le texte, mais les autres devront toutefois être examinés lors d’une prochaine réunion de la Conférence générale.

15.2 Sur l’acceptation des Entités économiques comme Associés à la Conférence générale

Le président du CIPM donne ensuite lecture du projet de résolution F, « Sur l’acceptation des Entités économiques comme Associés à la Conférence générale ». Il mentionne que CARICOM est devenue Associé en octobre 2005.

Le président de la réunion de la Conférence générale ouvre ensuite la discussion sur ce point de l’ordre du jour.

M. Mussio (Uruguay) demande quelle est la procédure à suivre pour qu'une Entité économique obtienne le statut d'Associé. M. Érard (France) demande si l'Union européenne pourrait devenir Associée à la Conférence générale, compte tenu du texte du projet de résolution. Le président commente que ce point devrait être examiné.

Le président du CIPM répond en disant que chaque candidat potentiel est examiné selon ses mérites propres.

Mme Roberts (États-Unis d'Amérique) dit que le texte du projet de résolution soulève des problèmes difficiles car les bénéficiaires ne sont pas clairement identifiés. Elle suggère que le CIPM élabore des critères spécifiques pour l'admission des Entités économiques comme Associés et les propose à la Conférence générale lors de sa prochaine réunion pour examen et approbation.

M. Gunn (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) suggère de créer une catégorie séparée d'Associé réservée aux Entités économiques, et M. Tse (Hong Kong, Chine) dit que Hong Kong doit rester Associé.

Le président du CIPM répond qu'il n'y a pas vraiment d'urgence à examiner ces questions en détail, et que la prochaine réunion de la Conférence générale constituera un forum approprié.

16 Proposition de créer une catégorie de Correspondant du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie

Le président du CIPM présente l'historique de la création de cette nouvelle catégorie de Correspondant du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie.

Les États Membres et les Associés à la Conférence générale sont responsables de plus de 90 % du commerce mondial. Cependant, le nombre d'États et d'Entités économiques impliqués dans les activités menées par le BIPM est inférieur à celui d'autres organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux ayant des activités techniques ou commerciales. Le CIPM est donc convaincu de la nécessité de prendre une nouvelle initiative qui impliquerait un plus grand nombre d'États et d'Entités économiques dans les activités du BIPM dans le but, à long terme, d'encourager les États à devenir Membres du BIPM ou Associés à la Conférence générale et les Entités économiques à devenir Associés à la Conférence générale. Le CIPM présente un rapport à la Conférence générale sur deux propositions portant sur :

- la nécessité d'encourager les États qui sont actuellement Associés actuels à devenir États Membres, lorsque c'est possible et approprié, afin qu'ils puissent jouer un plus grand rôle dans les activités du BIPM ; et
- le lancement d'un programme de prospection, de sensibilisation et de liaison, par la création d'une catégorie de « Correspondant du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie ». Le but premier de cette initiative serait d'attirer de plus en plus d'États en voie de développement et émergents et d'entités économiques afin de leur faire connaître les activités du BIPM. Cette nouvelle catégorie de Correspondants du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie devrait constituer un tremplin pour inciter les États de ces « Correspondants du BIPM » à devenir Membres du BIPM ou Associés à la Conférence générale, et leurs laboratoires nationaux de métrologie à devenir signataires du CIPM MRA.

Le président du CIPM donne ensuite lecture du projet de résolution G, « Sur l'importance de promouvoir les activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre et sur la création d'une catégorie de Correspondant du Bureau international des poids et mesures (BIPM), ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie, afin d'encourager davantage d'États à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir Associés à la Conférence générale ».

Le président de la réunion de la Conférence générale ouvre ensuite la discussion sur ce point de l'ordre du jour.

Mme Roberts (États-Unis d'Amérique) commente que les États-Unis d'Amérique approuvent l'intention de ce projet de résolution, les activités de prospection sont importantes, mais les États-Unis d'Amérique ne pensent pas qu'il soit nécessaire de créer une nouvelle catégorie. Étant donné qu'il ne serait pas demandé à ceux qui entreraient dans cette nouvelle catégorie d'apporter une contribution financière, le financement serait assuré par les États membres ; les États-Unis d'Amérique ne pensent pas que cette catégorie soit utile et par conséquent ils ne soutiennent pas ce projet de résolution.

Le président du CIPM commente que les dépenses liées à cette nouvelle catégorie de membres ne seraient pas très élevées, et que le CIPM souhaite contacter les pays en voie de développement et leur faire connaître les activités du BIPM.

M. Thor (Suède) commente que le CIPM surestime l'importance de la métrologie parmi les besoins des pays en voie de développement et sous-estime l'importance de l'utilisation du système d'unités. Le président du CIPM n'est pas d'accord avec lui, et dit que le CIPM ne fait pas une telle séparation.

M. Sacconi (Italie) soulève la même objection que la délégation américaine, à savoir que ce seraient les États Membres qui financeraient cette nouvelle catégorie, et il suggère que la réunion annuelle des directeurs serait un meilleur moyen d'engager une activité de prospection.

M. Steele (Canada) fait la même remarque que la délégation américaine, et il dit ensuite que le type de travail suggéré dans le projet de résolution est similaire à l'aide internationale ; selon lui, il n'est pas possible d'associer les budgets nationaux soutenant la métrologie internationale et l'aide internationale. Le Canada ne soutiendra pas ce projet de résolution.

M. Issaev (Fédération de Russie) souligne que le projet de résolution proposé faciliterait le développement d'une infrastructure métrologique dans les pays en voie de développement, et que ce pourrait être un moyen de trouver de nouveaux États associés, ce qui serait une source de revenus pour le BIPM.

M. Kumar (Inde) pense que le projet de résolution est une bonne idée mais il demande quel est le rôle des organisations régionales de métrologie ; est-ce qu'elles ne pourraient pas faire plus pour les pays en voie de développement et les aider à participer aux activités du BIPM ?

M. Érard (France) dit que la France a les mêmes objections que les États-Unis d'Amérique à l'égard de ce projet de résolution, et que la France est opposée à l'idée que les membres appartenant à cette nouvelle catégorie reçoivent des avantages gratuitement. Il souligne que cette catégorie concerne des laboratoires nationaux de métrologie et pas des États. Il suggère ensuite que d'après les termes du projet de résolution, un pays ayant des laboratoires de métrologie séparés pour les masses et les rayonnements ionisants, par exemple, auraient deux membres entrant dans cette nouvelle catégorie.

Le président du CIPM répond en disant que le CIPM pense qu'il vaut mieux essayer de faire quelque chose pour les pays en voie de développement plutôt que de ne rien faire. M. Schwitz

(Suisse) abonde dans son sens, disant que la Suisse soutient l'idée d'offrir des activités de prospection.

Le directeur du BIPM fait écho au commentaire du président du CIPM, disant que la nouvelle catégorie proposée de Correspondant du BIPM, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie, serait une bonne idée pour les pays en voie de développement et qu'elle fournirait un mécanisme pour trouver de nouveaux Associés et finalement des États Membres. Il demande à la Conférence générale si ce sont les termes employés dans le projet de résolution et l'utilisation du terme « catégorie » qui posent problème ; il dit que le texte pourrait être modifié.

M. Semerjian (États-Unis d'Amérique) soutient l'idée exprimée par la délégation de l'Inde d'impliquer davantage les organisations régionales de métrologie pour faire entrer les pays en voie de développement dans le système de mesure mondial ; par exemple, le SIM compte un certain nombre de Membres qui ne sont pas Membres du BIPM, ni Associés.

M. Inglis (Australie) dit que les termes du projet de résolution devraient être modifiés afin d'établir un moyen de sensibiliser les parties prenantes à cette question au lieu de créer une nouvelle catégorie. M. Šafařík-Pštroš (République tchèque) soutient ce point de vue.

17 Contributions arriérées des États Membres

Le secrétaire du CIPM présente le problème des contributions arriérées des États Membres.

Cette question des contributions arriérées a constitué un sujet constant de préoccupation depuis plusieurs années. Même si en général les arriérés ont été recouverts et même si certains États Membres ont conclu des accords de rééchelonnement de leurs dettes qui ont été couronnés de succès, d'autres continuent à ne pas respecter leurs obligations financières.

L'article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre prévoit deux sanctions lorsqu'un État Membre ne respecte pas ses obligations financières. La première est une suspension des avantages et prérogatives après trois années de contributions arriérées, et la seconde est l'exclusion du BIPM après trois années supplémentaires ; c'est-à-dire après six années de contributions arriérées au total.

La « sanction de suspension » est, et a toujours été appliquée de manière stricte et cohérente. Cependant la « sanction d'exclusion » n'a jamais été prononcée, malgré l'article 6, al. 8, dans la mesure où :

- après trois années de contributions arriérées, la contribution annuelle de l'État Membre débiteur est répartie entre les autres États Membres. Cette contribution est une avance faite à l'État Membre débiteur ;
- des contributions arriérées pouvant atteindre plus de douze années de contributions ont été recouvertes avec succès et les avances ont été remboursées en conséquence ;
- si un État Membre débiteur est exclu, il pourrait arguer de son exclusion pour ne pas rembourser aux autres États Membres leurs avances, même si l'obligation persiste à cet égard ;

- la Convention du Mètre et son Règlement annexé ne contiennent aucune règle relative à un mécanisme d'adoption des décisions ou à une procédure à suivre en cas d'exclusion.

Aussi et après examen du mécanisme d'adoption des décisions d'autres organisations internationales, il est proposé de :

- prévoir clairement que seule la Conférence générale est habilitée à exclure un État Membre et/ou à annuler les contributions arriérées ;
- définir le mécanisme d'adoption des décisions ainsi qu'une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion.

Le secrétaire du CIPM souligne que la sanction d'exclusion qui existe dans la Convention du Mètre n'a jamais été appliquée, même à un État Membre débiteur depuis de nombreuses années, et que le CIPM a besoin de directives de la Conférence générale pour traiter au mieux le problème des contributions arriérées des États Membres.

Le secrétaire du CIPM donne ensuite lecture du projet de résolution H, « Sur les contributions arriérées des États Membres ».

Le président ouvre ensuite la discussion sur ce point de l'ordre du jour.

M. Énard (France) demande si, dans l'éventualité où un État Membre était exclu, un laboratoire de cet État pourrait devenir Correspondant du BIPM, si une telle catégorie était créée.

M. Kumar (Inde) demande quel serait le rôle d'un État exclu dans le système des organisations régionales de métrologie – car l'État exclu devrait toujours travailler au sein de son organisation régionale de métrologie. Le président du CIPM explique que la qualité de Membre du BIPM n'a pas d'influence directe sur la qualité de membre d'une organisation régionale de métrologie. Ce point est repris par M. Kühne (Allemagne), qui demande ce qu'il adviendrait des données entrées dans la KCDB provenant de laboratoires d'un État Membre, si cet État venait à être exclu en raison de ses contributions arriérées. Le secrétaire du CIPM dit que la situation au sein des organisations régionales de métrologie est très complexe.

Mme van Spronssen (Pays-Bas) dit que le texte du projet de résolution devrait être changé afin de clarifier les arriérées financiers.

18 Rapports des présidents des Comités consultatifs

18.1 Comité consultatif des longueurs

M. Myung Sai Chung, président du Comité consultatif des longueurs (CCL), présente son rapport ainsi que les deux changements proposés à la liste des fréquences recommandées proposée à la Conférence générale.

Depuis la tenue de la 22^e réunion de la Conférence générale en 2003, d'importantes activités, tant en métrologie dimensionnelle que dans le développement des étalons de fréquence optique, ont été rapportées au Comité consultatif des longueurs lors des deux réunions qui ont eu lieu au siège du BIPM.

En métrologie dimensionnelle, des avancées significatives dans le déroulement des comparaisons clés ont été rapportées. Au vu des difficultés pratiques rencontrées lors de certaines comparaisons et suite à des demandes de nouvelles comparaisons, la liste complète des comparaisons clés a été modifiée. L'intérêt croissant pour la nanométrie dans de nombreux domaines pourrait conduire à une interaction plus étroite entre les différents Comités consultatifs.

Le développement rapide et impressionnant des étalons de fréquence optique a fait que ces systèmes offrent actuellement des performances sensiblement égales à celles de l'étalon représentant la seconde, avec la certitude d'une évolution prometteuse dans les toutes prochaines années. Les activités de recherche dans ce domaine sont principalement orientées vers les besoins de la communauté du temps et des fréquences représentée au sein du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF). Au vu de cette situation, le CCL pourrait être conduit à reconsidérer son rôle, rôle qui pourrait être alors entièrement consacré à la métrologie dimensionnelle dans un futur proche. La fusion du Groupe de travail sur la mise en pratique (MePWG) et du Groupe commun au CCL et au CCTF sur les représentations secondaires de la seconde (CCL-CCTF JWG) a vu naître le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence. Cette fusion reflète déjà cette évolution possible du rôle futur du CCL, de même que la réunion en une liste unique des listes des fréquences recommandées précédemment établies par chacun de ces deux groupes de travail.

La fermeture de la section des longueurs du BIPM a eu un impact direct sur la comparaison clé du BIPM, BIPM.L-K11, comparaison qui ne pouvait par conséquent plus être sous la responsabilité du BIPM. Suite à l'assentiment général résultant des réponses à un questionnaire préparé et envoyé par le BIPM aux laboratoires nationaux de métrologie, une nouvelle structure relative à une nouvelle comparaison clé du CCL (CCL-K11) a été proposée au CCL et acceptée par ce dernier. Dans cette nouvelle structure, le BEV (Autriche) sera le laboratoire pilote et plusieurs laboratoires répartis autour du monde seront des laboratoires d'accueil pour les mesures régionales.

Précédentes sessions du CCL

Le CCL s'est réuni deux fois au siège du BIPM pendant la période couverte par ce rapport : la 12^e session a eu lieu les 15 et 16 septembre 2005 et la 13^e session s'est déroulée les 13 et 14 septembre 2007.

Compte rendu de la 12^e session du CCL

Les avancées dans la mise en œuvre du CIPM MRA liée au travail du CCL et de ses groupes de travail (Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle et Groupe de travail sur la mise en pratique, Groupe de travail commun au CCL et au CCTF) ont été présentées.

Le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle (WGDM) s'est réuni à Pékin (Chine) en 2004 et au siège du BIPM, juste avant la session du CCL. L'état d'avancement des comparaisons clés a été examiné. Lors de ces deux réunions, la nécessité d'une révision des missions du groupe de travail a été mise en lumière et des propositions en ce sens ont donc été soumises à la réflexion du CCL.

Un atelier sur les valeurs de référence des comparaisons clés et sur leur analyse s'est tenu pendant les deux jours précédant le CCL. On y a identifié des outils informatiques qui ont démontré leur aptitude à faciliter la résolution de plusieurs problèmes résultant des décisions à prendre quant à l'analyse des résultats des comparaisons.

Le Groupe de travail sur la mise en pratique (MePWG) s'est réuni au siège du BIPM, juste avant la session du CCL en 2005. Un questionnaire sur l'activité dans le domaine des étalons de fréquence, mis au point conjointement par le responsable du groupe de travail et le BIPM, avait été envoyé auparavant aux laboratoires nationaux de métrologie. L'examen des réponses à ce questionnaire a conduit le MePWG à faire deux propositions :

- CCL-MePWG-1 a, b, c et d pour une révision de la liste des radiations recommandées avec une mise à jour des valeurs existantes et une addition de nouvelles radiations ; et
- CCL-MePWG-2, pour une nouvelle structure du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF et le réarrangement de la liste des radiations recommandées.

Le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les représentations secondaires de la seconde (CCL-CCTF JWG) s'est réuni au siège du BIPM les 13 et 14 septembre 2005, juste avant la session du CCL. Il a accepté les propositions du MePWG concernant la nouvelle structure du groupe de travail commun et la nouvelle présentation de la liste des radiations recommandées. Ces changements concernaient, d'une part, la fusion du Groupe de travail sur la mise en pratique et du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les représentations secondaires de la seconde en un groupe de travail unique, le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence (CCL-CCTF FSWG) ; d'autre part, la mise en place d'une liste unique de fréquences recommandées pour des applications comprenant à la fois les réalisations pratiques de la définition du mètre et les représentations secondaires de la seconde. Ces changements prendraient effet après les discussions lors de la session du CCTF de 2006 et leur acceptation par le dit comité. Le CCL-CCTF JWG avait aussi recommandé l'adoption de trois étalons de fréquence optique comme représentations secondaires de la seconde : $^{199}\text{Hg}^+$ (transition optique à 281,6 nm), $^{88}\text{Sr}^+$ (transition optique à 674 nm) et $^{171}\text{Yb}^+$ (transition optique à 435,5 nm), sous réserve que cette recommandation soit entérinée par le CCTF lors de sa prochaine session, en 2006.

Le CCL a adopté les propositions faites conjointement par le MePWG et le CCL-CCTF JWG et a discuté les missions de ces groupes de travail. Il a approuvé la fusion du Groupe de travail sur la mise en pratique et du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les représentations secondaires de la seconde en un groupe de travail unique, le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence ; il a également approuvé que la liste des radiations recommandées pour la mise en pratique de la définition du mètre et celle des représentations secondaires de la seconde soient réunies en une liste unique. Suite aux discussions concernant

les missions de ce nouveau groupe de travail, des propositions ont été faites au CCTF qui, à son tour, a accepté la création du nouveau Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence et l'établissement de la liste unique de fréquences de référence, et a édicté les missions suivantes :

- de faire au CCL les recommandations concernant les radiations destinées à être utilisées pour la réalisation de la définition du mètre et de faire au CCTF les recommandations concernant les radiations destinées à être utilisées pour les représentations secondaires de la seconde ;
- de maintenir, avec le BIPM, la liste des fréquences étalons et des longueurs d'onde étalons recommandées pour les applications incluant la réalisation pratique de la définition du mètre et les représentations secondaires de la seconde.

Le CCL a entériné la réduction des activités de l'ancienne section des longueurs du BIPM.

Le CCL a soumis au CIPM, pour recommandation, la révision de la liste des radiations recommandées pour la mise en pratique de la définition du mètre (Recommandation 3 (CI-2005)).

Compte rendu de la 13^e session du CCL

Les avancées dans la mise en œuvre du CIPM MRA liée au travail du CCL et de ses deux groupes de travail (Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle et Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence) ont été présentées.

Le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence s'est réuni au siège du BIPM, juste avant la session du CCL. Le groupe de travail a discuté des points suivants :

- la nouvelle organisation du groupe de travail après la fusion du MePWG et du CCL-CCTF JWG ;
- après la fermeture de la section des longueurs du BIPM, la comparaison clé du BIPM en continu, BIPM.L-K11, a été remplacée par la comparaison clé du CCL, CCL-K11 ;
- l'organisation de la liste commune des fréquences recommandées, pour les besoins à la fois du CCL et du CCTF, avec des annexes spécifiques à chaque communauté ;
- les nouvelles missions du groupe à ajouter à celles existantes ;
- l'analyse des réponses au questionnaire retournées par les laboratoires nationaux de métrologie.

Le Groupe de travail sur la métrologie dimensionnelle (WGDM) s'est réuni deux fois depuis la 12^e session du CCL en 2005 : dans les locaux du CENAM à Querétaro (Mexique) en 2006 et au siège du BIPM, juste avant la 13^e session du CCL. Lors de la réunion du CCL, le WGDM a présenté les avancées concernant les discussions sur les rapports des organisations régionales de métrologie ; les activités du CIPM MRA (les aptitudes en matière de mesure et d'étalonnages (CMCs) et leur schéma de classification, le DimVIM) ; le bilan de ses activités (incluant ses missions) ; les rapports des comparaisons clés et un rapport de situation du Groupe de discussion DG7 sur la nanométrie. En réponse aux interrogations du CIPM, quant à la position précédente du WGDM qui arguait qu'il n'était pas possible d'établir un lien entre les comparaisons clés et les comparaisons au niveau des régions, le WGDM a présenté une étude sur l'évaluation statistique des résultats et le lien entre les comparaisons clés.

Le DG7 sur la nanométrie s'est réuni quatre fois au cours des deux dernières années. Une série d'études pilotes NANO et une comparaison bilatérale ont été conduites avec succès. Les résultats en sont développés dans l'annexe 1.

Le DG7 a discuté des étalons de longueur qui pourraient, dans le futur, être utilisés en nanométrie. Les discussions ont porté sur l'intérêt croissant de la nanométrie dans des domaines autres que la métrologie dimensionnelle – par exemple en chimie – et les problèmes liés à la traçabilité qui en découlent. Il a été mentionné que le travail futur en nanométrie nécessiterait une coordination entre les Comités consultatifs et, éventuellement, un groupe de travail commun en nanométrie.

Le WGDM a rapporté des progrès significatifs dans les comparaisons clés durant les deux dernières années. En ce qui concerne les CMCs, le travail principal d'examen est effectué par les organisations régionales de métrologie tandis que le WGDM s'occupe de la coordination internationale. Aucun problème majeur n'a été rencontré. Le WGDM est particulièrement vigilant en ce qui concerne les CMCs quand un nouveau rapport de comparaison clé est disponible. Pour chaque comparaison, ce travail de contrôle est effectué à l'aide d'un rapport exécutif ; les corrections subséquentes doivent être apportées par les laboratoires nationaux participant à la comparaison. Le WGDM a également relu un guide (CCL/WGDM-07-41 : Guides pour les comparaisons MRA en métrologie des longueurs et contrôle de leur impact sur les CMCs).

Le DimVIM est maintenant disponible en douze langues (allemand, anglais, chinois, coréen, espagnol, finlandais, français, italien, japonais, portugais, tchèque et turc) et est accessible par hyperlien depuis la KCDB. Cette catégorisation est aussi utilisée par les services d'accréditation et d'autres organisations.

Le WGDM, tenant compte des faits suivants :

- les comparaisons CCL-K2 portant sur les règles étalons (jusqu'à 1 m) et CCL-K6 sur les étalons pour les machines à mesurer les coordonnées bidimensionnelles ont été retirées de la liste de 2003 ;
- la comparaison CCL-K8 portant sur les étalons de rugosité de surface a été ajoutée à la liste ; son intitulé est devenu « étalons d'état de surface » pour tenir compte d'une plus grande variété d'étalons dans les mesures ;
- la comparaison clé BIPM.L-K11 est terminée et une nouvelle comparaison clé, CCL-K11, organisée par le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence, va démarrer pour répondre aux besoins de la métrologie dimensionnelle ;

a proposé d'établir comme suit la liste complète des comparaisons clés du CCL :

- K1 cales de petite dimension, jusqu'à 500 mm (incluant la comparaison précédente CCL-K2) ;
- K3 étalons d'angle (polygones et étalons d'angle) ;
- K4 étalons de diamètre ;
- K5 étalons à gradins ;
- K7 règles divisées ;
- K8 étalons d'état de surface ;
- K11 lasers asservis faisant partie de la mise en pratique, précédemment BIPM.L-K11.

Le CCL a approuvé cette nouvelle liste de comparaisons clés du CCL.

Lors de la session de 2006, le CIPM a fait état de quelques préoccupations et a requis des actions de la part du CCL et du WGDM sur les points suivants :

- pourquoi les comparaisons de cales conduisent-elles à une approche différente de celles des autres comparaisons basées sur des artefacts ;
- dans les comparaisons futures, le lien devrait-il être inclus dans le protocole ;
- ne pourrait-on pas résoudre facilement la question de l'instabilité de l'artefact voyageur en adoptant un autre schéma de comparaison ;
- il est recommandé que le WGDM se réunisse plus fréquemment au BIPM ;
- la nécessité pour le CCL de produire un document sur la façon d'organiser les futures comparaisons ;
- la nécessité d'un document précisant les conséquences de la limitation des comparaisons de cales sur les liens.

Le WGDM a reconnu l'importance de ces préoccupations et, concernant le schéma de comparaisons du CCL et des organisations régionales de métrologie et les questions liées à leur rattachement, il a réagi de la façon suivante :

- en préparant un document lors de la réunion du WGDM de 2007 (WGDM-07-06 : Réponses du WGDM au CIPM) qui sera placé sur le site internet du WGDM ;
- en demandant que ce document soit transmis directement au président du CCL et au directeur du BIPM qui s'assureront ainsi que le CIPM sera au courant des actions entreprises et des réponses apportées aux questions posées.

De plus, le document WGDM-07-01 (schéma de comparaisons du CCL) est en préparation. Ce document sera la base d'un document pour le BIPM, document qui décrira un schéma de comparaisons ayant la flexibilité nécessaire pour satisfaire les besoins du CIPM MRA, qui prendra en compte les problèmes rencontrés dans les comparaisons clés du CCL et, qui fournira les solutions de manière à lier, de façon adéquate, les comparaisons. Ce document sera prêt suffisamment à l'avance de manière à ce que le président du CCL et le directeur du BIPM puissent faire en sorte que le dit document soit présenté lors la session de 2008 du CIPM.

Le WGDM a proposé au CCL une nouvelle organisation du Comité consultatif et de ses groupes de travail, organisation qui en augmenterait l'efficacité, qui procurerait une vision claire – comme cela se fait dans les autres Comités consultatifs – sur les sujets liés au CIPM MRA et, qui encouragerait une stratégie du CCL pour la métrologie dimensionnelle et en particulier pour la nanométrie. Cette organisation serait la suivante :

Groupe de travail 1 CCL-CCTF sur les étalons de fréquence

Groupe de travail 2 Métrologie dimensionnelle

Groupe de travail 3 Stratégie

Groupe de travail 4 Comparaisons clés

Groupe de travail 5 CMCs

Groupe de travail 6 Nanométrie

Le WGDM a rapporté au CCL, qu'après discussion, le consensus suivant avait été trouvé :

- les changements proposés demandent une réflexion plus approfondie ;

- la coordination d'un grand nombre de groupes de travail apporterait un surcroît d'activité au CCL ;
- un changement définitif de la structure des groupes de travail à l'intérieur du CCL devrait être remis à plus tard ;
- le WGDM restera, pour le moment, avec ses missions et assignera des tâches spécifiques à des forces d'action qui sont à créer ;
- le WGDM opérera – jusqu'à ce que de nouvelles dispositions soient prises – suivant le schéma décrit dans ses grandes lignes ci-après :

une force d'action pour le rattachement des comparaisons clés ;

une force d'action pour l'organisation, sur le papier, du schéma des comparaisons clés du CCL. Les groupes de discussion du WGDM resteraient les mêmes jusqu'à ce que ces changements soient acceptés ;

de plus, des forces d'action à durées limitées seraient mises en place pour les comparaisons clés, et pour les CMCs.

Le CCL a invité le BIPM à préparer un résumé de ces discussions et une proposition pour la restructuration possible, ces documents devant être soumis à la réflexion du CCL lors de sa prochaine session.

Le CCL a pris deux décisions :

- sur un changement mineur concernant les conditions opératoires de l'étalon de fréquence laser asservi sur la transition $^{13}\text{C}_2\text{H}_2$ ($\nu_1 + \nu_3$) P(16) de l'acétylène à 1,54 μm ;
- sur le placement des radiations recommandées du laser CO_2 asservi sur OsO_4 à 10 μm et du laser à He-Ne asservi sur CH_4 à 3,39 μm (dans le cas de la structure hyperfine magnétique non résolue) dans la seconde catégorie de la liste des fréquences étalons du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence, comme résultat de l'introduction du peigne à impulsions femtosecondes pour mesurer les fréquences optiques.

Le CCL a examiné les missions dévolues au Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence, missions qui ont été acceptées par le CCTF en 2006 et recommandées par le CIPM :

- de faire au CCL les recommandations concernant les radiations à utiliser pour la réalisation de la définition du mètre, et de faire au CCTF les recommandations concernant les radiations à utiliser comme représentations secondaires de la seconde ; et
- de maintenir, avec le BIPM, la liste des fréquences étalons recommandées et des longueurs d'onde recommandées pour des applications incluant la réalisation pratique de la définition du mètre et les représentations secondaires de la seconde ;

et a proposé que le CIPM recommande d'ajouter deux nouveaux points :

- de prendre la responsabilité de la comparaison clé des fréquences étalons, soit CCL-K11 ;
- de répondre aux besoins futurs du CCL et du CCTF concernant les fréquences étalons propres à chaque communauté.

Trois recommandations seront proposées au CIPM par le CCL : les recommandations CCL 1a (2007) et CCL 1b (2007) concernant l'addition de nouvelles radiations à la liste des fréquences étalons ainsi que la mise à jour des valeurs de certaines radiations ; CCL 2 (2007) concernant les

missions du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence ; et CCL 3 (2007) sur l'inclusion du laser à He-Ne à la longueur d'onde de 633 nm, non asservi, dans la deuxième catégorie de la liste des fréquences étalons.

La comparaison clé BIPM.L-K11

Dans le cadre de la comparaison clé du BIPM, BIPM.L-K11, mise en place à l'initiative du CCL en 2003, des campagnes d'étalonnage de lasers ont été organisées au BIPM, deux fois par an, jusqu'à la fin de 2006. Durant la période couverte par ce rapport, le bilan des étalonnages s'établit ainsi :

- en novembre 2004 et en mai 2005, dix lasers appartenant au DFM (Danemark), à l'EIM (Grèce), à l'INM (Roumanie), au LNE (France), au NIM (Chine), au NMi VSL (Pays-Bas), au SMU (Slovaquie) et au SP (Suède) ont été mesurés ;
- en novembre 2005 et en mai 2006, le BIPM a reçu les laboratoires nationaux de métrologie de l'Inde, de la Malaisie, du Portugal et de l'Espagne ;
- la dernière campagne d'étalonnage a eu lieu au BIPM en novembre et en décembre 2006, campagne à laquelle ont participé les laboratoires nationaux de métrologie de l'Égypte, de la France, de l'Italie, de la République de Corée et de la Turquie.

Conséquences de la fermeture de la section des longueurs du BIPM

En 2003, lors de sa 22^e réunion, la Conférence Générale a entériné, entre autres choses, la proposition du CIPM de fermer la section des longueurs du BIPM durant l'année 2006. Le personnel en place et quelques activités ont donc été transférés à la section du temps et une nouvelle section appelée Temps, fréquences et gravimétrie a été créée, sous la responsabilité de Mme E. F. Arias, jusqu'alors responsable de la section du temps.

La fermeture de la section des longueurs a concerné, en particulier, deux activités répondant aux attentes des laboratoires nationaux de métrologie et d'autres laboratoires : la comparaison clé BIPM.L-K11 et le service de remplissage et de contrôle de la qualité des cuves à iode pour les laboratoires nationaux de métrologie.

Comme conséquence directe de la décision du CIPM en 2003 et de son entérinement par la Conférence générale lors de sa réunion de 2003, la comparaison clé BIPM.L-K11 ne pouvait plus être sous la responsabilité du BIPM. Un questionnaire portant sur le transfert de responsabilité de la comparaison clé BIPM.L-K11 à d'autres laboratoires a donc été envoyé aux laboratoires nationaux de métrologie. Les réponses ont clairement indiqué qu'il y a un besoin constant pour ce type de mesures.

Une nouvelle structure, fondée sur les réponses à ce questionnaire, a donc été proposée au CCL qui en a entériné la mise en place. Le BEV (Autriche) pilotera la comparaison clé BIPM.L-K11, tandis que le MIKES (Finlande), le NMIJ (Japon), le NPL (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) et le NRC (Canada) seront des laboratoires d'accueil dans les régions pour la comparaison clé, renommée CCL-K11. Des discussions préliminaires ont alors eu lieu pour savoir comment mettre en place des CMCs pour les mesures à l'aide de peignes de fréquence.

Un questionnaire, portant sur l'intérêt de la production de cuves à iode par le BIPM, pour des applications dans la communauté des longueurs, a été préparé et distribué aux laboratoires nationaux de métrologie et à d'autres laboratoires. Les réponses à ce questionnaire ont mis en

exergue la très grande qualité de service rendu par le BIPM et le rôle unique de ce dernier dans la dissémination de cuves à iode destinées aux étalons de fréquence. Cette enquête a également montré qu'aucun laboratoire n'était intéressé par la reprise de cette activité du BIPM, activité qui dure depuis les années 1970, pour l'iode comme pour d'autres absorbants. Seul le NMIJ (Japon) fournit ce type de service pour des clients extérieurs. Concernant les futures commandes, le nombre de laboratoires qui prévoient l'achat de cuves à iode dans les prochaines années est significatif. La vente par le BIPM d'environ 15 cuves par an couvrira les faibles coûts de production pour répondre aux demandes des laboratoires nationaux de métrologie, du fait que le BIPM utilise ce service pour ses besoins internes. Les autres résultats qui ressortent de l'enquête sont d'une part, une attente d'une plus grande variété dans la géométrie des cellules et, d'autre part, une forte demande pour des absorbants autres que l'iode, principalement dans le domaine des télécommunications. Il n'est cependant pas prévu de répondre à cette dernière requête.

Les résultats de cette enquête ont été présentés à la session de 2006 du CIPM. Ce dernier a arrêté les dispositions suivantes concernant les activités et les équipements de l'ancienne section des longueurs :

- la poursuite des activités de production des cuves à iode, à prix coûtant, pour la période 2008-2012 et ce, pour l'iode uniquement ;
- la maintenance des lasers à He-Ne asservis sur l'iode, des lasers Nd :YAG asservis sur l'iode et du banc de mesure de fluorescence, tous nécessaires au contrôle et à l'étalonnage des cuves à iode destinées à la vente ;
- la maintenance des bancs à ultravide nécessaires à la production des cuves à iode ;
- la maintenance du peigne à impulsions femtosecondes, pour un usage scientifique interne au BIPM, par exemple la balance du watt ; et
- la maintenance du gravimètre absolu du BIPM.

Depuis la fin de 2003, la section a reçu une demande continue pour la fourniture de cuves à iode, en provenance des laboratoires nationaux de métrologie ou d'autres laboratoires, à des fins d'utilisation dans les lasers asservis ou en spectroscopie. Depuis cette date, environ 60 cuves à iode, remplies et testées au BIPM, ont été vendues.

La 7^e comparaison internationale de gravimètres absolus (ICAG 2005) a été organisée au BIPM. Dix-neuf gravimètres absolus provenant de seize pays (Allemagne, Autriche, Belgique, Canada, Espagne, États-Unis d'Amérique, Finlande, France, Italie, Japon, Luxembourg, Fédération de Russie, Suisse, Taipei chinois, République tchèque et Ukraine) ont participé à cette comparaison.

Laboratoires membres du CCL

Le CIPM a approuvé, pendant sa session de 2007, les demandes du BEV (Autriche), qui est devenu le laboratoire pilote de la comparaison clé CCL-K11, et du SPRING (Singapour), à devenir laboratoires membres du CCL.

Annexe 1

État d'avancement des études pilotes NANO et de la comparaison bilatérale organisées par le DG7

NANO1	largeur de traits (masque CD)	(démarrage)
NANO2	hauteur de marches	(terminée)
NANO3	règles divisées	(terminée)
NANO4	réseaux 1D	(terminée)
NANO5	réseaux 2D	(rapport préliminaire A)
NANO6	largeur de traits (monocristal CD)	(retardée)
NMIJ-PTB	réseaux 1D (pitch < 100 nm)	(terminée)

Comparaisons clés du CCL et des organisations régionales de métrologie pendant les années 2005 à 2007

EUROMET.L-K2	règles	(résultats placés dans la KCDB)
CCL-K3	étalons d'angle	(rapport final pour approbation)
CCL-K4	étalons de diamètre	(résultats placés dans la KCDB)
EUROMET.L-K4	étalons de diamètre	(rapport préliminaire A pour bientôt)
APMP.L-K4	étalons de diamètre	(rapport préliminaire A pour bientôt)
CCL-K5	calibre à gradins	(résultats placés dans la KCDB)
EUROMET.L-K5	calibre à gradins	(mesures presque terminées)
APMP.L-K5	calibre à gradins	(mesures presque terminées)
CCL-K6	plaque à billes	(rapport préliminaire B disponible)
EUROMET.L-K6	plaque à billes	(rapport préliminaire B en attente)
EUROMET.L-K7	règles à traits	(en cours)
APMP.L-K8	rugosité de surface	(protocole technique disponible)
CCL-Sxx	dilatation thermique	(rapport préliminaire B disponible)

Le président ouvre la discussion et demande à M. Chung quelle est l'utilité d'inclure plusieurs fréquences laser à large bande dans la mise en pratique. M. Steele (Canada) répond que ces fréquences sont nécessaires ; ce point est partagé par le directeur du BIPM. M. Göbel (Allemagne) commente que le problème d'inclure ces fréquences dans une liste qui contient aussi d'autres fréquences à bande étroite pourrait être résolu si l'on modifiait la formulation de la mise en pratique pour rendre le texte moins ambigu, par exemple en retirant le mot « fondamental ».

M. Chung clôt la discussion en donnant lecture du projet de résolution I, disant qu'il faut apporter un léger changement au texte afin d'ajouter une année supplémentaire à la liste des dates des révisions de la liste des radiations recommandées pour la mise en pratique de la définition du mètre.

18.2 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.

Le CCM a tenu sa 9^e session en avril 2005 et sa 10^e session en mars 2007. Les sujets 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, et la mise en œuvre des comparaisons clés du CIPM MRA dans les domaines de la masse et des grandeurs apparentées. La dernière réunion était consacrée à un sujet spécifique, à savoir la discussion de la définition du kilogramme.

Actuellement, douze groupes de travail sont engagés dans ces activités techniques et administratives et organisent, notamment, des réunions à leur convenance où ils invitent des spécialistes. Ce sont les 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'étalonnage, et la définition du kilogramme dans le SI. Le CCM a tenu deux réunions de leurs présidents, en avril 2005 et en mars 2007, afin d'harmoniser les activités des groupes de travail en ce qui concerne les comparaisons clés. Des délégués des comités techniques sur la masse et les mesures de débit de fluide des organisations régionales de métrologie sont invités aux réunions du CCM et l'aident à résoudre les problèmes techniques communs aux différentes régions. Le secrétaire exécutif du CCM coordonne ces activités et aide les présidents des groupes de travail d'un point de vue administratif et en effectuant la liaison avec le BIPM et le CIPM.

Les améliorations apportées au mode opératoire du CCM depuis la précédente réunion de la Conférence générale concernent :

- l'établissement du Groupe de travail sur la viscosité en avril 2005 (qui a remplacé le Groupe de travail *ad hoc* sur la viscosité), du Groupe de travail sur les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages en avril 2005 et du Groupe de travail sur la définition du kilogramme dans le SI en mars 2007 ;
- la fusion de l'ancien Groupe de travail sur les moyennes pressions et du Groupe de travail sur les hautes pressions ;
- l'établissement de la Coordination internationale sur la constante d'Avogadro (IAC) en octobre 2003 ; et
- des changements de personnes : présidents des groupes de travail sur les étalons de masse, la force, les basses pressions, la dureté, et les mesures de débit de fluide.

Les sujets examinés depuis la dernière réunion de la Conférence générale sont vastes : ils vont de la gestion des comparaisons clés pendant la période de mise en place de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM aux sujets liés à la redéfinition des unités SI. De nombreux groupes de travail ont réussi à démontrer l'équivalence en menant à terme des comparaisons clés

et en surmontant les difficultés techniques dues à des étalons de transfert endommagés ou à une mauvaise compréhension du protocole. Ils ont aussi collaboré avec les comités techniques sur la masse et les mesures de débit de fluide des organisations régionales de métrologie afin d'établir le lien entre les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et celles du CCM. Le projet Avogadro de l'IAC, le Groupe de travail sur la constante d'Avogadro, ainsi que le nouveau Groupe de travail sur la définition du kilogramme dans le SI et certains sous-groupes du groupe de travail sur les étalons de masse se sont chargés de la responsabilité du CCM dans la redéfinition du kilogramme.

Étalons de masse

Le Groupe de travail sur les étalons de masse s'est réuni en avril 2005 au siège du BIPM ; ses discussions ont porté sur les points suivants :

- Une comparaison sur les propriétés magnétiques des étalons de masse destinée à assurer l'équivalence des déterminations des caractéristiques magnétiques des étalons de masse ; les résultats préliminaires ont montré de petites différences qui demandent un examen ultérieur.
- L'estimation de la masse volumique de l'air, qui est un élément critique pour corriger la poussée de l'air dans les étalonnages de masse. La formule recommandée par le CIPM pour le calcul de la masse volumique de l'air à partir de sa composition chimique a été utile à la métrologie des masses. Toutefois, les mesures récentes effectuées au BIPM et dans certains laboratoires nationaux de métrologie, principalement au sein de l'EURAMET, ont révélé une faible différence relative, d'environ 7×10^{-5} , de la masse volumique de l'air par rapport à la formule. La nouvelle mesure faite au KRISS (0,009 332 mol/mol d'argon dans l'air sec) a permis de corriger l'ancien résultat (0,009 17), publié il y a plus de 25 ans. L'influence de cette nouvelle mesure de l'argon sur la valeur de la masse volumique de l'air explique la différence observée. Une seconde et très nouvelle mesure de la teneur en argon faite par le LNE conforte le résultat du KRISS, confirmant par là la nécessité de réviser la recommandation du CIPM. La nouvelle formule et sa documentation sont déjà à l'état de projet. Ce travail est aussi réalisé en commun avec le Groupe de travail sur la masse volumique et il a bénéficié de la collaboration du groupe de travail sur l'analyse des gaz du CCQM.

Les études de surface des artefacts en silicium, en acier inoxydable et en platine-iridié ont aussi été discutées afin d'apporter une correction pour la masse des molécules adsorbées dans les étalonnages de masse. Les résultats qui combinent les mesures d'analyse de surface et des balances de précision dans le vide ont fait l'objet d'un rapport établissant la méthode pour estimer les corrections de masse en fonction de l'analyse de surface en temps réel.

Une expérience d'accumulation d'ions visant à déterminer l'unité de masse atomique est en cours à la PTB. Le rapport entre la charge accumulée des ions sur la balance et de leur masse donne des informations similaires à l'expérience bien connue sur la constante d'Avogadro. Des mesures utilisant des ions de bismuth ont été présentées ; ceux-ci sont considérés comme plus efficaces pour l'expérience que les ions d'or, en particulier parce que le courant d'ions augmente jusqu'à 5 mA. Cependant la précision atteinte à ce jour ne peut pas faire concurrence à l'expérience Avogadro ni aux meilleures expériences sur la balance du watt.

Le groupe de travail sur les étalons de masse a organisé les comparaisons clés suivantes :

- les comparaisons clés CCM.M-K1 (étalon en acier inoxydable de 1 kg, dont le laboratoire pilote est le BIPM), CCM.M-K2 (étalons en acier inoxydable de multiples et sous-multiples

du kilogramme, de 10 kg, 500 g, 20 g, 2 g et 100 mg, dont le laboratoire pilote est la PTB) et CCM.M-K3 (étalon en acier inoxydable de 50 kg, dont le laboratoire pilote est le LNE), qui sont toutes terminées et approuvées pour l'équivalence ;

- la comparaison clé CCM.M-K4 (étalon en acier inoxydable de 1 kg, dont le laboratoire pilote est le BIPM), dont le protocole est terminé ;
- la comparaison clé CCM.M-K5 (étalons en acier inoxydable de multiples et sous-multiples du kilogramme, de 2 kg, (1 kg), 200 g, 50 g, 1 g et 200 mg, dont le laboratoire pilote est le NMIJ), qui en est au stade de la préparation du projet B de rapport.

Les comparaisons clés CCM.M-K6, -K7 et -K8 d'étalons de 50 kg, 1 kg, et de multiples et sous-multiples du kilogramme sont aussi prévues.

Les procédures afférentes aux futures comparaisons clés ont été discutées et approuvées : on fera circuler des étalons de 1 kg et des multiples et sous-multiples du kilogramme ensemble, un étalon de 50 kg et deux étalons de 1 kg, à un intervalle de temps de dix ans.

Masse volumique

Le Groupe de travail sur la masse volumique s'est réuni en avril 2005 au siège du BIPM. Les discussions techniques ont porté sur :

- la redétermination de la masse volumique de l'eau en cours à la PTB, destinée à améliorer la précision de la masse volumique des liquides de référence pour les étalonnages de masse volumique, la détermination du volume des étalons de masse et la volumétrie en général ;
- la mesure absolue de la masse volumique du mercure ;
- les mesures de masse volumique de liquides dans un vaste domaine de températures et de pressions, la réfractométrie des gaz, le comparateur de masse volumique de précision, le volumètre acoustique pour les étalons solides, l'automatisation des mesures de masse volumique, la balance à lévitation magnétique pour les mesures de masse volumique de liquides, sujets qui ont tous été discutés dans le cadre de travaux importants sur les étalons de masse volumique.

Un numéro spécial de *Metrologia* sur la masse volumique (avril 2004, **41**(2)) a été organisé et publié par le groupe de travail pour décrire les progrès récents du domaine.

Le groupe de travail gère les comparaisons clés suivantes :

- la comparaison clé CCM.D-K1 (sphère de silicium, $2\,300\text{ kg/m}^3$, dont le laboratoire pilote est le NMIJ), terminée et approuvée pour l'équivalence ;
- la comparaison clé CCM.D-K2 (étalon liquide de masse volumique, dont le laboratoire pilote est la PTB), qui en est au stade de la préparation du projet A de rapport ;
- la comparaison clé CCM.D-K3 (étalon en acier inoxydable, dont le laboratoire pilote est le NMIJ), à l'état de projet ;
- la comparaison clé CCM.D-K4 (hydromètres, dont le laboratoire pilote est l'INRiM), à l'état de projet.

La stratégie a été discutée pendant la réunion afin de répondre aux besoins de l'industrie et de la société concernant les sujets suivants : les mesures de masse volumique à haute pression et haute température (propriétés thermodynamiques) 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 sur la force s'est réuni en mars 2004 dans les locaux du NMISA (Afrique du Sud) et il doit se réunir en 2007 dans ceux du CENAM (Mexique). La plupart des discussions techniques lors de la réunion étaient liées aux étalons de force et elles étaient centrées sur l'amélioration de la stabilité et de la reproductibilité des capteurs de force, sur les étalons de mesure de couple et la métrologie dynamique des forces. Ces dernières années, en particulier, le programme sur les étalons de mesure de couple a été mené à bien avec succès et les premiers étalonnages sont terminés comme on peut le voir ci-dessous. Parmi les sujets à venir, on envisage de mesurer des forces faibles, des forces à composantes multiples et d'effectuer des comparaisons dans certains domaines de tension.

Le groupe de travail gère les comparaisons clés suivantes :

- les comparaisons clés CCM.F-K1.a (jusqu'à 10 kN) et .b (jusqu'à 5 kN) (cellule de pesée, dont le laboratoire pilote est le MIKES), qui en sont au stade de la préparation du projet B de rapport ;
- les comparaisons clés CCM.F-K2.a (jusqu'à 100 kN) et .b (jusqu'à 50 kN) (cellule de pesée, dont le laboratoire pilote est le NPL), dont les étalonnages sont terminés ;
- les comparaisons clés CCM.F-K3.a (jusqu'à 1 MN) et .b (jusqu'à 500 kN) (cellule de pesée, dont le laboratoire pilote est la PTB), dont les étalonnages sont terminés ou en cours ;
- les comparaisons clés CCM.F-K4.a (jusqu'à 4 MN) et .b (jusqu'à 2 MN) (cellule de pesée, dont le laboratoire pilote est le NIST), qui sont toutes deux au stade de la préparation du projet A de rapport ;
- les comparaisons clés CCM.F-K5 à CCM.F-K22, organisées précédemment, qui sont toutes approuvées pour l'équivalence provisoire.

Le groupe de travail gère les comparaisons clés d'étalons de mesures de couple suivantes :

- la comparaison clé CCM.T-K1 (capteur de couple, 1 kN · m, dont le laboratoire pilote est la PTB), dont les étalonnages sont terminés ;
- la comparaison clé CCM.T-K2 (capteur de couple, 20 kN · m, dont le laboratoire pilote est la PTB), en cours.

Réunion commune des groupes de travail sur les pressions

Les trois groupes de travail sur les pressions ont organisé la 4^e Conférence internationale du CCM sur la métrologie des pressions en avril 2005 à Londres, en collaboration avec le NPL et l'IOP. Juste après cette conférence, une réunion commune s'est tenue au NPL pour en tirer les conclusions. Un numéro spécial de *Metrologia* a été consacré à cette conférence, publié dans le vol. 42(6), 2005. Lors de la réunion, la proposition de redéfinir le kilogramme a été présentée ainsi qu'une introduction sur l'expérience de la balance du watt. Une déclaration commune aux trois groupes de travail sur les pressions a été préparée et présentée à la 9^e session du CCM. Le

lien entre les comparaisons clés régionales et les comparaisons clés du CCM a été discuté du point de vue administratif et aussi en termes de méthodes statistiques à utiliser pour l'évaluation de l'équivalence.

Hautes pressions

Le Groupe de travail sur les hautes pressions s'est réuni en avril 2005 dans les locaux du NPL (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord). Les sujets discutés étaient : le calcul de la distorsion de la pression des balances de pression, la détermination de l'aire effective de l'assemblage piston-cylindre des balances de pression à partir de mesures dimensionnelles, la mise au point de nouvelles méthodes afin d'améliorer la comparaison de deux balances de pression, et l'établissement de douze points de pression clés pour lier facilement à l'avenir les comparaisons clés dans le domaine compris entre 100 kPa et 1 GPa.

Le groupe de travail gère les comparaisons clés suivantes :

- les comparaisons clés CCM.P.K1.a et .b (aire de l'assemblage piston-cylindre, entre 50 kPa et 1 MPa, dont les laboratoires pilotes sont le LNE et la PTB), et CCM.P.K1.c (entre 80 kPa et 7 MPa, dont le laboratoire pilote est l'INRiM) ;
- les comparaisons clés CCM.P-K5 (jauge de pression, entre 1 Pa et 1000 Pa, en mode relatif, dont le laboratoire pilote est le NIST) et CCM.P-K7 (jauge à piston, entre 10 MPa et 100 MPa, dont le laboratoire pilote est la PTB), qui sont toutes terminées et approuvées pour l'équivalence ;
- les comparaisons clés CCM.P-K11 (jauge à piston, entre 10 MPa et 100 MPa, dont le laboratoire pilote est la PTB) et CCM.P-K8 (jauge à piston, entre 100 MPa et 500 MPa, dont le laboratoire pilote est le LNE), qui sont approuvées pour l'équivalence provisoire.

Moyennes pressions

Le Groupe de travail sur les moyennes pressions s'est réuni en avril 2005 dans les locaux du NPL (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord). Les discussions techniques ont porté sur l'utilisation accrue de générateurs de différentiels de pression faibles, l'introduction de nouveaux manomètres à mercure dans trois laboratoires nationaux de métrologie, les comparaisons en cours entre manomètres à mercure, et les assemblages piston-cylindres de large diamètre. L'expertise technique des membres concernait la manométrie, qui est un domaine commun de compétences avec d'autres groupes. La fusion du groupe de travail avec les deux autres groupes sur les pressions a donc été discutée et approuvée par les membres présents. Suite à l'accord consécutif du CCM, ce groupe de travail a été fusionné avec le Groupe de travail sur les hautes pressions.

Le groupe de travail gère les comparaisons clés suivantes :

- la comparaison clé CCM.P.K2 (aire de l'assemblage piston-cylindre, entre 10 kPa et 120 kPa, en mode absolu, dont le laboratoire pilote est le NPL), qui en est au stade de la préparation du projet A de rapport ;
- la comparaison clé CCM.P-K6 (jauge de pression, entre 10 kPa et 120 kPa, en mode relatif, dont le laboratoire pilote est le NPL), qui est terminée et approuvée pour l'équivalence ;

- la comparaison clé CCM.P-K10 (jauge de pression, entre 10 kPa et 140 kPa, en mode absolu, dont le laboratoire pilote est le NPL), qui est approuvée pour l'équivalence provisoire.

Basses pressions

Le Groupe de travail sur les basses pressions s'est réuni en avril 2005 dans les locaux du NPL (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord). La discussion était centrée sur le besoin d'encourager la collaboration avec l'ISO TC 112, qui s'occupe de la normalisation des étalonnages de jauges à vide. L'importance des jauges à rotor tournant comme étalons de transfert a été reconnue et le groupe est préoccupé du récent déclin de la technique de fabrication. La comparaison de fuites de référence prévue par le groupe de travail a débuté avec succès. Les dommages subis par les étalons voyageurs utilisés dans les comparaisons clés restent un problème sérieux dans ce domaine.

La stratégie future du groupe de travail à l'égard des sujets suivants a été discutée : étalonnage de la vapeur de pression de l'hélium 3 pour l'échelle des basses températures (entre 0,65 K et 3,2 K), l'indice de réfraction de l'air corrigé pour la vapeur d'eau (pour les mesures de longueur), les mesures de pression partielle, la mesure des fuites vers l'atmosphère pour la réglementation sur l'environnement, la mesure de pression pour le scellement hermétique, la mesure de la pression dynamique à haute fréquence, la mesure du dégazage et l'amélioration des étalons secondaires de pression fréquemment utilisés.

Le groupe de travail gère les comparaisons clés suivantes :

- la comparaison clé CCM.P-K3 (jauges à ionisation, jauges à rotor tournant, entre 3 μ Pa et 9 mPa, dont le laboratoire pilote est le NIST), qui en est au stade de la préparation du projet A de rapport ;
- la comparaison clé CCM.P-K4 (jauge à pression, entre 1 Pa et 1000 Pa, dont le laboratoire pilote est le NIST), qui est terminée et approuvée pour l'équivalence.
- la comparaison clé CCM.P-K12 (fuite de référence d'hélium, à 3×10^{-11} mol/s et 10^{-13} mol/s, dont le laboratoire pilote est la PTB), dont le protocole est terminé.

Le programme futur de comparaisons clés a été discuté. Il couvrira les étalons de pression dans le domaine compris entre 10^{-9} Pa et 1000 Pa et les fuites de référence, comparaisons qui doivent être répétées tous les douze ans.

La constante d'Avogadro

Le Groupe de travail sur la constante d'Avogadro s'est réuni en mars 2005 dans les locaux de la PTB (Allemagne) et en juillet 2006 dans ceux de l'INRiM (Italie), en liaison avec la Coordination internationale Avogadro (IAC).

L'utilisation de silicium 28 enrichi (^{28}Si) pour réduire les incertitudes de mesure de la masse molaire est l'objectif principal du projet sur la constante d'Avogadro. On espère que la différence actuelle, non expliquée, d'environ 1×10^{-6} entre la valeur recommandée par le groupe de travail, dont l'incertitude relative est $3,1 \times 10^{-7}$, et la valeur recommandée par la CODATA pourra être expliquée grâce à cette approche. L'incertitude visée par le projet est de 2×10^{-8} , ce qui demande une amélioration d'un ordre de grandeur dans la mesure de la plupart des paramètres. L'état d'avancement des mesures des divers paramètres : paramètre du réseau du

cristal de silicium ; masse molaire, volume et masse de la sphère de silicium ; épaisseur de la couche d'oxyde sur la sphère de silicium, impureté du cristal de silicium et leur amélioration ont été discutés lors de la réunion. Un lingot de 5 kg en poly-cristal de ^{28}Si pur à 99,994 %, financé par les participants au Consortium IAC, a été livré en mai 2007 et une sphère extraite du lingot est en cours de fabrication au NMIA (Australie). Divers échantillons ont aussi été extraits du lingot pour effectuer des mesures de la maille du réseau et d'abondance isotopique.

Les incertitudes actuelles déclarées pour les paramètres sont les suivantes : 3×10^{-8} pour le volume de la maille élémentaire unitaire, 14×10^{-8} pour la masse molaire, 3×10^{-8} pour le volume de la sphère, $0,6 \times 10^{-8}$ pour la masse de la sphère, et 3×10^{-8} pour la contribution liée à la couche d'oxydation sur la sphère. Les mesures de la sphère finale recouverte d'oxyde naturel devraient avoir lieu en 2008. Un revêtement d'oxyde thermique sera alors ajouté et les mesures seront répétées en 2009.

Coordination internationale Avogadro

La Coordination internationale Avogadro a débuté en avril 2004, initialement entre sept laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM, juste après que le CIPM ait donné son accord en 2003. Les réunions de discussion auxquelles participaient des délégués des laboratoires nationaux de métrologie impliquaient des activités de coopération technique entre les membres et la mise au point du contrat avec les fabricants partenaires, comme l'Agence atomique russe, la Communauté européenne et l'IKZ (Allemagne).

Outre ses réunions avec le Groupe de travail sur la constante d'Avogadro, la Coordination internationale Avogadro a aussi tenu des réunions administratives en février 2007 à l'IKZ, à Berlin, pour discuter de l'échéancier de la production du lingot, du contrôle de sa pureté isotopique, du polissage de la sphère et de la mesure des paramètres requis. La Coordination internationale Avogadro examine aussi l'état d'avancement des travaux entrepris par les fabricants partenaires et en rend compte.

Dureté

Le Groupe de travail sur la dureté s'est réuni en novembre 2004 dans les locaux du NIST, en octobre 2005 dans ceux du NPL, et en septembre 2006 à Rio de Janeiro (Brésil), réunion au cours de laquelle le groupe de travail a approuvé la nouvelle définition de l'échelle de dureté de Rockwell C (HRC) qui devra être adoptée par les laboratoires nationaux de métrologie. Elle est compatible avec la norme ISO 6508, et elle définit (sans tolérance) un certain nombre des paramètres d'essai. Les propositions de nouvelles comparaisons clés comprennent des comparaisons entre 20 HRC et 65 HRC. De plus, une étude pilote sur la nano-dureté et une étude pilote sur les pénétrateurs à tête de diamant pour étayer les aptitudes en matière de mesure et d'étalonnage sont aussi prévues. Les programmes stratégiques portent sur la traçabilité des échelles traditionnelles (nouvelle définition pour les laboratoires nationaux de métrologie), la mise au point et la dissémination des étalons primaires pour les matériaux non métalliques (élastomère, céramiques etc.), l'échelle de Martens et les nano-indentations.

Le groupe de travail gère les comparaisons clés suivantes :

- les comparaisons clés CCM.H.K1.a (bloc d'essai de dureté, 0,2 sur l'échelle de dureté de Vickers), .b (1 sur l'échelle de dureté de Vickers), et .c (30 sur l'échelle de dureté de Vickers), qui sont terminées et approuvées pour l'équivalence ;

- la comparaison clé CCM.H.K2 (bloc d'essai de dureté, échelle de dureté de Brinell), qui en est au stade de la préparation du projet B de rapport ;
- les comparaisons supplémentaires CCM.H.S1.a (bloc d'essai de dureté, échelle de dureté de Rockwell C), .b (Rockwell A), .c (Rockwell D), .d (Rockwell 15N), .e (Rockwell 30N), et .f (Rockwell 45N), qui en sont au stade de la préparation du projet B de rapport.

Mesures de débit de fluides

Le Groupe de travail sur les mesures de débit de fluides s'est réuni en avril 2005 au siège du BIPM et en mai 2006 dans les locaux du CENAM (Mexique). Sa composition a été confirmée et il comprend maintenant 22 laboratoires membres. Les discussions techniques ont porté sur la préparation d'une comparaison clé de tuyère sonique et sur le besoin d'étalons voyageurs robustes pour les comparaisons. La stratégie a été discutée. Elle a mis en relief la collaboration avec le Comité technique 8 de l'OIML (débit) (une réunion commune a été organisée) et la collaboration avec l'AIEA, avec participation réciproque dans les réunions sur la traçabilité des débitmètres d'eau dans les centrales nucléaires.

Le groupe de travail gère les comparaisons clés suivantes :

- la comparaison clé CCM.FF-K1 (débitmètres à turbine et de Coriolis, pour la mesure d'un débit d'eau compris entre 70 m³/h et 160 m³/h, dont le laboratoire pilote est le KRISS), qui est terminée et approuvée pour l'équivalence ;
- la comparaison clé CCM.FF-K2 (débitmètres à turbine et à déplacement positif, pour la mesure du débit d'hydrocarbures liquides compris entre 35 m³/h et 250 m³/h, dont le laboratoire pilote est le NEL), en cours ;
- la comparaison clé CCM.FF-K3 (anémomètres ultrasoniques et à pales, vitesse de l'air comprise entre 2 m/s et 20 m/s, dont le laboratoire pilote est le NMIJ), qui est terminée et approuvée pour l'équivalence ;
- la comparaison clé CCM.FF-K4 (pipettes et pycnomètres, d'un volume compris entre 100 ml et 20 l, dont le laboratoire pilote est le CENAM), qui est terminée et approuvée pour l'équivalence ;
- la comparaison clé CCM.FF-K5.a (débitmètres à turbine et ultrasonique, débit de gaz naturel à haute pression compris entre 65 m³/h et 1000 m³/h, dont le laboratoire pilote est la PTB), qui est terminée et approuvée pour l'équivalence ;
- la comparaison clé CCM.FF-K5.b (débitmètres à turbine, débit d'air et d'azote à haute pression compris entre 65 m³/h et 1000 m³/h, dont le laboratoire pilote est la PTB), qui est terminée et approuvée pour l'équivalence ;
- la comparaison clé CCM.FF-K6 (tuyères venturis fonctionnant en régime sonique, débit de gaz à basse pression entre 4,4 g/min et 260 g/min, dont le laboratoire pilote est le NIST), qui est terminée et approuvée pour l'équivalence.

Gravimétrie

Le Groupe de travail sur la gravimétrie s'est réuni conjointement avec le Groupe d'étude 2.1.1 de l'Association internationale de géodésie sur les comparaisons de gravimètres absolus. Des réunions ont eu lieu en juin 2006 dans les locaux du METAS (Suisse) et en août 2007 dans ceux

du VNIIM (Fédération de Russie), en liaison avec un symposium technique à Saint-Pétersbourg. La comparaison internationale de gravimètres absolus ICAG 2005, la septième de la série, a eu lieu au siège du BIPM en 2005. Un rapport sur les résultats a été préparé et soumis pour publication à *Metrologia*. La comparaison comprend des gravimètres absolus balistiques et aussi une petite série de gravimètres relatifs. Il a été décidé que la comparaison serait « une étude pilote fondée sur le protocole d'une comparaison clé ». En fait, les participants à la série de comparaisons ICAG forment un groupe divers composé principalement de métrologistes des laboratoires nationaux de métrologie et de géophysiciens venant d'universités et d'agences gouvernementales. Dix-neuf gravimètres absolus ont participé à ICAG 2005, douze d'entre eux étaient de même conception commerciale.

La prochaine comparaison de la série ICAG aura lieu en 2009 au siège du BIPM.

Viscosité

La viscosité, une propriété hydrodynamique des liquides et des gaz, est importante pour les applications industrielles telles que la lubrification des moteurs, le transfert d'énergie et les évaluations des effets sur l'environnement, et même pour la fabrication des membranes les plus fines pour l'industrie des semiconducteurs.

Le Groupe de travail sur la viscosité fait maintenant partie du CCM après avoir, à sa création, été un groupe de travail *ad hoc* du CIPM. Vingt participants étaient présents à sa réunion d'avril 2005 au siège du BIPM. Du fait de sa grande activité dans le domaine des comparaisons clés, il a œuvré à démontrer l'équivalence au cours des deux dernières années ; les comparaisons clés devraient être répétées en 2008. Comme l'étalon primaire de viscosité cinématique fait référence à l'eau pure et que les seules valeurs de référence, déterminées par le NIST en 1953, demandent confirmation, la détermination absolue de la viscosité d'un liquide de référence fiable est requise depuis longtemps et constitue un défi. Actuellement, deux laboratoires nationaux de métrologie mènent des projets indépendants pour la détermination de la viscosité de liquides plus visqueux avec une incertitude inférieure à 0,1 %.

Le groupe de travail gère les comparaisons clés suivantes :

- les comparaisons clés CCM.V-K1.A (liquide étalon, viscosité cinématique de 10 mm²/s à 20 °C), CCM.V-K1.B1 (liquide étalon, viscosité cinématique de 1300 mm²/s à 20 °C), CCM.V-K1.B2 (liquide étalon, viscosité cinématique de 400 mm²/s à 40 °C), CCM.V-K1.B3 (liquide étalon, viscosité cinématique de 40 mm²/s à 100 °C) et CCM.V-K1.C (liquide étalon, viscosité cinématique de 40 000 mm²/s à 20 °C), qui sont toutes terminées et approuvées pour l'équivalence ;
- les comparaisons clés CCM.V-K2.A (liquide étalon, viscosité cinématique de 150 mm²/s à -40 °C, 35 mm²/s à -20 °C et 7 mm²/s à 20 °C) et CCM.V-K2.B (liquide étalon, viscosité cinématique de 1300 mm²/s à 20 °C, 40 mm²/s à 100 °C et 15 mm²/s à 150 °C), qui en sont au stade de la préparation du projet A de rapport.

Groupe de travail sur les aptitudes et matière de mesures et d'étalonnages

Le CIPM a encouragé le CCM à aider à l'examen des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) des comités techniques régionaux sur la masse et sur les mesures de débit de fluides. Puisque la compétence métrologique du CCM est répartie entre ses divers groupes de travail techniques, l'examen des CMCs particulières incombe au groupe de travail compétent.

Cependant, il est nécessaire d'établir une certaine coordination entre les activités des groupes de travail fondée sur des directives communes pour un examen efficace et bien pensé. Afin de mettre en œuvre cette coordination, le CCM a décidé d'établir un groupe de travail sur les CMCs, pour améliorer la communication et pour donner des directives pour les déclarations de CMC. Le groupe de travail est composé des présidents des comités techniques régionaux sur la masse, des présidents des comités techniques régionaux sur les mesures de débit de fluides et de tous les présidents des groupes de travail du CCM impliqués dans les activités mises en œuvre dans le cadre du CIPM MRA.

Ce groupe est chargé d'effectuer la liaison entre le CCM et le JCRB, de publier et de contrôler les informations sur les différends et de transmettre l'avis du CCM (et de ses groupes de travail) au JCRB. Il a été décidé que ces activités seraient traitées uniquement par courrier électronique. Il a aussi été décidé que le rôle principal du Groupe de travail sur les CMCs serait d'être un point de contact pour les problèmes sur les CMCs, comme l'identification des comparaisons nécessaires pour les étayer. Les deux dernières années d'activité du groupe de travail ont révélé que la méthode actuelle d'examen des CMCs a bien fonctionné dans les domaines couverts par le CCM. Le groupe de travail a traité des questions posées par les groupes de travail sur la masse volumique, les pressions et la viscosité.

Réunion des présidents

Le CCM a réuni les présidents de ses groupes de travail en avril 2005 et en mars 2007 au siège du BIPM. Lors de ces deux réunions, les résultats des comparaisons clés et les projets de nouvelles comparaisons clés ont été approuvés. Lors de la dernière réunion, les directives approuvées pour les comparaisons clés du CCM ont été confirmées et la stratégie correspondante a été mise en œuvre. La proposition d'établir un forum de discussion pour les présidents des groupes de travail, utile pour l'examen des rapports des comparaisons clés, a été approuvée et un forum a été créé sur le site Web du BIPM. Un document de directive est en préparation, avec l'aide des différents groupes de travail, sur les comparaisons nécessaires pour étayer les CMCs dans les divers domaines techniques du CCM et les domaines connexes. Après approbation de la fusion des groupes de travail du CCM sur les moyennes et sur les hautes pressions, la démarcation entre le Groupe de travail du CCM sur les hautes pressions et celui sur les basses pressions a été discutée et la décision repoussée à plus tard.

Redéfinition du kilogramme et Groupe de travail sur la définition du kilogramme dans le SI

Lors de sa 9^e session, le CCM a discuté de la redéfinition du kilogramme. Il voulait répondre à une proposition publiée dans *Metrologia* (2005, **42**(2), 71-80), par I.M. Mills *et al.*, avant la réunion (et dans le dernier article des mêmes auteurs soumis à *Metrologia*, qui procède de la même intention de pousser à la redéfinition), ainsi qu'à de nombreux articles et lettres prenant position sur ce sujet, motivés par des propositions de métrologistes du monde entier, d'une organisation internationale, de trois laboratoires nationaux de métrologie, d'un comité technique sur la masse d'une organisation régionale de métrologie et de quatre groupes de travail du CCM.

Le CCM en a tiré ses conclusions et a soumis une recommandation à la 94^e session du CIPM. D'autres Comités consultatifs ayant fait des recommandations similaires, le CIPM a adopté la Recommandation 1 (CI-2005) sur les « Étapes préalables à de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole en fonction de constantes fondamentales ». Dans cette Recommandation, le CIPM demande spécifiquement au CCM d'examiner les

implications de la redéfinition du kilogramme et de soumettre un rapport à la 97^e session du CIPM. Le CCM a ensuite décidé de créer un groupe de travail *ad hoc* sur les changements au SI, composé des présidents du Groupe de travail sur les étalons de masse et du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro, des membres du CCM qui avaient préparé le précédent projet de recommandation du CCM, d'un délégué du Comité technique 9 de l'OIML, et des secrétaires exécutifs du CCM et du CCU. Le Groupe de travail *ad hoc* s'est réuni en juillet 2006 à l'INRiM, Turin, en liaison avec la Conférence on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM). Certains membres ont contribué à une importante contre-proposition publiée par la suite dans *Metrologia* (2007, **44**(1), 1-14), par P. Becker *et al.* (Cette publication est toutefois l'œuvre de ses auteurs et pas celle du groupe de travail).

Les discussions au groupe de travail étaient centrées sur les sujets suivants : examen de l'éventuelle redéfinition du kilogramme dans le SI fondée sur deux propositions ; discussions sur le statut futur de l'expérience sur la balance du watt et du projet sur la Coordination internationale Avogadro ; discussions sur le rôle du prototype du kilogramme et des travaux connexes au BIPM dans le cadre d'une future redéfinition. Les résultats des discussions ont été rapportés par les membres et ont contribué à d'autres discussions à la CPEM 2006, au CCEM et au CCU.

Du fait des progrès réalisés par le Groupe de travail *ad hoc* sur les changements au SI, la 10^e session du CCM a été organisée spécifiquement pour préparer des réponses à la Recommandation 1 (CI-2005). Les résultats de ces discussions ont renforcé le groupe de travail et il a été chargé de préparer la réponse du CCM au CIPM.

Le Groupe de travail *ad hoc* sur les changements au SI a été transformé en Groupe de travail sur la définition du kilogramme dans le SI, afin que ce groupe poursuive ses activités pour une période indéterminée. Pour préparer le travail technique lié à une éventuelle redéfinition, le CCM a approuvé l'établissement de deux sous-groupes au sein du Groupe de travail du CCM sur les étalons de masse, l'un pour aider le BIPM à établir un bilan d'incertitude plus formel pour les étalonnages de routine des étalons nationaux du kilogramme (copies du prototype international), et le second pour coordonner les problèmes concernant les pesées dans le vide et la conservation des étalons en atmosphère inerte ou dans le vide, car ces problèmes doivent être résolus au moment de la mise en application du changement de définition.

La réponse du CCM à la Recommandation 1 (CI-2005) comprend :

- la recommandation aux laboratoires nationaux de métrologie et au BIPM de poursuivre les expériences pour relier les constantes fondamentales à la définition actuelle du kilogramme et, après la redéfinition, de maintenir les activités pour la mise en pratique de la nouvelle définition ;
- la nécessité d'une mise en pratique pour réaliser la définition du kilogramme, décrivant le rôle des expériences de liaison et la poursuite de l'utilisation des étalons de masse actuels.

De plus, pour que la redéfinition puisse se faire, les conditions techniques suivantes sont recommandées :

- les différences significatives entre les diverses expériences doivent être éliminées ;
- l'incertitude relative sur la meilleure expérience doit être inférieure à 2×10^{-8} au niveau de 1 kilogramme ;
- il faut disposer d'un nombre suffisant d'expériences indépendantes présentant l'incertitude requise.

Afin de résumer les discussions sur la redéfinition dans un contexte plus vaste et de préparer sa recommandation à la 97^e session du CIPM, le CCU s'est réuni en juin 2007 et a invité plusieurs membres du CCM à présenter les discussions qu'ils ont eues à la 10^e session du CCM.

Le président ouvre la discussion et demande à M. Tanaka ce qu'il en est du programme à long terme sur le projet de sphère en silicium de composition isotopique pure pour déterminer la constante d'Avogadro, et quel serait le programme à venir si la différence avec les résultats obtenus au moyen de la balance du watt subsistait ? M. Göbel et M. Tanaka répondent que l'origine de la différence entre les deux techniques est inconnue, il faudra consacrer beaucoup d'efforts pour l'identifier.

18.3 Comité consultatif du temps et des fréquences

M. Énard, président du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), présente son rapport et le projet de résolution I.

Les 16^e et 17^e sessions du CCTF ont eu lieu au siège du BIPM en mars 2004 et en septembre 2006, respectivement.

Membres du CCTF

Le nombre des membres du CCTF a augmenté pendant la période couverte par ce rapport. Le Space Research Centre de l'Académie des Sciences de Pologne (SRC) et l'International Service for GNSS (IGS) en sont devenus membres.

Groupes de travail du CCTF

De nouvelles missions ont été approuvées pour le Groupe de travail du CCTF sur le TAI, allant de pair avec le nombre plus élevé de ses membres. Le sous-groupe de travail sur les algorithmes a proposé, lors de la 17^e session du CCTF, l'organisation du cinquième symposium sur les algorithmes pour les échelles de temps en 2008. Cette proposition a été approuvée et le symposium se tiendra à San Fernando (Espagne) en mai 2008 ; il sera organisé conjointement par le BIPM, l'INRiM, le ROA et l'USNO.

En 2005, le Groupe de travail sur le TAI a établi deux groupes d'étude *ad hoc* afin d'analyser une proposition de la section du temps de changer la méthode habituelle de calcul des liaisons horaires pour le Temps atomique international (TAI), pour passer de la méthode traditionnelle des observations simultanées des satellites du GPS à une méthode globale (GPS all-in-view) utilisant tous les satellites visibles. Le Groupe d'étude I a été chargé de donner son avis sur les avantages qu'il y aurait à adopter la méthode globale et le Groupe d'étude II devrait étudier l'optimisation des liaisons horaires pour le TAI.

Les conclusions des groupes d'étude ont été présentées à la 17^e session du CCTF. L'utilisation de la méthode globale a été approuvée et l'organisation de liaisons horaires autour d'un laboratoire pivot a été recommandée afin de l'optimiser. D'après le travail des groupes d'étude, le CCTF a recommandé que les laboratoires et le BIPM fournissent les moyens de mettre en œuvre l'utilisation des techniques de mesure de la phase des porteuses du GNSS pour les comparaisons de temps et de fréquences du TAI.

Deux nouveaux groupes de travail ont été établis lors de la 17^e session du CCTF : le Groupe de travail sur les étalons primaires de fréquence, chargé d'aider le BIPM dans l'utilisation des résultats des étalons primaires de fréquence afin d'améliorer l'exactitude du TAI, et le Groupe de travail sur la coordination de la mise au point de techniques avancées de comparaison de temps et de fréquences, chargé d'étudier les comparaisons de temps de haute exactitude en vue de l'utilisation d'étalons optiques de fréquence pour les représentations secondaires de la seconde.

Le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les représentations secondaires de la seconde a proposé au CCL et au CCTF de fusionner le Groupe de travail du CCL sur la mise en pratique et le Groupe de travail commun au CCL et au CCTF en un nouveau Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les étalons de fréquence. Dans cette nouvelle structure, une liste unique est proposée contenant les radiations pour les réalisations pratiques du mètre, qui doivent être approuvées par le CCL, et les radiations convenant aux représentations secondaires de la seconde, qui doivent être approuvées par le CCTF. Le CCL a approuvé cette proposition et le CCTF a adopté une recommandation favorable (Recommandation CCTF 1 (2006), présentée au CIPM en 2006). Le nom de cette liste est « Valeurs recommandées des fréquences étalons destinées à la mise en pratique de la définition du mètre et aux représentations secondaires de la seconde ».

Une liste de radiations a été proposée et recommandée par le CCTF, à inclure dans la liste de « Valeurs recommandées des fréquences étalons destinées à la mise en pratique de la définition du mètre et aux représentations secondaires de la seconde », pour servir de représentations secondaires de la seconde (Recommandation CCTF 2 (2006), présentée au CIPM en 2006). Cette liste comprend le ^{87}Rb , l'ion de $^{88}\text{Sr}^+$, l'ion de $^{199}\text{Hg}^+$, l'ion de $^{171}\text{Yb}^+$ et l'atome neutre de ^{87}Sr .

Tous les groupes de travail et groupes d'étude se sont réunis pendant la période couverte par ce rapport. En particulier, le Groupe de travail sur les étalons primaires de fréquence a organisé un atelier à Genève, en juin 2007, avec la participation des laboratoires qui possèdent ou mettent au point des étalons primaires de fréquence et avec des membres du personnel du BIPM.

Recommandations

Lors de ses deux sessions, le CCTF a adopté les neuf recommandations et la déclaration mentionnées ci-dessous :

1. la Recommandation CCTF 1 (2004), au sujet des représentations secondaires de la seconde ;
2. la Recommandation CCTF 2 (2004), au sujet de l'utilisation des étalons primaires de fréquence et de la publication de leurs résultats ;
3. la Recommandation CCTF 3 (2004), au sujet du pilotage du Temps atomique international (TAI) ;
4. la Recommandation CCTF 1 (2006), sur les valeurs recommandées des fréquences étalons destinées à la mise en pratique de la définition du mètre et aux représentations secondaires de la seconde ;
5. la Recommandation CCTF 2 (2006), au sujet des représentations secondaires de la seconde ;

6. la Recommandation CCTF 3 (2006), au sujet de l'utilisation des mesures de l'unité d'échelle du Temps atomique international (TAI) ;
7. la Recommandation CCTF 4 (2006), au sujet de l'utilisation des techniques de mesure de la phase de la porteuse du Global Navigation Satellite System (GNSS) pour les comparaisons de temps et de fréquence du Temps atomique international (TAI) ;
8. la Recommandation CCTF 5 (2006), sur l'amélioration des comparaisons de temps utilisant le Global Navigation Satellite System (GNSS) ;
9. la Recommandation CCTF 6 (2006), sur la coordination de la mise au point de techniques avancées de comparaison de temps et de fréquences ;
10. la déclaration CCTF 1 (2006), sur la réorganisation du groupe de travail du CCTF sur le TAI.

Les Recommandations CCTF 2 (2006) et CCTF 6 (2006) ont aussi été adoptées par le CIPM comme Recommandations 1 (CI-2006) et 2 (CI-2006). Elles concernent la liste des radiations recommandées pour servir de représentations secondaires de la seconde et les activités orientées vers l'amélioration des techniques de comparaison de temps et de fréquences des horloges optiques afin de les inclure dans la liste des fréquences optiques servant de représentations secondaires de la seconde.

Comparaisons d'horloges pour le TAI

Le BIPM organise le réseau international de liaisons horaires afin de comparer les réalisations locales de l'UTC dans les laboratoires participants et il utilise les résultats pour le calcul du TAI.

Les comparaisons d'horloges peuvent actuellement être réalisées au moyen de trois techniques indépendantes : les observations simultanées des satellites utilisant des récepteurs à une seule fréquence du GPS et des mesures du code C/A, les observations simultanées des satellites utilisant des récepteurs du GPS géodésiques (P3) à deux fréquences et à canaux multiples, et des comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellites de télécommunication géostationnaires. Des améliorations significatives sont apportées grâce à l'utilisation d'un nombre croissant de liaisons réalisées avec des récepteurs P3 (douze liaisons officielles en octobre 2007, et d'autres calculées à titre de liaisons supplémentaires), et avec l'augmentation de la fréquence des observations par comparaison de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite (jusqu'à douze par jour pour les liaisons en Europe et en Amérique du Nord). Les récepteurs classiques du GPS à un seul canal et à une seule fréquence, qui représentent aujourd'hui seulement 10 % des équipements de comparaison de temps, sont remplacés pour permettre des observations à canaux multiples et à une ou deux fréquences. Par conséquent, l'exactitude des comparaisons de temps a été améliorée et tout le système de liaisons horaires devient plus fiable.

Jusqu'au 31 août 2006, la méthode des observations simultanées a été utilisée pour les comparaisons de temps du TAI obtenues par observation des satellites du GPS. Depuis le 1^{er} septembre 2006, les liaisons du GPS sont calculées par la méthode globale « GPS all-in-view », avec un réseau de liaisons horaires qui utilise la PTB comme unique laboratoire pivot pour toutes les liaisons. L'utilisation de la solution « GPS all-in-view » permet de réduire l'incertitude statistique de 10 % à 20 % dans les comparaisons d'horloges sur de longues distances, puisque le nombre de satellites observés est considérablement augmenté. Ce

changement n'a pas affecté les comparaisons de temps et de fréquences effectuées par aller et retour sur satellite.

Les incertitudes les plus faibles dans les comparaisons de temps sont inférieures à la nanoseconde pour les comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite et pour les observations du GPS à deux fréquences.

Les essais se poursuivent sur les autres méthodes et techniques de comparaison de temps et de fréquences.

Le BIPM effectue une série d'étalonnages d'équipements de réception du temps du GPS et du GLONASS dans les laboratoires qui contribuent au TAI. Le BIPM participe aussi à l'organisation des campagnes d'étalonnage pour les comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite.

Stabilité du TAI

Environ 86 % des horloges utilisées pour le calcul des échelles de temps sont soit des horloges à césium du commerce du type HP/Agilent 5071A soit des masers à hydrogène actifs auto-asservis. Afin d'améliorer la stabilité de l'échelle atomique libre (EAL), une procédure de pondération est appliquée aux horloges dans laquelle le poids maximal relatif dépend chaque mois du nombre d'horloges qui y participent. Environ 14 % des horloges qui participent au calcul de l'EAL ont eu le poids maximal, en moyenne, en 2007. Cette procédure génère une échelle de temps qui repose sur les meilleures horloges.

Depuis 2003, on estime que la stabilité du TAI, exprimée au moyen de l'écart-type d'Allan relatif, était au niveau ou en-dessous de $0,4 \times 10^{-15}$ pour des durées moyennes d'un mois. Des dérives à long terme, lentement variables, limitent la stabilité à environ 2×10^{-15} pour des durées moyennes de six mois.

Comparaisons clés

En association avec l'INRiM et l'USNO, la section du temps a mis au point la méthode pour évaluer les incertitudes de $[UTC - UTC(k)]$. Depuis janvier 2005, ceci a permis la publication des résultats de la comparaison clé dans le domaine du temps, définie par le CCTF en 2001, « CCTF-K2001.UTC » ; les mises à jour sont publiées chaque mois après la diffusion de la *Circulaire T*. Lors de la 17^e session du CCTF, la comparaison clé a été renommée CCTF-K001.UTC. Le BIPM est responsable de la mise à jour des résultats après la publication de la *Circulaire T* chaque mois.

Lors de la 17^e session du CCTF, suite à une proposition du Groupe de travail du CCTF sur le CIPM MRA, une comparaison clé de mesures de fréquence, CCTF-K002.Freq, a été approuvée. Le groupe de travail coordonnera la mise en œuvre de cette comparaison clé avec la section du temps, des fréquences et de la gravimétrie.

État d'avancement des étalons primaires de fréquence

Les laboratoires ont présenté un rapport sur les étalons primaires de fréquence en service et en cours de mise au point. L'année passée, onze étalons primaires de fréquence, y compris sept fontaines à césium (IT CSF1, LNE-SYRTE FO1, LNE-SYRTE FO2, LNE-SYRTE FOM, NIST

F1, NMIJ F1 et PTB CSF1), ont contribué plus ou moins régulièrement à l'exactitude du TAI en envoyant leurs données au BIPM. Des étalons primaires de fréquence sont en cours de mise au point au NIM, au VNIIFTRI, au NRC, au METAS et au KRISS.

Les caractéristiques typiques des étalonnages de la fréquence du TAI fournis par les différents étalons primaires pendant les années comprises entre 2003 et 2007 sont données ci-dessous. Les valeurs de l'incertitude de type B sont celles déclarées dans les derniers rapports des laboratoires.

Étalon primaire	Type d'étalon/ Mode de sélection	Incertitude-type de type B	Mode opérateur	Comparaison avec	Nombre de comparaisons/ Durée typique d'une comparaison
IT-CSF1	Fontaine	$(0,5 \text{ à } 0,8) \times 10^{-15}$	Discontinu	Maser à hydrogène	3/20 d à 35 d
NICT-O1	Faisceau/optique	6×10^{-15}	Discontinu	UTC(NICT)	2/20 d à 30 d
NIST-F1	Fontaine	$0,3 \times 10^{-15}$	Discontinu	Maser à hydrogène	3/30 d à 40 d
NMIJ-F1	Fontaine	4×10^{-15}	Discontinu	Maser à hydrogène	3/10 d à 15 d
PTB-CS1	Faisceau/ magnétique	8×10^{-15}	Continu	TAI	12/30 d
PTB-CS2	Faisceau/ magnétique	12×10^{-15}	Continu	TAI	12/30 d
PTB-CSF1	Fontaine	$1,1 \times 10^{-15}$	Discontinu	Maser à hydrogène	2/10 d à 15 d
SYRTE-FO1	Fontaine	$0,4 \times 10^{-15}$	Discontinu	Maser à hydrogène	2/15 d
SYRTE-FO2	Fontaine	$0,4 \times 10^{-15}$	Discontinu	Maser à hydrogène	3/5 d à 15 d
SYRTE-FOM	Fontaine	$1,2 \times 10^{-15}$	Discontinu	Maser à hydrogène	1/15 d
SYRTE-JPO	Faisceau/optique	6×10^{-15}	Discontinu	Maser à hydrogène	11/20 d à 30 d

Exactitude du TAI

L'exactitude du TAI est déterminée par l'estimation de la différence relative, et de son incertitude, entre la durée de l'unité d'échelle du TAI et la seconde du SI, telle qu'elle est réalisée, sur le géoïde en rotation, par les étalons primaires de fréquence.

Depuis juillet 2004, une correction de pilotage d'amplitude maximale $0,7 \times 10^{-15}$ est appliquée tous les mois à la fréquence du TAI, si nécessaire. Depuis juillet 2006, le traitement global des données individuelles conduit à des différences relatives entre la durée de l'unité d'échelle du TAI et la seconde du SI sur le géoïde en rotation allant de $+0,7 \times 10^{-15}$ à $+3,7 \times 10^{-15}$, avec une incertitude-type d'environ 1×10^{-15} . Depuis septembre 2006, nous utilisons pour ce calcul les incertitudes-type de $[UTC - UTC(k)]$ afin d'estimer l'incertitude de la liaison des étalons primaires au TAI.

Le personnel du BIPM continue certaines activités dans le domaine des étalons de fréquences optiques, qui évolue rapidement, en s'intéressant, par exemple, au problème des comparaisons à un niveau d'incertitude d'environ 1×10^{-17} voire meilleur.

Le président ouvre la discussion et demande à M. Énard pourquoi il ne serait pas possible d'utiliser les fréquences dans l'ultraviolet pour les étalons de temps, et quelles sont les limites des horloges dans l'espace.

18.4 Comité consultatif d'électricité et magnétisme

M. Inglis, président du Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), présente son rapport.

Le CCEM s'est réuni deux fois depuis la 22^e réunion de la Conférence générale, en mars 2005 et en mars 2007, et sa charge de travail ainsi que celle de ses groupes de travail a été très lourde. Le programme de comparaisons clés lié au CIPM MRA continue à être une de ses activités majeures ; il est conduit principalement par son Groupe de travail pour les grandeurs aux basses fréquences (WGLF) ainsi que par son Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences (GT-RF). Une autre activité régulière est le rôle majeur que joue le CCEM dans le domaine de la métrologie électrique au niveau régional, par l'intermédiaire du Comité informel des présidents des comités techniques des organisations régionales de métrologie dans les domaines de l'électricité et du magnétisme. Récemment, ce comité a été transformé en Groupe de travail pour la coordination des organisations régionales de métrologie.

Depuis l'établissement du CIPM MRA, une grande partie du temps et des efforts du CCEM lui ont été consacrés ainsi qu'aux comparaisons clés qui l'étayaient. C'est une activité importante, mais le CCEM pense qu'elle a maintenant atteint un niveau de maturité suffisant pour qu'il consacre ses efforts à des questions plus stratégiques et scientifiques. À cette fin, lors de sa session de mars 2005, il a établi un nouveau groupe de travail sur la stratégie, dans le but d'identifier les nouveaux besoins et directions à prendre en métrologie électrique dans le domaine scientifique, et afin de répondre aux besoins des États Membres. Par ailleurs, le CCEM cherche aussi à promouvoir et bénéficier des opportunités de collaboration entre ses membres.

Le CCEM continue à suivre les progrès des mesures de résistance de Hall en courant alternatif par l'intermédiaire de son Groupe de travail sur les mesures de la résistance de Hall quantifiée en courant alternatif et les mesures apparentées. Ce travail a demandé d'améliorer les méthodes pour les mesures d'impédance en courant alternatif afin de résoudre les problèmes dus aux interactions entre un dispositif à résistance de Hall quantifiée dans un cryostat et un pont d'impédance à la température ambiante. Par conséquent, ses missions ont été étendues en 2005 pour inclure une étude des techniques de ponts en courant alternatif utilisés dans de telles conditions. Il n'est cependant pas envisagé que ce groupe de travail poursuive indéfiniment ses activités ; celles-ci devraient s'achever en 2009.

Il y a eu beaucoup de discussions ces quatre dernières années au sujet de l'éventuelle redéfinition des unités, en réponse à la Recommandation 1 (CI-2005) du CIPM, qui demande de mettre en œuvre des étapes préparatoires à de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole, à partir de valeurs fixées de constantes fondamentales. Celles-ci pourraient avoir un impact significatif sur les unités électriques et le CCEM a débattu activement de ces questions. En 2006, le CCEM a établi un groupe de travail sur les propositions de modifications à apporter au SI afin de pouvoir informer le CIPM à ce sujet.

La date d'adoption et la formulation des redéfinitions des unités dépendent de manière critique de la résolution des différences entre les valeurs des constantes fondamentales dérivées de deux expériences fondamentalement différentes, celle sur la balance du watt et l'expérience Avogadro. Le CCEM suit de près les progrès de la balance du watt et comment ses résultats se comparent à ceux de la mesure de la constante d'Avogadro dérivée de l'expérience sur la sphère en silicium, par l'intermédiaire de son Groupe de travail sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme.

Une des responsabilités primaires du CCEM est de conseiller le CIPM sur les activités de la section d'électricité du BIPM. Cette section doit faire face à un défi majeur suite au départ à la retraite de son responsable de longue date, Tom Witt, et de deux autres membres clés, et du fait de ses responsabilités dans les projets sur la balance du watt et sur le condensateur calculable, sans oublier les activités fondamentales d'étalonnage et de comparaisons internationales. Le CCEM examine régulièrement le programme de travail de la section d'électricité et donne son avis sur la direction à prendre et les ressources en équipements nécessaires à l'avenir.

Disponibilité de dispositifs critiques pour la métrologie électrique

Une activité importante du CCEM est le partage d'informations et l'identification des opportunités de collaboration entre ses membres. Un des domaines de collaboration concerne la disponibilité de dispositifs critiques fondamentaux pour la conservation des étalons primaires électriques et, en particulier, pour les étalons de tension et de résistance quantiques, ainsi que les dispositifs de transfert courant alternatif/courant continu à jonctions multiples :

- Des réseaux de jonctions de Josephson de 1 V et de 10 V non polarisés ou programmables sont disponibles dans le commerce, mais on a constaté des problèmes quant à leurs performances. Un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie fabriquent des circuits spécialisés ; certains sont mis à la disposition d'autres laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre de collaborations, parfois de manière payante.
- Des dispositifs à effet Hall quantique sont produits par un ou deux laboratoires nationaux de métrologie ; un nombre limité d'entre eux sont mis à la disposition d'autres laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre de projets scientifiques.
- Des convertisseurs « planar » thermiques de tension à jonctions multiples sont produits en petit nombre. Ils sont fabriqués de manière commerciale en Allemagne, uniquement sur commande. Une liste des laboratoires nationaux de métrologie intéressés est préparée en liaison avec l'EUROMET, en vue de présenter à cette compagnie une commande groupée.

La disponibilité de ces dispositifs continue à être un problème pour certains laboratoires nationaux de métrologie.

Redéfinition des unités – la position du CCEM

En réponse à la Recommandation 1 (CI-2005) du CIPM, qui demande de mettre en œuvre des étapes préparatoires à de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole, à partir de valeurs fixées de constantes fondamentales, le CCEM a établi un groupe de travail sur les propositions de modifications à apporter au SI afin de connaître l'avis de la communauté électrique à ce sujet et de proposer une recommandation au CCEM lors de sa session de 2007. Ce groupe s'est réuni trois fois, en mars 2006 au siège du BIPM, lors de la Conférence on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM) en juin 2006 et en janvier 2007 au siège du BIPM. De plus, un tour de table sur cette question a été organisé à la CPEM 2006.

Plusieurs options ont été explorées pour redéfinir le SI en fonction de constantes fondamentales et leur impact sur la métrologie électrique a été évalué. La plupart des alternatives impliquent de fixer les valeurs de e , h , N_A ou μ_0 , ou de combinaisons de ces constantes. L'histoire et l'état actuel du SI, en particulier en ce qui concerne l'évolution de la métrologie des masses et de l'électricité au cours des trente dernières années, ont été examinés. On a réfléchi aux effets

Josephson et Hall quantique du point de vue de l'exactitude et de la perfection de leurs fondements théoriques, de l'exactitude et de la reproductibilité de leurs réalisations pratiques, de leur coût, de leur facilité d'utilisation, et de leur utilisation dans le monde.

On a noté que l'effet Josephson et l'effet Hall quantique sont régulièrement utilisés avec des incertitudes relatives de l'ordre de 10^{-9} (similaire à l'incertitude relative des mesures de masse) et que :

- presque toutes les comparaisons internationales étaient en accord à ce niveau d'incertitude,
- tous les étalons donnaient les mêmes valeurs (ce qui n'est pas le cas des étalons de masse),
- il existe une vaste infrastructure internationale pour soutenir l'utilisation de ces effets, et
- leur utilisation comme étalons primaires devrait continuer pendant encore vingt ans au moins.

La métrologie des masses, les expériences sur la balance du watt, les expériences Avogadro, l'accumulation d'ions, la lévitation magnétique, les constantes fondamentales etc., ont aussi été passées en revue.

Le CCEM pense qu'il est fondamental de fixer à la fois les valeurs de h et e afin que la métrologie électrique bénéficie pleinement des expériences sur l'effet Josephson et sur la résistance de Hall quantifiée. Ces expériences ont démontré qu'elles fournissent une traçabilité mondiale cohérente grâce à la vaste infrastructure des installations. Le CCEM reconnaît que fixer les valeurs de h et e pourrait causer des difficultés, car ceci rendrait la définition du kilogramme obscure du point de vue conceptuel, mais il croit que les avantages qui en découlent les surpassent. Il est aussi noté que l'éventuelle différence entre les mesures de N_A et celles obtenues avec la balance du watt ont peu d'incidence technique sur la métrologie électrique.

Sur la base de ces considérations, le CCEM a présenté une recommandation au CIPM pour examen, en réponse à la Recommandation 1 (CI-2005) du CIPM.

Activités scientifiques dans le domaine de l'électricité et du magnétisme

Ce qui suit est un très bref résumé des principaux progrès réalisés en métrologie électrique, dans les laboratoires nationaux de métrologie.

- Dans le domaine des réseaux de Josephson, la plupart des efforts de recherche sont maintenant portés sur les réseaux programmables, plutôt que sur les réseaux non polarisés. Des réseaux divisés en segments binaires sont mis au point, principalement pour des applications en courant continu et pour quelques applications en courant alternatif, générant des tensions pouvant atteindre 5 V, voire plus. Des circuits commandés par des impulsions pour synthétiser des signaux alternatifs sont mis au point, mais les tensions obtenues pour le moment se situent dans le domaine compris entre 1 mV et 100 mV. Certains laboratoires nationaux de métrologie en Europe et aux États-Unis d'Amérique collaborent en vue de mettre au point un étalon de puissance utilisant deux étalons de Josephson divisés en segments binaires et synthétisant un signal alternatif.
- Des réseaux d'étalons de résistance à effet Hall quantique sont en cours de mise au point dans trois laboratoires nationaux de métrologie et une comparaison de résistance, dont les valeurs sont des nombres entiers de fois la valeur de la résistance de l'étalon à effet Hall quantique, a été effectuée avec succès. Des études sur l'effet Hall quantique en courant

alternatif se poursuivent et donnent des informations au Groupe de travail du CCEM sur les mesures de la résistance de Hall quantifiée en courant alternatif.

- Des condensateurs calculables sont en service dans sept laboratoires nationaux de métrologie, mais trois laboratoires nationaux de métrologie seulement effectuent des activités de recherche dans ce domaine. Le NMIA collabore avec le BIPM à la mise au point d'un nouveau condensateur calculable.
- La fermeture du « triangle métrologique quantique » a été démontrée par un laboratoire national de métrologie avec une incertitude relative d'environ 1×10^{-6} , et un autre laboratoire national de métrologie espère atteindre ce niveau d'exactitude en 2008. Le problème d'augmenter le niveau de courant délivré par les pompes à effet tunnel monoélectronique est toujours à l'étude. Les résultats obtenus récemment avec un nouveau mécanisme de pompage d'électrons dans des circuits à arséniure de gallium, qui permettent de résoudre le problème lié à la limite de fréquence supérieure des précédentes pompes, semblent prometteurs pour une éventuelle réalisation d'un étalon de courant pour la métrologie.
- Plusieurs laboratoires ont accru leur activité de détermination des caractéristiques de la forme d'ondes non-sinusoïdales ou distordues et développent leur aptitude à étayer la traçabilité des mesures de courant, de tension et de puissance non-sinusoïdaux à des fréquences supérieures à celle du secteur. Ceci répond aux exigences croissantes des clients et des réglementations adoptées par les autorités sur la qualité de la puissance électrique distribuée sur le réseau. On utilise principalement des méthodes d'échantillonnage numériques de précision.
- Dans le domaine de la métrologie des radiofréquences, plusieurs laboratoires ont étendu le domaine de leurs aptitudes d'étalonnage. La traçabilité du temps de montée des signaux rapides pour l'étalonnage des oscilloscopes et la validation aux fréquences de l'ordre du THz, ainsi que les mesures sur puce et sans contact figurent parmi les thèmes importants de recherche et développement.
- Il y a actuellement cinq balances du watt en service ou en cours de mise au point et deux autres sont à l'étude. Quatre des programmes sur la balance du watt devraient donner un résultat à temps pour l'ajustement de la CODATA en 2010. Le meilleur résultat rapporté à ce jour est celui du NIST, avec une incertitude de 36 nW/W.

Stratégie

Beaucoup de domaines de la métrologie en électricité et magnétisme ont atteint leur maturité scientifique et, dans le cadre de son programme stratégique, le CCEM cherche à examiner les progrès scientifiques et à identifier les besoins stratégiques en métrologie électrique pour les dix prochaines années. Pour l'aider dans cette procédure, un groupe de travail *ad hoc*, le Groupe de travail sur la stratégie, a été établi en 2005 et un examen détaillé du point de vue des États Membres a été entrepris. Le Groupe de travail sur la stratégie a aussi joué un rôle clé dans l'examen du programme de travail de la section d'électricité du BIPM.

Les principaux domaines d'activité identifiés comme importants à l'avenir pour la métrologie électrique comprennent :

- les étalonnages à distance fondés sur des étalons de transfert fiables et des techniques de communication modernes ;

- les services d'étalonnage : réduction de la demande d'étalonnages d'étalons classiques mais demande accrue pour l'étalonnage d'instruments complexes ; de nouvelles techniques sont nécessaires pour mesurer les formes d'ondes non conventionnelles ;
- la médecine : mesure de petits signaux électriques et magnétiques présents dans le corps humain, mesures électrochimiques de fluides corporels ; amélioration de la traçabilité des mesures électriques en médecine ;
- la nanotechnologie : nanomagnétisme, spintronique, nouvelle métrologie électrique nécessaire aux nanostructures d'interface (par exemple les molécules) ;
- les hautes fréquences : extension du spectre dans la région du térahertz (applications importantes pour la sécurité intérieure) ;
- domaines interdisciplinaires : transfert de connaissances entre le domaine de l'électricité et les autres domaines ; la liaison entre les diverses technologies devient plus importante ;
- les questions économiques : la métrologie électrique fait l'objet d'exigences supplémentaires du fait de l'accroissement du commerce international d'énergie électrique et de la mondialisation de la fabrication d'instruments électriques et électroniques ;
- le transfert de connaissances et de technologie à l'industrie, y compris sous forme de cours ;
- les besoins accrus en optoélectronique ;
- la monoélectronique et la photonique ;
- la production et la mesure de tension quantique ;
- le calcul quantique au moyen de qubits dans des supraconducteurs ;
- la nano-bioélectronique ;
- l'électronique moléculaire ;
- la métrologie micro-onde à l'échelle nanométrique et la spintronique ;
- les mesures du champ électromagnétique à haute fréquence traçables au SI ;
- la traçabilité des mesures aux fréquences de l'ordre du THz et des communications rapides, et la métrologie associée.

La prochaine étape de la procédure de planification stratégique consistera à établir des priorités et à identifier les domaines potentiels de collaboration et d'implication des laboratoires nationaux de métrologie.

Programme de travail de la section d'électricité du BIPM

Le CCEM examine régulièrement le programme de travail de la section d'électricité et suit les progrès de ses activités fondamentales et de recherche. Le programme actuel demande à la section d'être l'un des principaux contributeurs aux projets sur la balance du watt et sur le condensateur calculable du BIPM, de mettre au point des étalons de référence pour un certain nombre de comparaisons clés, de continuer le programme en cours de comparaisons clés et bilatérales, et de fournir un service d'étalonnage limité. Ceci constitue vraiment un défi pour une équipe constituée de seulement cinq personnes à plein temps. Le CCEM soutient le programme de travail mais pense qu'il faudrait renforcer l'équipe, en particulier pour l'activité sur la balance du watt. Il reconnaît que le BIPM souffre de contraintes sévères en matière de personnel en

général et il suggère des mesures pour réduire la charge de travail liée à certaines activités de base afin de consacrer davantage d'efforts aux activités de recherche et développement.

Nouvelles des activités clés

- Balance du watt du BIPM

Des progrès considérables ont été réalisés dans l'expérience sur la balance du watt cryogénique du BIPM. Des prototypes de plusieurs parties du système, qui sera mis en œuvre à la température ambiante, ont été fabriqués et testés. Aucun système cryogénique n'a été construit pour le moment ; le prototype à la température ambiante devrait l'être en 2008-2009. Le personnel des sections des masses et de l'électricité collabore à cette activité, qui a été jugée de la plus haute priorité par le CIPM en octobre 2006.

- Condensateur calculable

Le BIPM effectue le lien entre la résistance de Hall quantifiée et la capacité à 10 pF depuis 1997 ; ce lien a été étendu récemment au condensateur calculable. Il est essentiel aux déterminations de la constante de von Klitzing à partir du condensateur calculable. Deux nouveaux condensateurs calculables sont en cours de mise au point par le BIPM et le NMIA. L'incertitude visée est de 1×10^{-8} en valeur relative et ils devraient être terminés début 2008.

- Services d'étalonnage

Le BIPM est tenu de fournir aux États Membres un certain nombre de services d'étalonnages. Dans le domaine électrique, ils comprennent l'étalonnage de la tension en courant continu, et de la résistance et de la capacité en courant continu, en particulier pour les laboratoires nationaux de métrologie des États Membres qui ne possèdent pas d'étalons quantiques. Lors de l'examen des services d'étalonnage, le CCEM a tenu à s'assurer que ces services soient rendus tout en ayant un impact minimum sur les ressources du BIPM.

- Comparaisons clés et bilatérales

La section effectue des comparaisons clé en continu des unités électriques de tension en courant continu (étalons de Josephson et diodes de Zener), de résistance en courant continu (étalons à résistance de Hall quantifiée et étalons de résistance bobinés de 1 Ω et 10 k Ω) et de capacité (10 pF et 100 pF). Il est prévu que le système voyageur utilisé pour les comparaisons d'étalons de Josephson soit remplacé en 2008 par un appareil automatisé plus facile à transporter. Le BIPM continue aussi à faire des comparaisons sur site au moyen d'étalons transportables de Josephson et d'étalons à résistance de Hall quantifiée.

Conclusion

Depuis la 22^e réunion de la Conférence générale, il y a eu des changements majeurs de personnel à la section d'électricité du BIPM. Trois scientifiques éminents en poste depuis de nombreuses années ont pris leur retraite, y compris le chef de section, Tom Witt. Tom a été le représentant international de la métrologie électrique pendant plus de trente ans et il a été le secrétaire exécutif du CCEM pendant de nombreuses années. Au nom du CCEM, je le remercie pour sa contribution exceptionnelle, et pour le soutien sans faille qu'il a apporté au comité pendant toutes ces années.

Je saisis aussi cette occasion pour reconnaître la contribution qu'a apportée un collègue et membre de longue date du CCEM, Jan de Vreede du NMI (Pays-Bas), qui est décédé au début de cette année.

Enfin, je rends hommage à la contribution, au dévouement et à l'implication des collègues du CCEM et au soutien du personnel très actif de la section d'électricité du BIPM.

Le président ouvre la discussion et demande à M. Inglis s'il pense que le nombre de personnes affectées à la section d'électricité est suffisant ; il souligne qu'il est très important d'allouer des ressources à la section d'électricité pour qu'elle puisse continuer l'important travail sur la construction de la balance du watt et du condensateur calculable. M. Inglis souligne les changements qui ont eu lieu dans la section au cours des deux dernières années et rend hommage au travail acharné et au dévouement du personnel actuel de la section. Le président répète que le travail de la section d'électricité est au cœur de la métrologie moderne et que le personnel qui lui est affecté ne doit pas tomber en dessous d'un seuil critique.

M. Thor (Suède) demande ce qu'il en est de l'éventuelle redéfinition de l'unité de base du SI liée au travail de la section d'électricité ; quelle est la place de l'unité de charge dans les différents projets de redéfinition proposés au cours des deux dernières années. Si l'ampère était défini en fixant la valeur de la charge de l'électron, cela ne causerait-il pas de confusion ? M. Inglis répond en disant que le Comité consultatif des unités doit être très prudent en examinant comment redéfinir l'ampère. M. Bordé et M. Mills commentent les différents moyens de définir une grandeur électrique – au moyen d'une unité de base ou d'une unité dérivée.

M. Sacconi (Italie) s'enquiert de la prolifération des groupes de travail dans les Comités consultatifs : est-elle vraiment nécessaire et n'est-ce pas un fardeau pour les laboratoires nationaux de métrologie ? Est-ce que le travail de ces groupes de travail ne pourrait pas être traité à un point de l'ordre du jour de la réunion du Comité consultatif ? M. Inglis répond que le CCEM examine toujours la durée et la validité des groupes de travail, et fait attention à leurs priorités.

18.5 Comité consultatif de thermométrie

M. Uğur, président du Comité consultatif de thermométrie (CCT), présente son rapport ainsi que le projet de résolution J.

Le CCT s'est réuni une fois depuis la précédente réunion de la Conférence générale. La 23^e session du CCT s'est tenue au siège du BIPM, les 9 et 10 juin 2005. Les détails de cette réunion sont donnés dans le rapport publié sur le site Web du BIPM.

Le CCT compte actuellement dix-neuf laboratoires membres et quatre observateurs. Ses groupes de travail effectuent un travail considérable entre les sessions officielles du Comité. Ils se sont presque tous réunis lors des réunions TempMeko en 2004 et en 2007. Un travail considérable est aussi effectué entre les réunions, et les conclusions et les décisions sont approuvées par le CCT par courrier électronique. Les principaux points en cours, les problèmes et décisions qui ne peuvent pas être résolus par courrier électronique sont inscrits à l'ordre du jour des sessions du CCT. La prochaine session du CCT est prévue en mai 2008.

M. Uğur remercie le CCT pour le travail accompli ces quatre dernières années.

Groupes de travail du CCT

Le CCT compte actuellement neuf groupes de travail.

Groupe de travail 1 : points fixes de définition et instruments d'interpolation

Les missions du Groupe de travail 1 du CCT sont les suivantes :

- améliorer les techniques de réalisation des points fixes de définition et les instruments d'interpolation ;
- étudier la non-unicité et les propriétés thermophysiques des points fixes ;
- mettre à jour le document « *Supplementary Information for the ITS-90* » (Compléments d'information à l'Échelle internationale de température) ;
- maintenir la mise en pratique de la définition du kelvin ; et
- évaluer les besoins et formuler des projets d'une nouvelle échelle internationale de température.

En vertu de ces missions, le Groupe de travail 1 a poursuivi la mise à jour du document « *Supplementary Information for the ITS-90* », en incorporant des informations sur les incertitudes en collaboration avec les groupes de travail 3, 4 et 5, en coordonnant les activités d'un sous-groupe de travail (qui comprend un représentant des groupes de travail 3, 4 et 5) afin de préparer une évaluation et un éventuel échéancier pour la prochaine Échelle internationale de température, et en préparant et maintenant la mise en pratique de la définition du kelvin. Ce travail a abouti à la préparation du document « Mise en pratique de la définition du kelvin », adopté par le CCT en 2006 par correspondance.

Le sous-groupe de travail sur le point triple de l'eau fonctionne sous les auspices du Groupe de travail 1.

Groupe de travail 2 : points fixes secondaires et techniques permettant une réalisation approchée de l'EIT-90

Les missions du Groupe de travail 2 du CCT sont les suivantes :

- réviser le document « *Techniques for Approximating the ITS-90* » (Techniques simplifiées permettant d'approcher l'Échelle internationale de température) ;
- réviser et mettre à jour la liste de points de référence secondaires.

Le Groupe de travail 2 est chargé de poursuivre la mise à jour du document « *Techniques for Approximating the ITS-90* » et de donner des avis sur le choix et la réalisation des points fixes secondaires.

Groupe de travail 3 : incertitudes

Les missions du Groupe de travail 3 du CCT sont les suivantes :

- établir et recommander des méthodes pour évaluer les incertitudes dans la réalisation de l'Échelle internationale de température en utilisant la thermométrie par contact ;
- assurer la cohérence de la notation utilisée dans les différentes méthodes d'évaluation des incertitudes pour les autres domaines d'intérêt du CCT (y compris la thermométrie optique et l'humidité).

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.

Groupe de travail 4 : détermination des températures thermodynamiques et extension de l'EIT-90 à de plus basses températures

Les missions du Groupe de travail 4 du CCT consistent à examiner et à faire des recommandations au sujet de la détermination des températures thermodynamiques et de la définition du kelvin. Le Groupe de travail 4 est chargé de poursuivre la production et la distribution du document « *Supplementary Information for the PLTS-2000* » (Compléments d'information à l'Échelle provisoire pour les basses températures de 2000, EPBT 2000) et de suivre l'état d'avancement d'une redéfinition éventuelle du kelvin à partir d'une valeur fixée pour la constante de Boltzmann.

Le Groupe de travail 4 a produit un nouveau document intitulé « *Supplementary Information for the PLTS-2000* », qui a été approuvé par le CCT en juillet 2007.

Le président du CCT a demandé au groupe de travail 4 d'établir un sous-groupe chargé de la redéfinition du kelvin (TG-SI). Les activités de ce sous-groupe sont présentées dans la section « Définition du kelvin ».

Groupe de travail 5 : thermométrie par rayonnement

Les missions du Groupe de travail 5 du CCT sont les suivantes :

- examiner, mettre au point et conseiller le CCT sur les questions liées aux méthodes optiques pour la thermométrie, y compris les déclarations de bilans d'incertitude ;

- maintenir de bonnes relations avec la communauté de la radiométrie ; et
- assurer une liaison officielle entre le CCT et le CCPR.

Le Groupe de travail 5 est actuellement chargé de produire un document sur les incertitudes pour la thermométrie par rayonnement au-dessous du point de l'argent, et de la coordination des résultats de mesures thermodynamiques à des températures plus élevées, tout en poursuivant l'examen et la coordination des activités liées aux points fixes à haute température, et enfin de participer de manière appropriée à la mise en pratique de la réalisation du kelvin.

Le laboratoire de liaison avec le CCPR est le NPL.

Groupe de travail 6 : mesures d'humidité

Les missions du Groupe de travail 6 du CCT sont les suivantes :

- conseiller le CCT sur les questions liées à l'humidité ;
- produire un document de travail destiné au Groupe de travail 3 sur les composantes principales de l'incertitude pour les mesures d'humidité ; et
- harmoniser la terminologie et les définitions liées aux mesures d'humidité.

Le Groupe de travail 6 est actuellement chargé de poursuivre l'élaboration d'un document sur les incertitudes pour les mesures d'humidité, de la mise en œuvre de la comparaison clé CCT-K6, et de fournir des informations de stratégie pour la planification des comparaisons clés et supplémentaires à entreprendre à l'avenir.

Le Groupe de travail 6 aidera aussi à l'organisation de la prochaine conférence ISHM (International Symposium on Humidity and Moisture) qui se tiendra en même temps que TempMeko en 2010.

Groupe de travail 7 : comparaisons clés

Les missions du Groupe de travail 7 du CCT sont les suivantes :

- examiner tous les documents pertinents à chaque comparaison clé, en commençant par le protocole et en finissant par le projet B de rapport ;
- conseiller le laboratoire pilote dans la préparation des informations à publier dans l'annexe B de l'Arrangement du CIPM si nécessaire, et préparer une recommandation à ce sujet à soumettre à l'approbation du CCT ;
- préparer des documents de directives à l'intention des laboratoires pilotes pour identifier les écarts importants dans les résultats ; et
- conseiller le laboratoire pilote dans la préparation du document sur l'état d'avancement de la comparaison et préparer une recommandation à ce sujet pour le CCT.

Le Groupe de travail 7 poursuit la supervision des comparaisons clés en cours et la production de documents de directives pour traiter les écarts observés dans les résultats. Ce groupe de travail comprend les laboratoires pilotes des comparaisons clés du CCT en cours et terminées, afin de capter et de préserver l'expérience et les leçons acquises au cours des précédentes comparaisons.

Groupe de travail 8 : aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages

Les missions du Groupe de travail 8 du CCT sont celles recommandées par le JCRB dans le document JCRB-10/6(3), c'est-à-dire :

- d'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'étalonnage (CMC) ;
- de se mettre d'accord sur des critères détaillés pour l'examen technique ;
- de coordonner et, si possible, conduire des examens interrégionaux des CMCs soumises par les organisations régionales de métrologie pour publication dans l'annexe C de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle ;
- de donner des directives sur les domaines de CMC étayés par des comparaisons clés particulières ;
- d'examiner si les comparaisons actuelles suffisent à étayer les déclarations de CMC et recommander de nouvelles comparaisons si nécessaire ; et
- de coordonner l'examen des CMCs existantes dans le contexte de nouveaux résultats de comparaisons clés et supplémentaires.

Le Groupe de travail 8 est chargé de poursuivre l'élaboration des protocoles pour l'examen des CMCs et de revoir les CMCs soumises à approbation accélérée (« fast track ») en vue de leur publication dans l'annexe C, ainsi que d'identifier les nouvelles comparaisons nécessaires pour étayer les déclarations de CMC.

Pour faciliter la communication entre les organisations régionales de métrologie, des protocoles d'examen et des listes de catégories de services pour les CMCs sont disponibles en accès libre sur les pages Web du Groupe de travail 8.

Groupe de travail 9 : propriétés thermophysiques

Les missions du Groupe de travail 9 du CCT consistent à conseiller le CCT sur les questions liées aux propriétés thermophysiques et à examiner s'il est nécessaire d'effectuer une comparaison clé dans ce domaine.

Le Groupe de travail 9 est actuellement chargé de poursuivre la production d'un document sur les incertitudes, et d'identifier et entreprendre des études pilotes utiles pour établir l'état des mesures et la maturité du domaine.

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 dans le domaine compris 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-K7 : cellules à point triple de l'eau (2002-2004).

Comparaisons en cours

- 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). Projet B de rapport en cours.
- CCT-K6 : comparaison d'étalons d'humidité : température des points de rosée et de congélation (débutée en 2003).

Divers

Plusieurs groupes de travail du CCT ont organisé les réunions internationales suivantes :

- Atelier sur les incertitudes des points fixes de température (2004) ;
- Atelier sur les problèmes communs à la radiométrie et à la thermométrie (2004) ;
- Atelier sur les incertitudes des mesures d'humidité (2004) ;
- Atelier sur les méthodes pour de nouvelles déterminations de la constante de Boltzmann (2005) ;
- Atelier sur l'état d'avancement de la détermination de la constante de Boltzmann (2006).

Résultats obtenus (2004-2007)

Ces quatre années ont été très productives pour le CCT. Les laboratoires membres du CCT ont mené des recherches dans le domaine de la température et des domaines connexes de la métrologie. Les groupes de travail du CCT ont non seulement organisé cinq ateliers (voir ci-dessus), mais ils ont aussi présenté trois recommandations au CIPM ainsi que onze documents de directives ou rapports techniques de grande qualité.

Recommandations

Lors de sa session en 2005, le CCT a adopté trois recommandations qu'il a présentées au CIPM :

- Recommandation T 1 (2005), sur la clarification de la définition du kelvin, unité de température thermodynamique (Document CCT/05-Rec-T1 et Recommendation 2 (CI-2005) du CIPM) ;
- Recommandation T 2 (2005), sur les nouvelles déterminations de la température thermodynamique et de la constante de Boltzmann (Document CCT/05-Rec-T2) ;
- Recommandation T 3 (2005), sur la création d'une mise en pratique de la définition du kelvin (Document CCT/05-Rec-T3 et 8^e édition de la Brochure sur le SI).

Documents de directives et rapports techniques (nouveaux ou révisés)

- Additif au document Supplementary Information for the ITS-90.
- Supplementary Information for the PLTS-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.
- 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 cataloguant les incertitudes associées à une 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 kelvin.

Redéfinition du kelvin

Un nouveau sous-groupe chargé de la redéfinition du kelvin (TG-SI) a été créé au sein du Groupe de travail 4 en réponse à la Recommandation du CIPM en 2005 ; il s'est réuni pour la première fois en octobre 2006. Ses missions 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 mentionnées précédemment, 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.

Le premier résultat du groupe est le rapport au CIPM sur les implications du changement de la définition de l'unité de base kelvin qui a été présenté au CCU en juin 2007. En raison de l'importance du sujet, nous présentons ci-dessous le résumé du rapport :

« Le Comité international des poids et mesures (CIPM), dans sa Recommandation 1 (CI-2005) a approuvé les étapes préalables à de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole à partir de valeurs fixées de constantes fondamentales. Un sous-groupe (TG-SI) a été établi au sein du Comité consultatif de thermométrie (CCT) afin d'examiner les implications des changements des définitions des unités de base du SI mentionnées ci-dessus, et en particulier

du kelvin, et leur impact sur les changements pour la métrologie en thermométrie. Le TG-SI a aussi présenté les conclusions de ses délibérations au CCT et au Comité consultatif des unités (CCU), et a travaillé avec eux à la préparation de ce rapport au CIPM.

L'unité de température T , le kelvin, peut être définie en fonction de l'unité SI d'énergie, le joule, en fixant la valeur de la constante de Boltzmann k , qui est la constante de proportionnalité entre la température et l'énergie thermique kT . Actuellement plusieurs expériences sont en cours pour déterminer k . Le TG-SI suit de près les résultats de toutes les expériences utiles pour la nouvelle définition du kelvin ; il a identifié les conditions à réunir avant de pouvoir procéder au changement de la définition à la 24^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures en octobre 2011. Ainsi, le TG-SI recommande une redéfinition du kelvin fondée sur une valeur fixée de la constante de Boltzmann. En ce qui concerne la phraséologie, il recommande une définition qui mentionne explicitement la valeur de la constante et un texte d'accompagnement expliquant l'impact de la nouvelle définition du kelvin sur la thermométrie primaire et pratique.

Le changement rendrait la définition plus générale, en la rendant indépendante de toute substance matérielle, toute technique ou moyen de réalisation, et toute température ou domaine de température. En particulier, la nouvelle définition améliorerait les mesures des températures éloignées du point triple de l'eau. Le remplacement de la définition actuelle du kelvin par une définition qui le relie à une valeur exacte de la constante de Boltzmann k bénéficierait aussi bien à la métrologie qu'à la science. Les avantages que cela représente contrebalancent largement l'augmentation de l'incertitude de la température thermodynamique qui pourrait en résulter. Une nouvelle définition du kelvin en fonction de la constante de Boltzmann n'exige pas de remplacer l'EIT-90 par une meilleure échelle de température, mais elle n'empêche pas non plus un tel remplacement. »

M. Uğur demande aux représentants des laboratoires nationaux de métrologie participant aux différents groupes de travail du CCT qui ne sont pas actifs de devenir plus actifs. De plus, il souligne l'importance du travail du CCT pour les activités des autres Comités consultatifs, et il rend hommage au travail du secrétaire exécutif du CCT, M. Richard Davis.

18.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie

M. Hengstberger, président du Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), présente son rapport et le projet de résolution K.

Le CCPR continue à se réunir tous les deux ans et la plupart de ses groupes de travail se réunissent tous les ans. Le déroulement des réunions a été réorganisé afin de laisser la majeure partie du temps aux groupes de travail. La session du CCPR proprement dite est maintenant consacrée à une présentation des rapports et des recommandations des groupes de travail, qui sont examinés afin d'être approuvés officiellement par les membres du CCPR. Si nécessaire, des décisions sont aussi prises par courrier électronique entre les sessions du CCPR.

Un code de procédure pour les groupes de travail et les sous-groupes a été approuvé et les missions de tous les groupes de travail ont été examinées et officialisées.

Depuis la 22^e réunion de la Conférence générale, le CCPR s'est réuni deux fois au siège du BIPM, la première fois les 25 et 26 octobre 2005 et la seconde les 21 et 22 juin 2007. Les deux fois, la session a été précédée des réunions de tous les groupes de travail. Les activités du CCPR qui ont retenu le plus d'attention étaient les suivantes :

- le traitement et l'évaluation des résultats des comparaisons clés ;
- l'achèvement de la première édition des directives du CCPR pour les comparaisons clés ;
- la consolidation et l'extension des catégories de services pour la base de données sur les CMCs ;
- l'évaluation des déclarations de CMC par le Groupe de travail sur les CMCs ;
- la création d'un groupe de travail sur la stratégie ;
- la dissolution du Groupe de travail sur la radiométrie pour l'ultraviolet ; et
- l'examen de l'état d'avancement des activités dans les laboratoires membres.

Une nouvelle annexe sur les unités pour la mesure des grandeurs photobiologiques (annexe 3) a été préparée pour la nouvelle édition de la Brochure sur le SI ; elle a été approuvée par le CCU et par le CIPM. Un arrangement officiel a ensuite été signé entre le CIPM et la Commission internationale de l'éclairage (CIE) en avril 2007, sur recommandation du CCPR, en raison des relations étroites entre la définition de la candela dans le SI et la normalisation du spectre d'action de l'œil humain par la CIE. Ces deux piliers forment conjointement la base de la photométrie physique pratique dans le monde. La partie de l'annexe 2 de la Brochure sur le SI traitant de la réalisation pratique de la définition de la candela a aussi été actualisée. D'autres mises à jour seront peut-être nécessaires à l'avenir pour tenir compte du nouveau spectre d'action de l'œil humain, imminent, de la CIE, en particulier pour la vision mésopique. À ce moment-là, il sera approprié de réviser la monographie publiée en 1983 par le BIPM sur les « *Principes régissant la photométrie* », qui est principalement une mise en pratique pour la photométrie. Selon le protocole d'accord avec la CIE, ce document pourrait être préparé conjointement avec la CIE, qui a une publication similaire en attente de révision. Considérant l'importance globale des mesures traçables au SI pour la surveillance du changement climatique, une recommandation à ce sujet a été formulée, qui figure en annexe 1.

Le CCPR a confirmé que la candela, en tant qu'unité de base photobiologique cohérente, représente un exemple important du SI, non seulement pour la physique, mais aussi pour la chimie, la biologie et d'autres domaines des sciences et des techniques, domaines auxquels il

n'est pas toujours possible d'appliquer totalement le SI. Un groupe de travail du CCPR examine aussi les moyens éventuels de reformuler la définition de la candela pour la lier à la constante de Planck, h , afin de répondre aux besoins supplémentaires de secteurs émergents, comme les techniques fondées sur des phénomènes quantiques.

La composition du CCPR a été étendue au SPRING (Singapour) et à l'UME (Turquie). Le CCPR a aussi recommandé au CIPM d'accepter la candidature du CENAM (Mexique) comme membre du CCPR. Une autre recommandation au CIPM concerne l'attribution du statut d'observateur du CCPR à l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et à la CIE, en raison des protocoles d'accord signés récemment entre le CIPM et ces organisations.

Groupe de travail sur les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages

Les missions du Groupe de travail sur les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages ont été examinées et finalisées comme suit :

- coordonner et approuver la définition des catégories de services nécessaires aux organisations régionales de métrologie et maintenir des listes de catégories de services, 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 sur les comparaisons clés des domaines dans lesquels des comparaisons clés et supplémentaires pourraient être nécessaires ; et
- coordonner l'examen des CMCs existantes, au vu des nouveaux résultats des comparaisons clés et supplémentaires.

Les membres du groupe de travail 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 sur les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages est assurée à tour de rôle chaque année par l'un des présidents des Comités techniques des organisations régionales de métrologie.

Depuis 2005, les nouvelles propositions de CMCs en photométrie et radiométrie sont examinées seulement une fois par an. Elles doivent être soumises aux organisations régionales de métrologie en octobre et 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 débutera le 1^{er} mars de chaque année.

Le groupe de travail prépare un tableau reliant les CMCs aux comparaisons clés nécessaires pour apporter la documentation requise.

Actuellement, 37 pays appartenant à toutes les organisations régionales de métrologie ont publié des services en photométrie et radiométrie dans la base de données du CIPM MRA (la KCDB). Ces services recouvrent une soixantaine de grandeurs différentes avec environ 80 combinaisons différentes de paramètres dans les domaines de :

- la photométrie (mesure de la lumière perçue par l'œil humain) ;
- les propriétés des sources et des récepteurs ;
- les propriétés des matériaux ;
- les fibres optiques ;

dans de nombreux domaines et régions de longueurs d'onde différents allant de l'ultraviolet dans le vide à l'infrarouge lointain. Le nombre total de CMCs publiées dans les domaines de la photométrie et de la radiométrie dans la base de données du CIPM MRA en octobre 2007 était de 1010. Il semble que ceci représente la majeure partie des services offerts par les signataires du CIPM MRA dans ces domaines. Les nouvelles déclarations de CMC et les modifications 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.

Le groupe de travail s'est réuni pendant la période couverte par le présent rapport à Gaithersburg, États-Unis d'Amérique (en mai 2004), à Querétaro, au Mexique (en octobre 2006) et à Paris, France (en octobre 2005 et en juin 2007).

Groupe de travail sur les comparaisons clés

Le Groupe de travail sur les comparaisons clés était présidé à l'origine par M. Al Parr, du NIST (États-Unis d'Amérique). Il a ensuite été remplacé dans cette fonction, à sa demande, par M. Yoshi Ono, lui aussi du NIST. Les missions du groupe de travail ont été réexaminées et approuvées dans les termes 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, dans l'esprit de l'Arrangement global entre les laboratoires nationaux de métrologie ;
- coordonner et établir un programme de comparaisons clés, examiner l'état d'avancement des comparaisons et recommander au CCPR l'inclusion des résultats des comparaisons clés dans l'annexe B de la base de données du CIPM MRA (KCDB) ;
- fournir des directives et/ou des interprétations complémentaires aux directives sur les comparaisons clés figurant dans le CIPM MRA, en particulier dans le domaine de la photométrie et de la radiométrie ;
- recommander des principes généraux pour le calcul des valeurs de référence des comparaisons clés en photométrie et radiométrie ;
- donner des conseils au Groupe de travail sur les CMCs sur les domaines de CMC étayés par des comparaisons clés particulières ; et
- suivre et approuver les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et donner des conseils sur les comparaisons supplémentaires des organisations régionales de métrologie.

Pour le moment, le groupe de travail a défini six comparaisons clés en photométrie et radiométrie ; la première série de comparaisons est terminée ou en cours. Ces comparaisons sont souvent divisées en différentes sous-comparaisons, correspondant à différents domaines de longueurs d'onde et utilisant différents instruments et 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'un même paramètre sont effectuées dans plusieurs régions de longueurs d'onde, différents sous-groupes et différents laboratoires pilotes gèrent chaque sous-comparaison. 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 d'un certain nombre de laboratoires participants. Chaque sous-groupe présente l'état d'avancement de la comparaison et les problèmes rencontrés aux réunions du Groupe de travail sur les comparaisons clés. Les sous-groupes sont dissous après la production du rapport final de la comparaison.

Le Groupe de travail sur les comparaisons clés approuve des recommandations générales spécifiques au CCPR destinées à ses sous-groupes, concernant le calcul des valeurs de référence des comparaisons clés. Un sous-groupe supplémentaire, chargé d'établir les directives du CCPR pour la préparation des rapports des comparaisons, présidé par M. Ohno (NIST), a réalisé d'importants progrès pendant la période couverte par ce rapport. Une première version des directives, couvrant les principales questions, a été approuvée par le CCPR ; elle est déjà utilisée pour la série de comparaisons en cours. D'autres sujets (par exemple, le traitement des résultats aberrants) demandent d'autres délibérations et de nouveaux chapitres seront ajoutés aux directives actuelles, une fois terminés et approuvés.

Le Groupe de travail sur les comparaisons clés a aussi établi les critères de sélection suivants pour le choix des participants aux comparaisons clés du CIPM en photométrie et radiométrie :

- être membre du CCPR,
- réaliser l'échelle de manière indépendante, et
- que leurs CMCs pour la grandeur comparée couvrent le domaine entier de longueurs d'onde, au moment de l'appel à participation.

Pour les nouvelles comparaisons clés, la troisième condition n'est pas requise. Dans des circonstances exceptionnelles, le Groupe de travail sur les comparaisons clés peut être contacté afin d'accorder une dérogation à remplir une ou plusieurs de ces conditions pour une comparaison particulière. Si le nombre total de participants est égal ou inférieur à 12, tous les volontaires sont acceptés. Si le nombre excède 12, il est proposé que les organisations régionales de métrologie limitent comme suit le nombre de leurs participants :

	Nombre maximal de participants
Groupe 1 : EURAMET + COOMET	6
Groupe 2 : APMP + SADC MET	4
Groupe 3 : SIM	2

La méthode pour choisir les participants sera établie par les organisations régionales de métrologie. Un document décrivant ces règles sera préparé et distribué afin d'obtenir l'approbation du CCPR.

Le Groupe de travail sur les comparaisons clés a ensuite décidé que seules les comparaisons bilatérales corrigeant des erreurs de mesure dans les comparaisons clés du CCPR déjà effectuées seront désignées comme « comparaisons bilatérales du CCPR ». Toutes les autres comparaisons bilatérales (destinées à aligner les valeurs des laboratoires nationaux de métrologie avec les valeurs de référence des comparaisons clés passées) seront désignées comme « comparaisons bilatérales des organisations régionales de métrologie ».

Un accord a aussi été atteint quant aux critères requis pour être admis comme membre du groupe de travail.

En ce qui concerne les comparaisons clés individuelles, la première série est presque terminée, et il a été décidé de débiter la deuxième série de comparaisons clés du CCPR en 2009, la première comparaison de la deuxième série sera la comparaison clé CCPR-K6. L'ordre des autres comparaisons de la deuxième série devra être choisi par le Groupe de travail sur les comparaisons clés et il faudra sélectionner les laboratoires pilotes.

Le groupe de travail s'est réuni pendant la période couverte par ce rapport à Gaithersburg, États-Unis d'Amérique (en mai 2004), à Querétaro, au Mexique (en octobre 2006) et à Paris, France (en octobre 2005 et en juin 2007).

Première comparaison clé d'éclairement énergétique spectral (CCPR-K1) – en cours

Cette comparaison a été menée séparément dans deux domaines de longueur d'onde qui se chevauchent. Le premier domaine (CCPR-K1.a) couvre la région comprise entre 250 nm et 2500 nm. Le laboratoire pilote de cette comparaison est le NPL (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord). Elle comprend douze participants et elle s'est déroulée en trois étapes avec quatre laboratoires à chaque étape. Le rapport final de la comparaison a été publié, ainsi que le résultat d'une comparaison bilatérale (CCPR-K1.a.1), reliant le SPRING (Singapour) à la comparaison clé CCPR-K1.a, par l'intermédiaire d'un participant commun, le NMIA.

La deuxième sous-comparaison (CCPR-K1.b) se déroule dans la région de l'ultraviolet (entre 200 nm et 400 nm). Elle comprend cinq laboratoires. Les mesures sont terminées et le laboratoire pilote (PTB, Allemagne) a déjà diffusé l'avant-projet de rapport A aux participants. Le rapport final devrait être terminé en avril 2008.

Première comparaison clé de sensibilité spectrale (CCPR-K2) – en cours

Cette comparaison a été menée séparément dans trois domaines de longueur d'onde qui se chevauchent : entre 900 nm et 1600 nm (CCPR-K2.a), entre 300 nm et 1000 nm (CCPR-K2.b), et entre 200 nm et 400 nm (CCPR-K2.c). Les trois sous-comparaisons avaient pour laboratoire pilote le NIST, le BIPM et la PTB, respectivement.

Le NIST prépare le projet A-3 de rapport de la comparaison CCPR-K2.a ; le rapport final devrait être terminé en 2008.

La comparaison CCPR-K2.b est terminée et les résultats ont été approuvés pour l'équivalence et publiés dans *Metrologia*, 2004, **41**, *Tech. Suppl.*, 02004.

La comparaison CCPR-K2.c, qui comprend quatorze participants, a débuté ; les mesures devraient être terminées en octobre 2007. Le projet A de rapport devrait être distribué en avril 2008.

Première comparaison clé d'intensité lumineuse et de sensibilité lumineuse (CCPR-K3) – terminée

Les deux sous-comparaisons d'intensité lumineuse, CCPR-K3.a fondée sur des lampes étalons et CCPR-K3.b fondée sur des photomètres, sont terminées. La comparaison clé CCPR-K3.a, dont le laboratoire pilote est la PTB, s'est terminée en 1999 et ses résultats ont été publiés dans

l'annexe B de la base de données du CIPM MRA. La comparaison clé CCPR-K3.b, dont le laboratoire pilote est le BIPM, est aussi terminée ; elle a été approuvée pour l'équivalence et publiée dans *Metrologia*, 2004, **41**, *Tech. Suppl.*, 02001. Deux comparaisons bilatérales subséquentes entre le NMIA et le SPRING (CCPR-K3.b.1) et entre l'HUT et le KRISS (CCPR-K3.b.2) ont aussi été terminées pendant la période couverte par le rapport.

Première comparaison clé de flux lumineux (CCPR-K4) – terminée

Cette comparaison n'a fait l'objet d'aucune nouvelle activité depuis sa publication.

Première comparaison clé de facteur de réflexion spectrale diffuse (CCPR-K5) – en cours

Toutes les mesures des douze laboratoires participants sont terminées et le projet A de rapport préliminaire a été approuvé par tous les participants. Les résultats de certaines comparaisons bilatérales liées à la comparaison clé CCPR-K5 seront traités seulement après la fin de la comparaison principale.

Première comparaison clé de facteur de transmission spectrale régulière (CCPR-K6) – en cours

Les quinze participants ont terminé leurs mesures et le projet A-2 de rapport circule déjà. Le rapport final devrait être prêt en 2008.

Comparaisons supplémentaires

Le Groupe de travail sur les comparaisons clés s'occupe non seulement de la coordination des comparaisons clés, mais il suit aussi l'état d'avancement de la première série de trois comparaisons supplémentaires. Conformément à une décision du CCPR, il n'y aura plus de comparaisons supplémentaires du CCPR une fois la première série terminée. Dans le futur, les comparaisons supplémentaires seront uniquement organisées au niveau des organisations régionales de métrologie.

La première comparaison supplémentaire (CCPR-S1) est une comparaison de luminance énergétique spectrale, dont le laboratoire pilote est le VNIIOFI (Fédération de Russie). Les mesures sont terminées et le projet A de rapport a été envoyé aux participants.

La comparaison supplémentaire CCPR-S2 est une comparaison de mesure d'ouvertures de radiomètres absolus, dont le laboratoire pilote est le NIST. Elle est terminée et a été publiée dans *Metrologia*, 2007, **44**, *Tech. Suppl.*, 02002.

La comparaison supplémentaire CCPR-S3 est une comparaison de radiomètres absolus cryogéniques qui a été organisée par le BIPM entre 1996 et 1999 ; elle a été publiée dans *Metrologia*, 2003, **40**, *Tech. Suppl.*, 02001. Par la suite, plusieurs comparaisons bilatérales ont été organisées pour faire le lien avec la comparaison CCPR-S3. Les mesures sont terminées et le projet préliminaire de rapport A est en préparation.

Études pilotes

Une comparaison de sensibilité spectrale dans le domaine de longueur d'onde compris entre 10 nm et 20 nm est en cours avec trois participants (NIST, NMIJ et PTB), la PTB étant le

laboratoire pilote. Le protocole a été approuvé et les artefacts pour la comparaison ont été caractérisés et mesurés à la PTB. La procédure de mesure a débuté en juillet 2006 et elle se poursuit. Le projet A de rapport devrait être prêt à la fin de 2007.

Groupe de travail sur la radiométrie pour l'ultraviolet

Jusqu'à sa dissolution en juin 2007, le groupe de travail avait les missions suivantes :

- étudier les problèmes de mesure dans le domaine de l'ultraviolet et encourager la coordination des activités des laboratoires nationaux de métrologie dans ce domaine ;
- prendre des initiatives afin d'améliorer l'équivalence mondiale dans le domaine de la radiométrie pour l'ultraviolet, en tenant compte non seulement des techniques traditionnelles mais aussi des techniques telles que le rayonnement synchrotron, la radiométrie cryogénique et les techniques novatrices pour améliorer la stabilité des étalons de transfert.

Ce groupe de travail était le seul consacré à un domaine technique spécifique à la photométrie et à la radiométrie. Il avait été créé pour forger un lien plus étroit entre les différents domaines de la radiométrie pour l'ultraviolet, en particulier entre la radiométrie pour l'ultraviolet classique et le rayonnement synchrotron. Ayant largement atteint cet objectif au cours des dix dernières années, il a été décidé lors de la session de 2007 de le dissoudre et de poursuivre ces activités dans le contexte d'autres groupes de travail techniques appropriés, qui seront créés après que le nouveau Groupe de travail sur la stratégie aura examiné la structure globale de tous les groupes de travail du CCPR.

Le Groupe de travail sur la radiométrie pour l'ultraviolet était présidé jusqu'en juin 2007 par M. E. Ikonen, HUT (Finlande).

Le groupe de travail s'est réuni pendant la période couverte par ce rapport à Gaithersburg (en mai 2004) et à Paris (en octobre 2005 et en juin 2007).

Groupe de travail sur la stratégie

Le nouveau Groupe de travail sur la stratégie a été créé par décision du CCPR lors de sa session de 2005, conformément à la recommandation du CIPM adressée à tous ses Comités consultatifs. Ses missions provisoires (approuvées par le Groupe de travail sur la stratégie lors de sa réunion de juin 2007) sont les suivantes :

- établir et maintenir un document de planification stratégique pour le CCPR, conformément au document de directive du CIPM destiné aux Comités consultatifs ;
- conseiller le CCPR sur la structure la plus appropriée à son mode opératoire ;
- préparer et maintenir les critères de sélection des membres du CCPR et de ses groupes de travail ; et
- suivre l'état d'avancement du futur Système international d'unités.

Une des premières tâches accomplies par le groupe de travail a été de préparer un projet sur la photométrie et la radiométrie pour le deuxième rapport préparé par M. Kaarls au nom du CIPM. Le groupe de travail a aussi préparé une actualisation de la réalisation pratique de la définition de la candela pour l'annexe 2 de la Brochure sur le SI, qui a été publiée sur le site Web du BIPM. Il a ensuite formulé une réponse au CIPM et au CCU sur l'impact de l'éventuelle redéfinition de

certaines unités de base du SI sur la définition de la candela, déclarant en substance qu'il serait négligeable.

En vue de la mise à jour du document publié en 1983, intitulé « *Principes régissant la photométrie* », le secrétaire exécutif du CCPR en a préparé une version électronique.

Une des tâches les plus importantes que le sous-groupe doit accomplir avant la fin de 2007 est de recommander une optimisation de la structure du CCPR et de ses groupes de travail techniques.

Le groupe de travail étudie aussi une éventuelle nouvelle formulation de la définition de la candela et son impact potentiel sur l'industrie. En liant la définition de la candela à la constante de Planck, h , les besoins supplémentaires des secteurs émergents comme les technologies fondées sur des phénomènes quantiques seraient mieux satisfaits.

Le groupe de travail s'est réuni pendant la période couverte par ce rapport à Querétaro (en octobre 2006) et à Paris (en juin 2007).

Liaison avec le CCT dans le domaine de la thermométrie par rayonnement

M. Nigel P. Fox (NPL) représente le CCPR comme observateur du Groupe de travail 5 du Comité consultatif de thermométrie (CCT) sur la thermométrie par rayonnement. Le CCPR est particulièrement intéressé par les progrès réalisés par ce groupe de travail pour établir des points fixes à haute température pour la thermométrie primaire au moyen d'eutectiques métal-carbone. L'eutectique molybdène carbure-carbone, qui présente un point fixe proche de 2856 K, intéresse tout particulièrement la photométrie. Le CCPR continuera à suivre ces progrès avec intérêt et à collaborer avec le groupe de travail du CCT lorsque c'est nécessaire.

ANNEXE 1

RECOMMANDATION P 1 (2005)

Sur l'importance de mesures traçables au SI dans la surveillance des changements climatiques

Le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR),

rappelant la Résolution 4 de la 21^e Conférence générale des poids et mesures (1999), à propos de la nécessité d'utiliser les unités du SI dans les recherches sur les ressources terrestres, l'environnement, le bien-être humain et les études connexes ;

considérant

- l'importance croissante des mesures du rayonnement optique depuis le sol, l'air et l'espace, pour soutenir l'effort de recherche visant à mieux comprendre les causes et les conséquences des changements climatiques ;
- la collaboration déjà établie entre l'Organisation météorologique mondiale (OMM), le Bureau international des poids et mesures (BIPM) et le CCPR, à propos des besoins de l'OMM en matière de métrologie ;
- combien il est difficile de démontrer et de conserver la traçabilité au Système international d'unités (SI) dans l'espace, et que le niveau d'exactitude requis est souvent plus élevé que celui qui satisfait la demande industrielle courante ;
- le besoin spécifique que les expériences menées dans l'espace soient traçables aux unités du SI et combien il est difficile d'étalonner les instruments pendant la durée de la mission ;

encourage fortement les organisations appropriées à prendre les mesures nécessaires pour s'assurer que toutes les mesures susceptibles d'être utilisées pour les observations liées au climat sont pleinement traçables aux unités du SI ; et

recommande aussi aux organisations de financement appropriées de soutenir la mise en œuvre de techniques visant à mettre au point un ensemble d'instruments et d'étalons radiométriques traçables au SI, capables de réaliser une telle traçabilité dans l'espace.

Le président ouvre la discussion et demande à M. Hengstberger d'être prudent lors de l'examen des différentes redéfinitions possibles de l'ampère, car l'intensité lumineuse est liée au champ électrique par le biais de ϵ_0 , qui dépend de μ_0 . M. Mills demande à M. Hengstberger ce qu'il en est d'une éventuelle redéfinition de la candela. M. Hengstberger répond qu'un groupe de travail se consacre à ce problème, mais il est peu probable qu'il présente un rapport à la réunion de 2011 de la Conférence générale.

18.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants

M. Moscati, président du Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI), présente son rapport.

Depuis la 22^e réunion de la Conférence générale en 2003, le CCRI et chacune de ses trois Sections, la Section I (Rayons x et gamma, particules chargées), la Section II (Mesure des radionucléides) et la Section III (Mesures neutroniques) se sont réunies deux fois, du 18 au 27 mai 2005 et du 14 au 31 mai 2007. Pendant ces réunions, trois séminaires ont eu lieu : un séminaire organisé par la Section II en 2005 sur la production de radionucléides au moyen de lasers de grande puissance pour la tomographie d'émission à positrons ; un séminaire organisé par la Section I en 2007 sur un concept novateur d'accélérateur de protons compact pour la radiothérapie, et un séminaire organisé par la Section III en 2007 sur les défis à venir dans le domaine de la métrologie des neutrons. Ces trois séminaires ont été bien accueillis et ont stimulé la réflexion sur les besoins futurs en métrologie des rayonnements ionisants. En plus de ces séminaires, le BIPM a organisé en 2004 un atelier de la Section II sur les résultats des comparaisons, en 2005 un atelier de la Section I sur les incertitudes de mesure, qui incluait une présentation invitée sur la méthode de Monte Carlo utilisée pour évaluer les incertitudes et, en 2007, en commun avec le LNE-LNHB, un atelier de la Section I sur les étalons primaires pour la dosimétrie. Ces deux ateliers sur la dosimétrie ont été organisés juste avant les réunions de la Section I ; en 2007, le LNE-LNHB en était l'organisateur. Le succès de ces deux ateliers a été reconnu par les participants et d'autres ateliers ont été proposés pour l'avenir. Le CCRI comprend dix groupes de travail qui se réunissent quand le besoin s'en fait sentir. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés et le Groupe de travail sur les CMCs se réunissent au moins une fois par an. C'est une lourde charge de travail pour le BIPM et pour le président du CCRI que d'organiser en contigu les réunions des trois Sections et, même si cela satisfait les besoins actuels des membres du CCRI, il sera peut-être nécessaire de modifier légèrement cette méthode de travail à l'avenir.

La composition des Sections du CCRI est examinée chaque année et les propositions de changement sont soumises à l'approbation du CIPM. Tous les laboratoires nationaux de métrologie qui maintiennent des équipements primaires sont représentés, ainsi que certains de ceux qui maintiennent des équipements secondaires, généralement en tant qu'observateurs. Le CCRI et le BIPM sont en particulier honorés d'aider l'AIEA et l'OMS à disséminer leurs étalons aux États non signataires de la Convention du Mètre, dans l'intérêt de la santé humaine dans le monde. L'AIEA a actuellement le statut d'observateur pour chacune des trois Sections du CCRI. Il est apprécié que l'AIEA continue à collaborer aux évaluations de données nucléaires publiées dans la *Monographie BIPM 5* depuis 2004. L'AIEA joue aussi le rôle de laboratoire pilote pour certaines comparaisons internationales.

Le rôle clé du CCRI est de rassembler des représentants des laboratoires de métrologie des rayonnements ionisants du monde entier et les organismes internationaux concernés, comme l'AIEA ou l'International Commission on Radiation Units (ICRU) ; et de leur fournir un forum de discussion permettant de parvenir à un consensus sur des sujets concernant les mesures. En particulier, plusieurs résultats importants ont été obtenus au cours des quatre années passées ; ils sont présentés ci-dessous dans le paragraphe consacré à la Section concernée.

Le travail initié par le CCRI, au BIPM et dans les laboratoires nationaux de métrologie, assure un lien fiable et permanent entre les étalons métrologiques pour les rayonnements ionisants et le SI. Comme d'habitude, le BIPM a présenté son programme de travail à venir au CCRI en 2005 et a pris en compte ses commentaires concernant les priorités. Le CCRI soutient vigoureusement

le programme qui prend en compte sa recommandation de disposer au BIPM d'un équipement, destiné à la communauté internationale, pour les faisceaux de photons et d'électrons de haute énergie. Celui-ci répondrait à la demande des laboratoires nationaux de métrologie de démontrer leur équivalence en dosimétrie des faisceaux d'accélérateurs. Ces faisceaux constituent maintenant la technologie dominante dans les cliniques de radiothérapie et présentent de nombreux avantages pour le traitement des patients par comparaison à l'utilisation du ^{60}Co . Un accélérateur clinique au BIPM, utilisant le nouvel étalon en préparation, donnerait au réseau de laboratoires nationaux de métrologie plus de confiance dans leurs aptitudes de mesure et réduirait les incertitudes de comparaison entre laboratoires, comme ce fut le cas avec l'utilisation de l'étalon de référence international du BIPM pour le cobalt.

La grande variété des applications des rayonnements ionisants dans les domaines de la médecine, des sciences et des techniques, requiert que des mesures soient effectuées pour un vaste domaine d'énergies et de doses, et pour un grand nombre de types de rayonnements. À une extrémité de l'échelle, de hauts niveaux d'activité (du TBq au PBq) et de dose (du Gy au MGy) sont nécessaires pour les mesures dans les domaines de la médecine et de l'industrie. À l'autre extrémité, de faibles niveaux d'activité (du Bq au kBq) et de dose (du μGy au mGy) sont nécessaires dans le domaine de la législation sur la santé et les mesures relatives à l'environnement. De nombreuses demandes dans le domaine médical se situent entre ces deux extrêmes. À tous les niveaux, les gouvernements s'intéressent de plus en plus aux mesures des rayonnements ionisants pour les utilisateurs et les agences de réglementation. De plus, il est nécessaire au niveau international que ces mesures soient parfaitement liées au SI. La pression exercée par les parties intéressées pour réduire les incertitudes de mesure incite fortement les laboratoires nationaux de métrologie à anticiper les besoins dans ce domaine.

Les paragraphes qui suivent présentent les travaux des Sections du CCRI, qui sont étroitement liés à l'activité associée du BIPM. Ceux-ci sont décrits dans l'ordre des Sections. Pour de plus amples informations, reportez-vous aux rapports du CCRI publiés sur le site Web du BIPM.

Rayons x et γ , particules chargées

Une des préoccupations majeures de la Section I du CCRI depuis 2003 concerne les propositions de modifications aux étalons nationaux de kerma dans l'air, ainsi que les recommandations concernant leur mise en œuvre. En 2007, le Comité a approuvé une proposition du BIPM de réviser l'étalon international pour le kerma dans l'air dans le ^{60}Co et l'accord sur les changements à effectuer a permis de conclure avec succès une série de comparaisons en cours au BIPM et de publier leurs résultats dans la KCDB. L'atelier d'une journée organisé en 2005 sur les incertitudes de mesure a permis de faire un certain nombre de recommandations à la Section I du CCRI, en particulier sur la nécessité d'entreprendre de nouvelles études sur les constantes physiques utilisées en dosimétrie qui continuent à représenter une source majeure d'incertitude. Ce travail a été pris en charge par l'ICRU avec l'aide du BIPM. La charge de travail représentée par les comparaisons clés a demandé d'étendre temporairement leur période de validité afin d'étayer le grand nombre d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages en dosimétrie publiées dans la KCDB. Il en a résulté une recommandation au CIPM pour lui demander son autorisation d'étendre temporairement la période de validité lorsque les étalons comparés sont suffisamment stables. Le programme de travail du BIPM proposé pour les années 2009 à 2012, qui soutient les programmes des laboratoires nationaux de métrologie, a été globalement approuvé, avec un soutien fort à la proposition d'équiper le BIPM à moyen terme d'un étalon international pour la curiethérapie. Un groupe de travail a été établi pour mettre en œuvre cette

proposition et un atelier sur les étalons de dosimétrie pour la curiethérapie est prévu en 2009. En 2005, la Section I du CCRI avait aussi soutenu le programme de travail à long terme du BIPM, et en particulier elle avait proposé qu'il y ait des étalons de haute énergie (tension allant jusqu'à 20 MV) au BIPM. L'extension des installations pour les rayons x et les électrons de haute énergie dans de nombreux laboratoires nationaux de métrologie a été soulignée par l'annonce pendant la réunion du CCRI en 2007 d'un nouveau budget attribué à l'ARPANSA pour l'acquisition d'un accélérateur clinique, renforçant ainsi la recommandation de doter le BIPM d'un équipement international, qui a reçu le soutien de principe du CIPM.

En 2007, la réunion de la Section I du CCRI a été précédée d'un atelier de trois jours sur les étalons de kerma dans l'air et de dose absorbée, organisé conjointement par le LNE-LNHB et le BIPM. L'atelier s'est à nouveau terminé par une série de recommandations, qui ont été approuvées par la Section I du CCRI, identifiant des questions futures à résoudre par les laboratoires nationaux de métrologie et par le BIPM. Lors de chaque réunion, les laboratoires membres ont présenté leurs travaux, en soulignant ceux qui concernent leurs étalons nationaux, et plusieurs rapports sur la mise au point d'étalons et de techniques de mesure pour les faisceaux de rayons x de faible énergie produits par des synchrotrons indiquent que la relation entre le kerma dans l'air et l'exposition devrait être examinée pour ces faisceaux de faible énergie. L'exposé sur l'accélérateur prototype à paroi diélectrique pour la radiothérapie par protons et autres particules chargées a souligné la nécessité de disposer d'étalons pour la dosimétrie des protons afin de répondre à l'augmentation prévue de la demande. La Section I du CCRI a recommandé au CIPM de changer le nom de la Section de « Rayons x et γ , électrons » en « Rayons x et γ , particules chargées », afin de souligner le besoin accru dans le domaine de la dosimétrie des particules chargées intervenu ces dernières années. La Section I du CCRI envisage de publier un numéro spécial de *Metrologia* sur les étalons pour la dosimétrie des rayonnements ionisants ; l'échéancier de cette publication a été approuvé en mai 2007.

Mesure des radionucléides

Depuis 2003, les principaux points examinés par la Section II du CCRI concernent les comparaisons clés et les CMCs du CIPM MRA. En mai 2007, plus de 2200 CMCs ont été publiées afin de disséminer les mesures d'activité, et la question du nombre de comparaisons clés nécessaires pour les étayer a trouvé une réponse innovante. Résultat, un système a été élaboré pour établir des catégories de radionucléides qui permettront aux laboratoires nationaux de métrologie de démontrer leurs aptitudes de mesure tout en évitant la lourde charge de travail actuelle. Dans cette approche, les radionucléides sont groupés selon la méthode de mesure utilisée ; l'aptitude à effectuer des mesures d'un radionucléide du groupe est supposée signifier que le laboratoire national de métrologie est également compétent pour effectuer des mesures similaires des autres radionucléides du même groupe. L'établissement de ces catégories (groupement générique par méthode de mesure) a aussi servi de fondement pour approuver le programme à long terme de comparaisons clés à la fréquence réduite d'un seul radionucléide par an, ce qui tranche par rapport à la lourde charge de travail du programme précédent. Le tableau de groupement générique est publié en accès libre sur les pages Web du site du CCRI ; il donne les valeurs des incertitudes réalisables pour chaque radionucléide et la méthode de mesure appropriée. Un accord a été conclu pour étendre les déclarations de CMC aux mesures de radionucléides de matériaux de référence, étayées par les résultats de comparaisons supplémentaires du CCRI.

Les comparaisons du CIPM de mesures d'activité comprennent les mesures absolues de la Section II du CCRI ainsi que les mesures relatives en continu au BIPM de nombreux radionucléides différents. Dans les comparaisons de la Section II du CCRI, des aliquotes d'une solution radioactive sont distribués à une date donnée aux participants. À ce propos, on a remarqué que le transport de quantités même minimales de matériaux radioactifs est devenu de plus en plus compliqué, de moins en moins de transporteurs acceptant les paquets, en partie en raison de la charge administrative et réglementaire qui en résulte. Les mesures relatives du BIPM pour les comparaisons utilisent le Système international de référence (SIR). Des échantillons de n'importe quel radionucléide ayant les propriétés requises et émetteur de rayonnement γ y sont soumis à tout moment par les laboratoires nationaux de métrologie, afin d'être comparés aux sources de référence du SIR. Un succès tout particulier a été l'inclusion du $^{99}\text{Tc}^m$, un radionucléide à courte durée de vie très utilisé en médecine nucléaire. Au cours des deux dernières années, le BIPM a intégré le SIR à son Système Qualité, ce qui assure la traçabilité des mesures. De nouvelles procédures ont été approuvées pour soumettre les échantillons au SIR et pour les inclure dans les valeurs de référence des comparaisons clés. Actuellement, les degrés d'équivalence résultant de 69 comparaisons clés du CIPM et de 11 comparaisons clés liées des organisations régionales de métrologie sont publiés dans la KCDB. Seize autres comparaisons clés du CIPM et quatre comparaisons clés des organisations régionales de métrologie sont en cours.

Les propositions de programme de travail du BIPM à moyen et long terme dans le domaine de la métrologie des radionucléides ont reçu un soutien fort : cela comprend la mise au point d'un système de transfert pour les radionucléides à durée de vie courte pour les laboratoires nationaux de métrologie éloignés du BIPM, une méthode utilisant le comptage par scintillation liquide pour étendre le SIR aux radionucléides émetteurs de particules alpha et bêta et la mise en œuvre de nouvelles méthodes primaires de comptage au BIPM.

Le projet de la Section II du CCRI de produire une chambre d'ionisation étalon stable et reproductible, réalisable dans n'importe quel laboratoire national de métrologie, et qui faciliterait les comparaisons d'émetteurs de rayonnement gamma, a progressé. Un groupe de travail lui a donné un nouvel élan afin de résoudre les retards initiaux.

Nous avons publié cette année avec succès un numéro spécial de *Metrologia* sur la métrologie des radionucléides [2007, 44(4)] qui comprend 19 articles invités couvrant les principaux aspects des mesures d'activité. C'est une grande réussite pour les deux rédacteurs invités de la Section II du CCRI et pour les membres de leur groupe de travail, que l'on doit tous féliciter.

Mesures neutroniques

Les principaux points examinés lors des deux réunions de la Section III du CCRI concernaient l'organisation et l'analyse des résultats de trois comparaisons clés. Une comparaison majeure de mesures de débit de fluence de neutrons rapides a été publiée récemment et les deux autres comparaisons, dont l'une porte sur les débits d'émission de sources neutroniques, sont aussi presque terminées. Une comparaison clé de mesures de débit de fluence de neutrons thermiques est en cours ; elle se déroule bien.

Deux comparaisons supplémentaires conduites par l'EURAMET, mais auxquelles participent aussi des laboratoires provenant d'autres organisations régionales de métrologie, ont été discutées. Elles comprennent des étalonnages d'appareils de contrôle de radioprotection et des mesures de débit de fluence de neutrons dans le domaine compris entre 15,5 MeV et 19 MeV.

M. Moscati est heureux de dire qu'en conséquence de l'intérêt accru porté à la métrologie des neutrons et de l'expansion de la participation à la Section III du CCRI, une journée supplémentaire a été consacrée à la réunion en 2007. Les participants ont eu la possibilité de présenter le travail effectué dans leur laboratoire, ce qui a permis d'échanger questions et idées. Ce transfert de connaissances est considéré comme une part importante du travail de la Section. Les rapports des laboratoires sont publiés sur les pages Web consacrées au CCRI ; des listes d'articles publiés et les diapositives des exposés fournissent aussi une source d'information aux métrologistes du domaine. En 2007, une présentation du VNIIM intitulée « Evolution of neutron source strength measurement comparisons » a illustré la difficulté de maintenir des étalons neutroniques de faible incertitude, et un séminaire invité présenté par l'ancien président de la Section III du CCRI intitulé « Future challenges in neutron metrology » a démontré clairement la nécessité d'augmenter les efforts dans ce domaine.

Un projet de publication d'un numéro spécial de *Metrologia* en 2009 a aussi été discuté.

À la fin de 2005, M. H. Klein (PTB) a quitté la présidence de la Section III et M. D. Thomas (NPL) a été invité à le remplacer.

Conclusion

M. Moscati commente que l'année 2007 consacre sa dernière participation officielle en tant que président du CCRI, un rôle qui lui a été confié en 1995 après son élection au CIPM. L'an prochain verra le cinquantième anniversaire du Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants (CCEMRI), comme on l'appelait à l'origine. Cet événement sera célébré en 2009, et à cette date trois numéros spéciaux de *Metrologia* auront été publiés, reflétant les avancées dans ce domaine et les contributions du CCRI au cours des cinquante années passées. Pour conclure, il remercie la section des rayonnements ionisants du BIPM, les secrétaires exécutifs du CCRI, passés et présent, ainsi que les présidents des trois Sections du CCRI. Il remercie aussi les États Membres qui contribuent si pleinement aux activités du CCRI, et souhaite à son successeur d'éprouver autant de plaisir qu'il en a eu dans son rôle de président.

M. Leitner (Autriche) demande à M. Moscati quel sera le domaine d'énergie couvert par l'accélérateur linéaire que le BIPM envisage d'acquérir. M. Moscati répond qu'il peut atteindre 20 MeV à 25 MeV.

18.8 Comité consultatif pour la quantité de matière

M. Kaarls, président du Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie (CCQM), présente son rapport.

Métrologie en chimie et en biotechnologie

Depuis la 22^e réunion de la Conférence générale, le CCQM s'est réuni en avril chaque année au siège du BIPM. Les sept groupes de travail du CCQM se sont aussi réunis au siège du BIPM pendant ces sessions. Le Groupe de travail du CCQM sur les comparaisons clés et sur la qualification des CMCs et le groupe consultatif du CCQM sur le programme de travail du BIPM en chimie se sont réunis occasionnellement au siège du BIPM, au cours des week-ends qui précédaient les sessions plénières.

Le nombre des membres et des observateurs s'est sans cesse accru au cours des quatre dernières années, en réponse au développement de la métrologie en chimie dans les États Membres et chez les Associés à la Conférence générale et à l'intérêt croissant des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux. Cette situation reflète bien sûr la croissance rapide du besoin de disposer de mesures fiables, comparables et traçables dans tous les domaines de la chimie, pour le commerce, l'industrie et la société.

En avril 2007 le CCQM comptait 24 organisations membres et huit observateurs. Parmi les organisations membres du CCQM, étaient mentionnés l'AIEA, l'Institut des mesures et matériaux de référence (IRMM) du Centre commun de recherche de l'Union européenne, l'IFCC et l'Union internationale de chimie pure et appliquée (UICPA).

Le vaste intérêt pour la métrologie en chimie est aussi clairement démontré par la participation aux activités des groupes de travail du CCQM de nombreux laboratoires nationaux de métrologie et de laboratoires désignés qui développent leurs propres aptitudes dans le domaine de la métrologie en chimie. Ces laboratoires et les laboratoires désignés potentiels qui en sont encore à l'étape préliminaire dans le domaine de la chimie peuvent participer aux études pilotes afin d'acquérir de l'expérience et d'évaluer leurs aptitudes.

La portée étendue des activités du CCQM est aussi démontrée par la participation d'un nombre toujours croissant d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux tels que l'AIEA, l'OMM, l'OMS, la Commission du Codex Alimentarius de l'OMS et l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, l'IFCC, l'Agence mondiale antidopage, l'UICPA, l'ISO REMCO (Comité pour les matériaux de référence de l'Organisation internationale de normalisation), l'ILAC, la communauté de la médecine légale, la Pharmacopeia, la communauté des laboratoires d'essais sur les organismes génétiquement modifiés, et un certain nombre d'associations internationales de l'industrie.

La métrologie en chimie fonctionne différemment de la métrologie en physique, domaine dans lequel les organisations régionales de métrologie organisent activement des comparaisons clés liées aux comparaisons clés internationales : en métrologie en chimie la plupart des comparaisons sont organisées directement au niveau international. La raison pour opérer de cette manière est, qu'en général, il n'y a qu'une seule opportunité de disposer d'un échantillon convenable pour une comparaison. En général, le nombre des participants aux études et comparaisons clés n'est pas limité par le nombre d'échantillons disponibles.

Par conséquent, les activités des organisations régionales de métrologie dans le domaine de la métrologie en chimie sont assez limitées et, dans la plupart des cas, elles sont centrées sur la formation, le transfert de connaissances et l'évaluation des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires désignés potentiels, afin de préparer leur participation aux travaux du CCQM et de ses groupes de travail. Le domaine de l'analyse des gaz fait exception et de plus en plus de comparaisons clés des organisations régionales de métrologie sont organisées dans ce domaine.

Au cours des quatre dernières années, les membres du CCQM ont participé et contribué à de nombreux symposiums et ateliers. En particulier, l'élimination des obstacles techniques au commerce, la protection de la vie et l'amélioration de la qualité de la vie dans de nombreux pays suscitent un intérêt, qui croît rapidement, pour l'amélioration de la fiabilité, de la comparabilité et de l'exactitude des mesures en chimie.

Globalement, les domaines de priorité suivants ont été indiqués :

- 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, de bioénergie et d'hydrogène.

Bien sûr, il peut y avoir d'autres priorités répondant aux besoins spécifiques d'un pays, mais en général on peut conclure que les activités mises en œuvre par les groupes de travail du CCQM sont déterminées par les priorités indiquées ci-dessus.

Groupes de travail du CCQM

La principale activité du CCQM est l'organisation d'études pilotes et de comparaisons clés, sous l'égide de ses sept groupes de travail :

- le Groupe de travail sur l'analyse organique, présidé par le NIST (États-Unis d'Amérique) ;
- le Groupe de travail sur l'analyse inorganique, présidé par le LGC (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) ;
- le Groupe de travail sur l'analyse des gaz, présidé par le NMi VSL (Pays-Bas) ;
- le Groupe de travail sur l'analyse électrochimique, présidé par le SMU (Slovaquie) ;
- le Groupe de travail sur l'analyse biologique, présidé par le LGC ;
- le Groupe de travail sur l'analyse de surface, présidé par le BAM (Allemagne) ;
- le Groupe de travail sur les comparaisons clés et sur la qualification des CMCs, présidé par le NMIA (Australie).

Les domaines couverts par le CCQM comprennent la santé, les sciences de la nutrition, l'environnement, les matériaux de haute technologie, les marchandises et produits divers, les aspects légaux, les produits pharmaceutiques, la biotechnologie, l'analyse de surface et les applications analytiques générales. Tous les groupes de travail contribuent à tous les 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 Web du BIPM.

Le nombre de comparaisons clés et d'études pilotes ne cesse de croître actuellement, afin d'étayer le très vaste domaine des CMCs déclarées dans le domaine de la métrologie en chimie.

Il reste néanmoins un certain nombre de CMCs dont la fiabilité n'est pas fondée sur les résultats d'une étude ou d'une comparaison clé. Le Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualification des CMCs a donc établi une liste de domaines prioritaires qui devraient être étudiés plus en détail, en débutant une étude pilote ou une comparaison clé.

Afin de limiter la charge de travail considérable des laboratoires nationaux de métrologie, liée aux comparaisons clés et aux études pilotes, une étude a été entreprise pour revoir ce mode opératoire.

Presque tous les groupes de travail du CCQM se réunissent deux fois par an, une fois au siège du BIPM juste avant la session plénière du CCQM en avril et une deuxième fois au second semestre. En général, la deuxième réunion a lieu dans les locaux d'un des laboratoires membres du groupe de travail. Ce laboratoire profite 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 intéressées. Ces symposiums contribuent à les sensibiliser davantage et à expliquer les résultats et les bénéfices du travail accompli par le CCQM et son importance pour le CIPM MRA. En retour, ils permettent de

connaître les besoins nationaux et régionaux. Les réunions sont parfois aussi combinées à un examen par les pairs de la section de chimie du laboratoire en question et, couplées aux visites des laboratoires, contribuent grandement à l'amélioration des aptitudes et des compétences du laboratoire national de métrologie, ainsi qu'à l'établissement de la confiance mutuelle entre les laboratoires nationaux de métrologie.

Comme de nombreux laboratoires nationaux de métrologie en sont encore à l'étape préliminaire dans le domaine de la métrologie en chimie, le CCQM les aide en leur accordant le statut d'invités ou d'observateurs à ses groupes de travail et en leur permettant de participer aux études. La participation préalable aux études pilotes évite d'obtenir des résultats de comparaisons clés incorrects qui seraient publiés dans la KCDB.

Il faut remarquer que la situation est différente de celle de la plupart des autres domaines de la métrologie, parce que le nombre des participants aux études et comparaisons clés n'est en général pas limité par le nombre d'échantillons disponibles.

Recherches scientifiques, difficultés et questions à résoudre

Le domaine de la métrologie en chimie est très vaste ; il compte des milliers de mesurandes et substances à analyser différents intégrés à un nombre encore plus élevé de matrices chimiques. La préparation d'un échantillon chimique avant les mesures 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 faut disposer de nombreuses solutions d'étalonnage et matériaux de référence certifiés différents. Une complication supplémentaire est que le dispositif d'analyse peut se comporter différemment et donner des réponses différentes en fonction de la matrice chimique mesurée. Ceci signifie que l'équipement d'analyse et la procédure de mesure doivent aussi être validés ou étalonnés au moyen d'un matériau de référence certifié, qui soit si possible de la même composition que le matériau mesuré.

Ceci fait que l'étalonnage risque d'être une activité coûteuse et longue. Et ceci signifie certainement que les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés, qui délivrent la traçabilité à leurs clients, doivent participer à un grand nombre d'études pilotes et comparaisons clés différentes.

Les autres questions à examiner sont :

- l'éducation à la métrologie en chimie, notamment à la compréhension des notions de traçabilité et d'incertitude de mesure ;
- la compréhension et la recherche sur la définition du mesurande : une grande partie des différences entre les résultats de mesure obtenus par les laboratoires provient d'un manque de précision dans la définition du mesurande et de ce que l'on ne sait pas toujours si l'on mesure réellement ce que l'on souhaitait mesurer ;
- les résultats de mesure dépendants de la méthode ;
- les problèmes de matrice ;
- la commutabilité des mesures cliniques et thérapeutiques ;
- le manque d'homogénéité et les problèmes de stabilité ;

- l'utilisation d'unités en dehors du SI quand la traçabilité au SI n'est pas (encore) réalisable, par exemple les unités de l'OMS pour l'activité biologique.

Groupe de travail sur l'analyse organique

Les études pilotes et comparaisons clés organisées par le Groupe de travail sur l'analyse organique comprennent notamment :

- l'éthanol dans l'eau et dans une matrice aqueuse ;
- les pesticides chlorés ;
- les substances nutritives dans les formules pour enfants et adultes ;
- les congénères polychloro-biphényles (PCB) dans les tissus ;
- le vert de malachite dans le poisson ;
- le chloramphénicol dans les aliments ;
- les pyréthriinoïdes dans le jus de pomme ;
- l'humidité dans les céréales ;
- les composants organiques et les polluants dans les boissons alcoolisées ;
- les polluants organiques dans la chair des moules ;
- le p,p'-DDE dans l'huile de maïs et l'huile de poisson ;
- le p,p'-DDT dans l'huile de poisson ;
- le gamma-hexachlorocyclohexane (HCH) dans l'huile de poisson ;
- l'atrazine ;
- la digoxine ;
- les composés organiques volatils dans des solvants organiques ;
- le cholestérol, le glucose et la créatinine dans le sérum ;
- le LSD et les stéroïdes anabolisants dans l'urine ;
- les stupéfiants dans l'urine ;
- la progestérone dans le sérum ;
- les hydrocarbures aromatiques polycycliques (PAH) en solution, dans les sols et dans les sédiments ;
- les polychloro-biphényles (PCB) dans les sédiments ;
- l'étain di- et tributylque dans les sédiments ;
- les solutions d'étalonnage organiques (PAH, PCB et pesticides) ;
- la pureté de composés (glucose, DDE, xylène, étain tributylque etc.) ;
- les études sur la résonance magnétique nucléaire.

Cette liste n'est pas exhaustive, mais elle indique les principales activités.

Toutes les activités ont pour objectif de vérifier les compétences déclarées et les aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires désignés, et de démontrer la comparabilité des résultats de mesure. La majorité des résultats, après une première étude, sont satisfaisants, avec des incertitudes de mesure de l'ordre de 1 % à 3 % ou mieux. La comparaison de progestérone réalisée en collaboration étroite avec l'Agence mondiale antidopage a aussi donné de très bons résultats.

Lors de sa dernière réunion, le Groupe de travail sur l'analyse organique a approuvé les études et comparaisons clés suivantes :

- l'analyse de substances telles que la graisse, par exemple dans le lait ; et
- les protéines.

Ce groupe devrait poursuivre les comparaisons qui répondent aux besoins du secteur de l'alimentation, de la chimie clinique et de la médecine légale, et accroître ses efforts dans le domaine des analyses de pureté.

Groupe de travail sur l'analyse inorganique

Les études pilotes et comparaisons clés organisées par le Groupe de travail sur l'analyse inorganique comprennent :

- les oligo-éléments dans le sérum (plomb, sélénium) ;
- le calcium dans le sérum ;
- l'arsenic dans les poissons et les crustacés ;
- l'arsenic, le sélénium, le mercure, le plomb, le méthyl-mercure dans le thon et le saumon ;
- le plomb, le cuivre, le cadmium, le zinc etc. dans le vin ;
- le cadmium et le zinc dans le riz ;
- le cadmium et le plomb dans l'herbe ;
- les métaux dans un mélange synthétique d'aliments ;
- le sélénium total et les sels de sélénium dans la farine de blé ;
- les éléments toxiques et essentiels dans le foie de bœuf ;
- le mercure dans l'eau ;
- les métaux toxiques dans les aliments ;
- les oligo-éléments dans la poudre de graine de soja ;
- le cadmium et le plomb dans l'eau naturelle ;
- le sélénium total et la méthionine de sélénium dans les suppléments pharmaceutiques ;
- les métaux dans les fertilisants ;
- la composition de céramiques ;
- le cadmium, le chrome, le mercure et le plomb dans le polypropylène ;
- le plomb, le cadmium et l'étain tributylque dans les sédiments ;

- les oligo-éléments dans les boues des eaux d'égout ;
- la pureté du zinc et du nickel ;
- les éléments mineurs de l'acier ;
- les constituants dans des alliages de cuivre et d'aluminium ;
- la composition chimique de l'argile ;
- les éléments du groupe du platine dans les catalyseurs automobiles ;
- le soufre dans des combustibles ;
- le taux d'isotopes d'uranium dans une matrice saline synthétique ;
- l'analyse de pureté (chlorure de potassium (KCl), chlorure de sodium (NaCl) et bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) etc.) ;
- les solutions élémentaires (aluminium, cuivre, fer, magnésium) ;
- les anions en solutions étalons.

Presque tous les résultats, après une première étude, sont satisfaisants, avec une incertitude de l'ordre de 1 %.

Lors de la dernière session du CCQM d'autres activités ont été approuvées concernant :

- les oligo-éléments dans le phosphogypse ; et
- les mesures du taux isotopique de strontium.

Groupe de travail sur l'analyse des gaz

Les études pilotes et comparaisons clés organisées par le Groupe de travail sur l'analyse des gaz comprennent :

- les gaz naturels ;
- le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO_2), le monoxyde d'azote (NO), le dioxyde d'azote (NO_2), l'ammoniac et le propane dans l'azote ;
- le benzène, le toluène, le xylène (BTX) dans l'azote et dans l'air ;
- l'ozone aux niveaux ambiants ;
- les gaz à effet de serre (dioxyde de carbone (CO_2) et méthane (CH_4)) aux niveaux ambiants ;
- les gaz réactifs aux niveaux ambiants ;
- les composés organiques volatils dans l'air ;
- le fluorure de soufre (SF_6) et les chlorofluorocarbures (CFC) aux niveaux d'émission ;
- les thiols dans le méthane ;
- l'éthanol dans l'air ;
- les méthodes de mélange dynamiques ;
- l'analyse des impuretés dans la solution.

Pendant la dernière session du CCQM d'autres activités ont été approuvées concernant :

- une étude sur les aptitudes à la préparation de composants multiples ; et
- l'établissement d'une échelle pour les composés organiques volatils en collaboration étroite avec le programme de veille de l'atmosphère de l'Organisation météorologique mondiale.

La plupart des résultats sont exacts, avec des incertitudes bien meilleures que 1 % et qui approchent 0,01 % dans plusieurs cas. Ces très faibles niveaux d'incertitude permettent maintenant de distinguer la composition isotopique des gaz, importante pour les laboratoires dans les domaines de l'industrie, de l'environnement, de l'alimentation et des produits pharmaceutiques, ainsi que pour les étalons de température de haute exactitude.

Groupe de travail sur l'analyse électrochimique

Le groupe de travail a un domaine d'activités réduit mais très spécialisé, consacré aux mesures de pH, de conductivité électrolytique et de coulométrie. Ces mesures sont souvent très critiques pour les domaines clinique, médical, pharmaceutique, de l'alimentation et de l'environnement.

Les études pilotes et comparaisons clés organisées par le Groupe de travail sur l'analyse électrochimique comprennent :

- le pH (phosphate et phtalate) ;
- les études fondamentales sur les étalons de pH ;
- la conductivité électrolytique ;
- la coulométrie ;
- le dosage du chlorure d'hydrogène (HCl) et du chlorure de potassium (KCl) ;
- le dosage du phtalate d'acide de potassium (KHP).

En général, les résultats sont assez bons et ont contribué à une meilleure comparabilité des mesures de pH et de conductivité. Néanmoins, comme de plus en plus de laboratoires nationaux de métrologie et de laboratoires désignés des pays et Entités économiques en voie de développement commencent à réaliser des étalons nationaux de mesure pour ces grandeurs, il faudra encore effectuer un grand nombre de comparaisons dans un proche avenir.

Pendant la dernière session du CCQM d'autres activités ont été approuvées concernant une étude sur la préparation d'une solution de pH 7.

Groupe de travail sur l'analyse biologique

L'objectif de ce groupe de travail est de s'occuper des questions métrologiques dans un nouveau domaine traitant de molécules grandes et complexes, ce qui signifie que le mesurande peut être difficile à définir. De plus, il est souvent plus important de mesurer l'activité biologique que de déterminer la composition de la molécule ou de la particule proprement dite. Cependant, on constate d'importants problèmes de mesure dans le domaine de l'analyse biologique, comme la comparabilité, la traçabilité et l'incertitude de mesure.

Les études pilotes et comparaisons clés organisées par le Groupe de travail comprennent :

- la quantification de l'amplification en chaîne par polymérase (PCR) ;
- la fluorescence par la méthode ELISA ;

- le profil de l'acide désoxyribonucléique (ADN) et la quantification primaire de l'ADN ;
- la méthode de référence pour l'extraction d'ADN ;
- la quantification de la méthylation de l'ADN ;
- la quantification de peptides et de protéines en protéomique ;
- les mesures de la structure des protéines.

Pendant la dernière session du CCQM d'autres activités ont été approuvées concernant :

- les mesures d'espèces de glycane dans les mélanges de glycoprotéines digérées ;
- la quantification de cellules ayant des caractéristiques phénotypiques particulières ;
- les mesures d'une série de marqueurs biologiques multiplexés de séquences d'acide ribonucléique (ARN).

Le groupe de travail a établi une bonne collaboration avec le National Institute for Biological Standards and Control (NIBSC) au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, un des principaux laboratoires de l'OMS et avec la Pharmacopeia.

Groupe de travail sur l'analyse de surface

Les études pilotes et comparaisons clés organisées par le Groupe de travail comprennent :

- l'épaisseur de la couche d'oxyde de silicium sur le silicium ;
- l'analyse quantitative de l'alliage fer-nickel ;
- le carbone dans des précipités de fer ;
- l'azote dans les couches de surface de fer ;
- la quantification sans étalon en analyse par microsonde électronique (EPMA) ;
- la détermination du fer et de l'azote dans les couches dopées de carbone sous forme de diamant amorphe.

Le groupe de travail est encore dans sa phase de mise en place, mais il devra s'occuper, à l'avenir, du vaste domaine des propriétés des matériaux, comme par exemple :

- de la porosimétrie ;
- des revêtements ;
- des couches de surface, des polluants ;
- des surfaces en polymère ;
- des systèmes multicouches à couche mince.

Les méthodes et technologies utilisées pour ce type de mesures et de problèmes sont généralement les mêmes que pour l'analyse chimique. Les échanges d'idées avec les autres groupes de travail sont donc très souhaitables.

Groupe de travail sur les comparaisons clés et la qualification des CMCs

Ce Groupe de travail est chargé de discuter et de résoudre les principales questions résultant de l'examen régional et interrégional des CMCs déclarées par les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés. Il est aussi chargé d'harmoniser, autant que possible, les politiques et procédures appliquées par les autres groupes de travail du CCQM pour l'organisation des comparaisons clés et autres. De plus, ce groupe de travail jouera un rôle dans la coordination des études pilotes et des comparaisons clés proposées par les autres groupes de travail, en prenant soin d'adopter une approche équilibrée, de promouvoir et d'établir les bonnes priorités et d'essayer d'éviter une charge de travail trop importante pour les laboratoires nationaux de métrologie. Le groupe de travail indique aussi les domaines dans lesquels les laboratoires nationaux de métrologie déclarent des CMCs, mais où aucune comparaison clé n'a été organisée.

Comme les laboratoires nationaux de métrologie ne se contentent pas d'offrir des services d'étalonnage et de mesure à leurs clients, mais produisent et distribuent souvent aussi des matériaux de référence certifiés, ce groupe de travail examinera aussi les critères pour l'approbation des matériaux de référence certifiés publiés dans l'annexe C du CIPM MRA.

Le groupe de travail est composé de représentants et d'experts des organisations régionales de métrologie et d'experts de tous les groupes de travail du CCQM.

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 le conseiller ainsi que le BIPM sur l'organisation et l'exécution du programme de travail du BIPM dans le domaine de la métrologie en chimie. En ce qui concerne le programme de travail du BIPM dans le domaine de la métrologie en chimie pour les années 2009 à 2012, le Groupe consultatif du CCQM a exprimé l'opinion suivante.

Introduction

Le groupe consultatif a considéré que les points suivants étaient essentiels pour appliquer les critères du CIPM au programme proposé pour les années 2009 à 2012 :

- Le BIPM doit être un laboratoire scientifique 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 à 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 programme de travail en chimie pour les années 2005 à 2008 comprend des activités scientifiques sur l'analyse des gaz et sur la pureté de composés organiques, ainsi que l'aide au JCTLM et à sa base de données. Le BIPM a proposé de poursuivre et de renforcer ces activités dans le programme pour les années 2009 à 2012 et, de plus, d'introduire un programme sur la bioanalyse. Le niveau actuel de ressources est de 5,5 scientifiques, de 2 techniciens et de 0,75 personne équivalent année, correspondant à un ou plusieurs scientifiques en détachement de

laboratoires nationaux de métrologie. Si le programme pour les années 2009 à 2012 était accepté dans sa totalité, il faudrait augmenter le personnel de 2 scientifiques, 4 techniciens, 1 assistant de recherche post-doctorant, et 4 personnes équivalent années de scientifiques en détachement de laboratoires nationaux de métrologie. Parmi ceux-ci, le programme de laboratoire sur la bioanalyse nécessiterait deux scientifiques, deux techniciens, et un scientifique équivalent année en détachement de laboratoires nationaux de métrologie.

Programme sur l'analyse des gaz

Le programme global a été largement approuvé et considéré comme une extension valable des activités actuelles, qui sont bien appréciées et étroitement liées au programme du Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz. Tous les projets devraient démontrer clairement qu'ils répondent aux besoins internationaux clés et être liés au changement climatique et à la qualité de l'air. Le groupe consultatif a noté que les tâches spécifiques identifiées pour les années 2009 à 2012 pourraient être modifiées en fonction des besoins et que les propositions devraient donc être considérées comme indicatives. Le BIPM devrait effectuer des tâches spécifiques en consultation et en collaboration avec le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz, le moment venu. Les activités au BIPM devraient en particulier être centrées sur la métrologie fondamentale.

Programme sur l'analyse de pureté organique

Il a été suggéré que le programme du BIPM devrait être centré sur un seul projet intitulé « Références primaires pour l'analyse organique ». Le programme global a été approuvé, prenant acte qu'il mettait l'accent principalement sur les comparaisons. Le groupe consultatif a admis que le BIPM ne pouvait pas être trop spécifique à cette étape du programme, mais il a demandé d'inclure plus d'innovations scientifiques dans la mise en place de méthodes de mesure. Il a aussi recommandé de mettre l'accent sur les références primaires pour étayer les applications dans les domaines de l'alimentation, de la santé et de la médecine légale, comme l'ont indiqué les réponses au questionnaire. Le groupe consultatif accueille favorablement l'élaboration et la coordination d'un guide des meilleures pratiques sur la détermination de la pureté des composés organiques, qui serait fondé sur les compétences acquises grâce au programme de chimie du BIPM.

Programme sur la bioanalyse

Les propositions liées à un programme de laboratoire sur la bioanalyse ont été considérées comme prématurées et comme nécessitant un débat plus large. Les activités au BIPM doivent être centrées sur la métrologie fondamentale et il n'est pas évident que ce soit proposé ou réalisable. Le groupe consultatif a noté que c'est un domaine qui évolue rapidement et auquel la plupart des acteurs clés peuvent consacrer des ressources considérables, bien au-delà de celles disponibles au BIPM. Il a été approuvé que le personnel se consacrant aux activités de liaison bénéficie de la participation à un travail scientifique dans ce domaine. Toutefois, le groupe consultatif a recommandé au BIPM de ne pas mettre en œuvre un programme de travail propre sur la bioanalyse pour le moment, mais d'examiner d'autres alternatives avant de l'établir.

Programme de coordination et de liaison internationales

Le soutien aux activités de liaison internationales a été approuvé comme une tâche importante, mais il a été demandé au BIPM de clarifier ses propositions. En particulier, le groupe consultatif voit la nécessité de distinguer entre le rôle global du BIPM à cet égard et la représentation individuelle des États Membres. Le programme de liaison avec les organismes nationaux et internationaux proposé sur la bioanalyse a été bien accueilli mais le BIPM devrait fournir plus d'informations sur l'impact attendu de cette activité. De plus, il faudrait examiner la possibilité d'élargir la liaison au-delà des aspects liés aux organismes génétiquement modifiés.

Recommandation

Il est demandé au BIPM d'examiner les propositions concernant les commentaires spécifiques du groupe consultatif et de présenter un programme révisé au CIPM soulignant les thèmes prioritaires. Notamment, le travail sur les gaz devrait être lié au domaine de la qualité de l'air et du changement climatique, et le programme de chimie organique devrait être consacré aux références primaires pour l'analyse organique ayant des applications dans les domaines de l'alimentation, de la santé et de la médecine légale. Le BIPM devrait développer des activités de liaison mais pas de programme de laboratoire sur la bioanalyse pour le moment. Le groupe consultatif accueille favorablement les propositions du BIPM concernant le programme en chimie pour les années 2009 à 2012 et les soutient, sous réserve d'appliquer les changements recommandés.

Lors de sa session d'avril 2007, le CCQM a approuvé à l'unanimité les conclusions du groupe consultatif du CCQM.

Réunions communes des groupes de travail du CCQM

Les groupes de travail du CCQM organisent régulièrement des réunions communes avec un autre groupe de travail du CCQM. Par exemple, le Groupe de travail sur l'analyse inorganique s'est réuni avec le Groupe de travail sur l'analyse électrochimique, le Groupe de travail sur l'analyse organique s'est réuni avec le Groupe de travail sur l'analyse biologique, et avec le Groupe de travail sur l'analyse des gaz. Ces réunions communes se sont avérées très utiles et se poursuivront à l'avenir, par exemple entre le Groupe de travail sur l'analyse biologique 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, on préfère conserver la possibilité d'avoir des échanges, des collaborations et une harmonisation faciles et directs dans le cadre d'un seul Comité consultatif, sur la métrologie en chimie.

Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire

Le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM) a été établi en réponse à une directive légale de l'Union européenne, la directive européenne 98/79/EC sur les dispositifs médicaux de diagnostic *in vitro*, qui demande que « la traçabilité des valeurs assignées aux calibrateurs et/ou au matériel de contrôle soit assurée par les procédures de mesure de référence et/ou les matériaux de référence disponibles d'ordre hiérarchique supérieur ».

Le JCTLM est composé de représentants du BIPM, de l'IFCC et de l'ILAC. Il est présidé par l'IFCC et son secrétariat est assuré par le BIPM.

Une réunion des parties intéressées est organisée régulièrement avec des représentants de l'OMS, des agences de réglementation, des laboratoires cliniques, des fournisseurs de tests d'aptitude, des organismes de normalisation concernés et de l'industrie du diagnostic *in vitro*.

Le JCTLM comprend deux groupes de travail :

- Le Groupe de travail 1 sur les matériaux de référence et les 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, par l'université de Bonn (Allemagne) et par l'université de Gand (Belgique)

Le groupe de travail 1 est composé de treize sous-groupes sur :

- les groupes sanguins ;
- les facteurs de coagulation ;
- les drogues (digoxine, lithium, cocaïne etc.) ;
- les électrolytes (calcium, chlorure, potassium) et les gaz du sang ;
- les enzymes (sérum glutamo-oxaloacétique transaminase (AST), amylase, créatine kinase (CK), gamma glutamyl transpeptidase (gamma GT) etc.) ;
- les métabolites et substrats (cholestérol, urée etc.) ;
- 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 marqueurs viraux ;
- les vitamines ;
- le Système Qualité.

Des comparaisons seront organisées afin de vérifier la comparabilité des matériaux de référence d'ordre supérieur qui satisfont aux critères fondamentaux de qualité et de traçabilité. Malheureusement, peu de laboratoires nationaux de métrologie ont la capacité d'effectuer ces comparaisons.

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, seront effectués par des laboratoires cliniques reconnus, appartenant à un 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 on a assigné une valeur 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 des groupes de travail sont publiés sur les sites Web du BIPM et de l'IFCC.

Réunions des parties prenantes du CCQM et ateliers

Le travail et les progrès accomplis par le CCQM ont grandement bénéficié de l'organisation d'un certain nombre de réunions regroupant les parties prenantes au CCQM et d'ateliers qu'il a organisés :

- En novembre 2003, un atelier a été organisé pour répondre aux besoins des agences de réglementation, de la Commission du Codex Alimentarius, des organismes d'accréditation, des producteurs de matériaux de référence certifiés, de laboratoires d'essais, de laboratoires de référence de l'Union européenne, des organisations spécialisées de l'industrie ou d'autres secteurs, en matière de traçabilité pour les analyses en nutrition, y compris l'Organisation internationale de la vigne et du vin et du Conseil oléicole international.
- En septembre 2004, une deuxième réunion des parties intéressées du secteur de l'alimentation a été organisée, cette fois avec la participation de la Fédération internationale de laiterie.
- En avril 2005, un atelier a été organisé sur le thème « New Challenges for the Development of Primary or Higher Order Measurement Methods and Procedures for Physiologically-Significant Molecules ».
- À l'occasion de la CPEM 2006, le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz a organisé un symposium intitulé « Spectroscopy as a Potential Primary Method for Gas Analysis ».
- En novembre 2006, le CCQM a contribué à un symposium international sur les matériaux de référence certifiés pour la qualité de la vie.
- En avril 2007, deux ateliers ont été organisés dédiés :
 - au calcul des valeurs de référence des comparaisons clés et à leur incertitude ; et
 - à la mise au point d'une méthode plus efficace pour établir et démontrer la comparabilité entre les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires désignés.

De plus, les différents groupes de travail du CCQM ont organisé des ateliers réservés à leurs membres et observateurs, pour discuter de questions scientifiques et d'organisation.

Il est prévu d'organiser en 2009 un symposium avec l'OMM et d'autres Comités consultatifs sur la comparabilité, la traçabilité et l'incertitude de mesure dans le domaine du changement climatique.

Matériaux de référence certifiés

Les matériaux de référence certifiés sont largement utilisés pour les étalonnages et la validation des matériaux. La plupart des laboratoires nationaux de métrologie délivrent divers matériaux de référence certifiés à leurs clients pour disséminer la traçabilité.

L'annexe C du CIPM MRA publie certaines listes des matériaux de référence certifiés délivrés par les laboratoires nationaux de métrologie. Ces listes ne concernent que les matériaux 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 le CIPM MRA couvre tout le catalogue des matériaux de référence certifiés délivrés par les laboratoires nationaux de métrologie.

Une coopération avec le Comité de l'ISO sur les matériaux de référence (ISO REMCO) a été établie pour traiter des problèmes communs. Le besoin de matériaux de référence certifiés spécifiques, comme les matrices, est presque infini. Il est de toute évidence impossible pour les laboratoires nationaux de métrologie de produire et de fournir tous les matériaux de référence certifiés nécessaires. Cependant, les laboratoires nationaux de métrologie devraient être chargés de certifier et de fournir des matériaux très purs, dont la pureté serait mesurée par l'application de méthodes primaires directes ou indirectes, et qui seraient au sommet de la chaîne de traçabilité. Il y a encore beaucoup à faire dans ce domaine.

Les matériaux de référence certifiés délivrés par les laboratoires nationaux de métrologie dans le cadre du CIPM MRA assurent une traçabilité reconnue au niveau international. Ce n'est pas toujours vrai pour les matériaux de référence certifiés du commerce. L'impossibilité de démontrer la traçabilité des matériaux de référence certifiés du commerce est source de difficultés considérables pour la communauté des chimistes de laboratoire lorsqu'ils doivent démontrer la traçabilité de leurs mesures et de leurs 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 17025, ou selon le Guide 34 de l'ISO.

Problèmes de transport international occasionnés par les restrictions douanières et la sécurité

Le transport international d'échantillons d'essai est sérieusement gêné par les interventions douanières continues et souvent désastreuses. Des mesures de sécurité accrues et un nombre croissant de règlements sur le transport de produits chimiques font obstacle à l'organisation de comparaisons entre les laboratoires. Il est indispensable d'organiser des études pilotes et des comparaisons clés pour établir la comparabilité globale. Il est donc essentiel que les autorités responsables facilitent le transport international d'échantillons chimiques par une bonne compréhension et par des accords sur le transport. Une réunion entre le BIPM et l'Union douanière internationale pour traiter de ces questions serait bienvenue.

Coopération avec d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux

Suite aux réunions en 2003 et en 2004 avec les responsables du secteur de l'alimentation, le BIPM a établi une bonne collaboration avec la Commission du Codex Alimentarius, une activité commune à l'OMS et à l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, et à

l'Inter-Agency Meeting. Cette collaboration a suscité une participation accrue des agences de réglementation, des exportateurs et du secteur de l'alimentation lui-même, ce qui a permis au CCQM d'établir des priorités pour son travail lié à la sécurité alimentaire et aux essais pour la nutrition.

Pendant la session d'avril 2007 du CCQM, des présentations ont été faites par des représentants du réseau européen de laboratoires d'essais d'organismes génétiquement modifiés, de Crop Life International (une association internationale des industries multinationales des OGM), et du Comité de l'ISO approprié. Ceci reflète la rapidité avec laquelle l'industrie, les agences de réglementation, les laboratoires d'essais et les organisations de normalisation s'intéressent de plus en plus aux mesures fiables et traçables.

Les mesures en chimie clinique et en médecine de laboratoire constituent une activité quotidienne considérable dans le monde. Comme la production d'équipements de mesures médicales, de marqueurs pour le diagnostic et de produits pharmaceutiques est une activité globale et que les transports de personnes et les voyages internationaux augmentent, il est clair que la comparabilité et la traçabilité des résultats de mesures seront prioritaires pour la communauté médicale, clinique, thérapeutique et pour le diagnostic *in vitro*. La conformité aux règlements (par exemple à la directive de l'Union européenne sur le diagnostic *in vitro*), les exigences de l'accréditation, un meilleur traitement des patients et une réduction des coûts demandent des mesures plus exactes et plus précises. Comme la plupart des mesures sont du domaine de l'analyse chimique, une collaboration étroite avec les secteurs clinique et pharmaceutique a été établie, en particulier par les groupes de travail du CCQM sur l'analyse organique et l'analyse biologique, ainsi que par le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse inorganique. La participation plénière de l'IFCC, du NIBSC, de l'U.S. Pharmacopeia et la collaboration avec le JCTLM démontrent l'intérêt de ces organisations pour de bonnes mesures.

Une collaboration étroite a aussi été établie avec l'AMA. Comme les sportifs sont soumis en permanence à des examens et que les résultats de mesure sont fréquemment mis en question, l'AMA est intéressée à s'assurer que les résultats de mesure sont fiables.

En 2005, il a été demandé au président du CCQM d'informer la communauté de la médecine légale lors de sa réunion à Hong Kong sur l'obtention de résultats de mesure fiables, comparables et traçables, liés à des aspects légaux de la médecine. Ceci a conduit à une collaboration avec le réseau mondial et européen des laboratoires scientifiques de médecine légale.

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 demande la meilleure exactitude possible et la traçabilité aux étalons de mesure de référence stables à long terme. Le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz a établi une collaboration étroite avec ce programme de l'OMM. Un symposium organisé par le BIPM et l'OMM sur le changement climatique serait bienvenu. Les mesures chimiques concernées comprennent l'ozone, les gaz à effet de serre, les composés organiques volatils et les mesures de salinité de l'océan.

La collaboration avec l'AIEA et avec l'IRMM s'effectue par la participation de ces organismes aux différents groupes de travail appropriés du CCQM.

En ce qui concerne l'accréditation, la normalisation, la science en chimie et les documents de directive, une collaboration a été établie avec le CITAC, l'ILAC, l'ISO REMCO et l'UICPA.

Viscosimétrie

En consultation avec les membres du Groupe de travail *ad hoc* du CCQM sur la mesure de la viscosité, il a été décidé qu'il serait plus approprié que le travail effectué par ce groupe soit supervisé par le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM). Le CIPM a donc décidé que dorénavant ce groupe de travail présenterait son rapport au CCM.

Redéfinition de la mole

Le CCQM a aussi discuté pour savoir s'il était souhaitable et quelles seraient les conséquences d'une redéfinition de la mole à partir de la valeur fixée de la constante d'Avogadro. Le CCQM pense 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 pense aussi qu'une redéfinition ne pourrait se faire qu'après avoir résolu et expliqué la différence de 1×10^{-6} , en valeur relative, observée entre les résultats obtenus avec la balance du watt et à partir des mesures de la masse volumique/molaire de cristaux par rayons x. Il faudrait aussi que la nouvelle définition soit compréhensible de tous et qu'une mise en pratique permettant d'exprimer les résultats de mesure exprimés en moles soit rédigée. Enfin, il faudrait que le changement de définition soit décidé en même temps que pour le kilogramme, l'ampère et le kelvin.

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 dans le domaine de la métrologie en chimie. Pour satisfaire rapidement et plus efficacement les besoins du commerce, de l'industrie et de la société, il est recommandé d'utiliser les moyens et les compétences en métrologie en chimie de laboratoires nationaux et universités, en les désignant comme agissant en tant que laboratoire national de métrologie pour certaines grandeurs et domaines de mesure en chimie.

Ceci a conduit de plus en plus à désigner dans différents pays d'autres laboratoires dans les domaines de la chimie, de la nutrition, de l'environnement et de la santé comme agissant en tant que laboratoire national de métrologie. Pour certains types de mesures en chimie, l'utilisation d'équipements coûteux, comme un réacteur nucléaire pour la méthode d'analyse par activation neutronique, sont nécessaires. Comme la plupart des laboratoires nationaux de métrologie ne possèdent pas de tels équipements, il est fortement recommandé qu'ils utilisent les réacteurs disponibles dans les universités et les laboratoires de leur pays.

Globalement, on observe que dans les domaines de la chimie clinique, des essais en alimentation et du contrôle de l'environnement, les autorités désignent des laboratoires nationaux ou régionaux de référence afin d'harmoniser les procédures de mesure et d'établir des résultats de mesure comparables. Comme ces laboratoires de référence font partie de la chaîne de traçabilité, il est fondamental qu'ils soient bien reliés aux laboratoires nationaux de métrologie, et lorsque c'est utile, que leurs résultats de mesure soient directement liés aux comparaisons clés et aux études pilotes du CCQM.

Dissémination de la traçabilité, essais d'aptitudes et accréditation

Il est impossible aux laboratoires nationaux de métrologie et aux laboratoires désignés de disséminer la traçabilité directement à tous les laboratoires de terrain. Il est donc très important d'établir une seconde couche de laboratoires d'étalonnage accrédités en chimie et de producteurs accrédités de matériaux de référence certifiés. Il est aussi recommandé d'établir un système de fournisseurs d'essais d'aptitude accrédités, organisant des programmes d'essai d'aptitude, avec une valeur de référence assignée.

Conclusions

Le fait qu'autant d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux aient exprimé clairement leur intérêt pour la métrologie en chimie et aient établi une collaboration étroite avec le CCQM démontre le besoin de disposer de résultats de mesure fiables, exacts, comparables et traçables. Le CCQM a démontré depuis sa création en 1993 qu'il est possible d'obtenir des mesures exactes en chimie et que le CCQM est capable d'y parvenir, grâce à l'aide et aux efforts des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires désignés participants.

M. Issaev (Fédération de Russie) demande à M. Kaarls ce qu'il pense de la définition du terme matériau de référence certifié donnée dans le *Vocabulaire international de métrologie* (VIM). M. Kaarls commente qu'il est regrettable qu'il existe deux définitions de ce terme (l'une dans le VIM, l'autre donnée par l'ISO REMCO). Ces deux définitions sont similaires, mais elles ne sont pas semblables. En réponse à une question de M. Thor (Suède), M. Kaarls commente que le CCQM a décidé de soutenir une redéfinition de la mole fondée sur la valeur fixée de la constante d'Avogadro.

18.9 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.

Le CCAUV a été établi en 1998 par le CIPM lors de sa 87^e session. Depuis sa création, il s'est réuni cinq fois au siège du BIPM, en 1999, 2001, 2002, 2004 et en 2006 ; autrement dit, il s'est réuni deux fois depuis la précédente réunion de la Conférence générale. Le CCAUV comprend actuellement seize membres et quatorze observateurs, en plus de son président, du directeur du BIPM et de Mme P.J. Allisy-Roberts (BIPM), la secrétaire exécutive.

État d'avancement des comparaisons clés

Depuis sa création, le CCAUV a mis en œuvre un programme actif de comparaisons clés. Il avait informé la Conférence générale lors de sa précédente réunion que deux comparaisons clés du CIPM étaient terminées et leur résultats publiés. L'état d'avancement détaillé des comparaisons clés du CIPM, liées aux activités du CCAUV, est consultable dans la KCDB et peut se résumer de la manière suivante :

- Les résultats de deux comparaisons clés du CIPM de pression acoustique dans l'air ont été publiés et une autre comparaison clé est en cours.
- Une comparaison clé du CIPM de pression acoustique dans l'air en champ libre est en cours ; elle devrait se terminer en 2008.

- Les résultats d'une comparaison clé du CIPM de pression acoustique dans l'eau, comprenant sept participants, ont été publiés en 2004.
- Les résultats d'une comparaison clé du CIPM de mesures de puissance ultrasonore ont été publiés en 2002 et les résultats d'une autre comparaison clé du CIPM dans le domaine des ultrasons ont été publiés en 2005.

Dans le domaine des vibrations, les résultats d'une comparaison clé du CIPM de mesure de la sensibilité en charge ont été publiés à la fin de 2002. Cette comparaison est étendue à trois nouveaux participants et le lien sera effectué par l'intermédiaire de la PTB.

Les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie liées à ces comparaisons clés sont les suivantes.

APMP : Les résultats d'une comparaison de pression acoustique dans l'air ont été publiés en 2007. Une seconde comparaison est en cours ; elle comprend dix participants et devrait être terminée en 2007. Les résultats d'une comparaison de mesure de la sensibilité en charge ont été publiés en 2004.

COOMET : Les résultats d'une comparaison de pression acoustique dans l'air ont été publiés en 2007. Une seconde comparaison est en cours. Dans le domaine des vibrations, une comparaison de mesure de la sensibilité en charge est en cours ; elle devrait être terminée en 2007.

EUROMET : Les résultats de deux comparaisons de pression acoustique dans l'air ont été publiés en 2007. Une comparaison de mesures de pression ultrasonore est prévue en 2008. Les résultats d'une comparaison de mesure de la sensibilité en charge ont été publiés en 2006 ; cette comparaison devrait être étendue à quatre participants supplémentaires.

SIM : Les résultats de cinq participants à une comparaison de pression acoustique dans l'air ont été publiés en 2007. Les résultats d'une comparaison de mesure de la sensibilité en charge dans le domaine des vibrations ont été approuvés pour l'équivalence provisoire ; la comparaison a été étendue afin de permettre le calcul de degrés d'équivalence, ses résultats devraient être publiés bientôt.

Statut des unités en dehors du SI, le néper et le bel

Pendant sa session de 2004, le CCAUV a de nouveau discuté de la question de la confusion générée par l'utilisation d'unités sans dimension telles que le néper et le bel, au lieu d'une unité SI appropriée, et a soutenu :

- la proposition de placer le néper et le bel au tableau 8 de la Brochure sur le SI sur les « unités en dehors du SI » ; et
- la déclaration selon laquelle, lorsqu'on utilise le décibel, il faut toujours exprimer la valeur de référence de la grandeur en unités SI.

Progrès et innovations dans les recherches dans le domaine de la métrologie de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations

Des rapports sur la réalisation des étalons nationaux et les domaines de recherche sont disponibles sur le site Web du CCAUV. Je résumerai ci-dessous un certain nombre d'innovations présentées au CCAUV par les délégués des laboratoires nationaux de métrologie membres.

CENAM : Deux nouveaux systèmes ont été mis en service, avec des caractéristiques particulières aux mesures vibratoires :

- un système de mesure de la vitesse linéaire, comprise entre 5 km/h et 200 km/h ; et
- un système de mesure d'impact, pour des accélérations allant jusqu'à 5000 m/s².

Un autre domaine de recherche est l'application de la technique de résonance à haute fréquence au moyen d'accéléromètres à microsystème électromécanique afin d'étudier certains problèmes communs aux machines rotatives, tels que le poids des accéléromètres et le problème associé à la transmission sans fil des signaux. Les avantages de ce dispositif et de la technique sont l'efficacité, le faible poids et le faible volume de l'équipement, le faible coût et la facilité d'installation.

DPLA : Recherche sur les étalonnages de microphones en champ diffus.

L'étalonnage en champ diffus est particulièrement difficile en raison des fluctuations importantes de la pression acoustique dans un tel champ. Ainsi, il faut calculer des moyennes spatiales et sur le domaine de fréquence afin de faire une estimation lissée de la sensibilité résultante. De plus, le champ sonore capté par le microphone, utilisé comme récepteur, est une combinaison d'ondes directes et réverbérées. L'utilisation de techniques de sélection temporelle permet de séparer les réponses réverbérées et directes (champ libre). Ceci signifie que les sensibilités en champ libre et en champ diffus peuvent être déterminées à partir de la même série de mesures dans une chambre à réverbération.

INMETRO : Utilisation de filtre numérique passe-haut afin de réduire l'influence du bruit à basse fréquence dans les étalonnages d'accéléromètres. Mise au point de méthodes d'étalonnage de microphones qui utilisent la réponse à une impulsion. La force de cette méthode réside dans le fait qu'elle ne nécessite pas de chambre anéchoïque. Cette méthode a été comparée récemment à celle utilisée à la PTB ; et elles sont en bon accord. Un autre domaine de travail intéressant est la vérification des performances acoustiques des salles de classe, principalement afin de vérifier que l'audition y est claire.

INRiM : Plusieurs domaines de recherche fondamentaux ont été décrits : mesures de la constante de Boltzmann, mesure de la vitesse de propagation du son dans les liquides, effets de cavitation et sonoluminescence à l'égard des réactions chimiques et comparaison d'étalonnages de microphones en environnement semi-anéchoïque.

KRISS : Dans le domaine des vibrations, les activités de recherche présentées concernaient le domaine de l'accélération linéaire, et en particulier l'extension du domaine de fréquence jusqu'à 20 kHz, et une étude de faisabilité sur l'utilisation d'un oscillateur piézo-électrique.

NIM : Des innovations concernant les méthodes d'approximation par une fonction sinusoïdale et d'analyse d'intervalles de temps pour les étalonnages primaires de mesures de vibration par interférométrie hétérodyne ont été réalisées ces trois dernières années par le laboratoire de mesures vibratoires du NIM (Chine), en collaboration avec le groupe de travail sur l'accélération de la PTB. La démodulation de fréquence utilisée dans la méthode novatrice d'analyse d'intervalles de temps est fondée sur l'estimation des intervalles de temps entre pics et creux voisins à la place de la méthode classique de passage par zéro dans les sens positif et négatif du signal d'un interféromètre doppler à laser. La méthode simplifiée d'approximation sinusoïdale utilise quant à elle un signal numérique de référence pour générer des signaux en quadrature et effectuer une démodulation de phase et une différenciation afin de restaurer la variation de la vitesse en fonction du temps. À cause des algorithmes simplifiés et des faibles exigences en matériel, ces développements ont conduit à une intégration réussie de ces méthodes, efficaces et

rentables, pour obtenir un résultat exact et une comparaison fiable en une seule mesure, et pour une mise en œuvre novatrice d'étalons nationaux de mesure des vibrations à moyenne et haute fréquences au NIM (compris entre 10 Hz et 10 kHz). Cette méthode novatrice est appliquée par le NIM à la comparaison clé en cours CCAUV.V-K1.1 d'accélération vibratoire et son application est recommandée aux autres laboratoires nationaux de métrologie et aux laboratoires industriels primaires d'étalonnage de mesures de vibration en raison de son algorithme simplifié et des faibles exigences en matériel.

NMIJ : Mise au point de nouveaux étalons pour l'étalonnage de microphones à basse fréquence utilisant un pistonphone à laser, dans le domaine compris entre 1 Hz et 100 Hz, et à hautes fréquences (en utilisant un système d'étalonnage par réciprocité en chambre anéchoïque), dans le domaine de fréquence compris entre 20 kHz et 100 kHz.

NPL : Microphones miniatures. Mise au point de microphones à microsystème électromécanique en vue d'une production de masse afin d'obtenir un coût unitaire faible, que l'on puisse déployer en matrices et en réseaux, de petite taille, ayant des effets perturbateurs minimes, fonctionnant sans fil, et pouvant être étalonnés de manière simple et peu coûteuse. Mise au point d'une série de tests pour la sensibilité en champ libre, de la température, de la dépendance en fonction de la pression et de l'humidité, du bruit de fond et de la distorsion (pour obtenir un domaine dynamique optimal).

Tomographie optique pour la mesure des champs acoustiques dans l'eau. Une nouvelle technique a été utilisée pour déterminer les caractéristiques du champ acoustique émis par des réseaux de sonars à haute fréquence dans l'eau. Cette technique exploite l'interaction acousto-optique entre un faisceau laser et le champ acoustique, traitant les signaux par des techniques tomographiques similaires à celles utilisées en imagerie médicale afin de produire une image bidimensionnelle représentant une coupe du champ acoustique. Elle a été testée sur un réseau de sonars fonctionnant dans le domaine de fréquence compris entre 330 kHz et 500 kHz. Cette méthode offre la possibilité de faire des mesures de champs acoustiques rapides, à large bande, à haute résolution et sans effets perturbateurs, et peut être un outil de diagnostic puissant pour vérifier les performances des sonars.

Étalon portable de mesure de puissance ultrasonore. Les ultrasons pour la physiothérapie sont fréquemment utilisés en médecine, même si l'équipement utilisé pour délivrer la dose aux patients est souvent mal étalonné. Le concept inhérent à ce dispositif, qui est principalement une source étalon, consiste dans la mise au point d'un système capable de délivrer des puissances ultrasonores de niveau bien connu afin de vérifier l'étalonnage des systèmes de mesure de puissance utilisés dans les hôpitaux et par les fabricants. Ce système a été mis au point en collaboration avec le NPL, la PTB, le TNO, et le NMIA, par l'intermédiaire et avec l'aide financière de l'Union européenne.

Mesures de puissance ultrasonore à de très hauts niveaux thérapeutiques (> 300 W). Les niveaux typiques de puissance ultrasonore utilisés pour le diagnostic sont faibles (< 200 mW). Même pour les systèmes d'ultrasons utilisés en physiothérapie, les puissances générées sont limitées à environ 12 W. Un nouveau type de thérapie par ultrasons voit le jour, appelé thérapie par ultrasons focalisés à haute intensité, d'une puissance bien plus élevée (jusqu'à 500 W). L'application de ce signal est très localisée, quelques mm², et a pour effet l'absorption d'ultrasons dans le tissu et une augmentation rapide de la température, de l'ordre de 20 °C à 30 °C en quelques secondes. Ces conditions suffisent pour causer la mort d'une cellule et cette méthode est étudiée comme moyen de traiter les cancers, sans les effets secondaires associés à l'utilisation des rayonnements ionisants. La technique a recueilli l'approbation de la

communauté clinique au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord pour le traitement du cancer de la prostate. En métrologie, ces conditions hostiles en font un sérieux défi auquel le NPL s'affronte. Les premières mesures sont encourageantes.

Normalisation des mesures pour les champs de cavitation créés par des ultrasons de haute puissance. Les ultrasons sont utilisés dans de nombreuses applications industrielles à haute puissance comme le nettoyage, le traitement des matériaux, le traitement des eaux usées et la chimie acoustique. Le phénomène qui joue un rôle clé dans ces processus est la cavitation acoustique. Bien qu'il ait fait l'objet d'une activité intense depuis plus de cinquante ans, il a été impossible de mettre au point des méthodes normalisées pour quantifier l'activité de cavitation, ce qui a gêné la compréhension et l'optimisation de cette technologie. Le NPL a mis au point un capteur de cavitation et déposé un brevet ; ce capteur utilise une couche mince de polymère piézo-électrique afin de détecter les émissions à haute fréquence des ondes de choc acoustiques générées par les bulles de cavitation. Parmi les aspects novateurs de ce capteur, sa résolution spatiale lui permet de cartographier l'activité de cavitation à l'intérieur des systèmes. Le dispositif de test est constitué d'une trentaine de capteurs fonctionnant à 25 kHz, délivrant une puissance acoustique totale de 1,6 kW.

NRC : Générateur de vibrations à basse fréquence conçu et fabriqué au NRC. À basse fréquence (en dessous de 10 Hz), la performance d'un générateur de vibrations traditionnel est limitée par les faibles amplitudes d'accélération et par le haut niveau de distorsion harmonique total. Le générateur de vibrations mis au point est constitué d'un levier en porte-à-faux (cantilever) excité par un élément vibrant traditionnel. Le cantilever est réglé pour résonner à la fréquence d'excitation désirée, ce qui donne une amplitude de vibration assez grande à son extrémité avec une distorsion harmonique très faible. L'analyse du système est effectuée au moyen d'équations de modèles décrivant les composantes de flexion et longitudinale de la vibration. Une mesure approfondie des performances du générateur a fait l'objet d'une publication en 2006, confirmant qu'il peut constituer une alternative attractive du point de vue économique aux générateurs de vibrations à basse fréquence utilisés pour les mesures et les étalonnages de vibrations.

PTB : Extension de la méthode d'étalonnage par réciprocity jusqu'aux plus hautes fréquences.

Construction d'un nouvel hydrophone à membrane dont le diamètre actif est de 200 μm seulement et dont la fréquence de résonance est de 105 MHz. Ces hydrophones n'ont pas été fabriqués à des fins commerciales, mais pourraient être des candidats idéaux pour des comparaisons clés.

Établissement du zéro de référence pour l'étalonnage d'un équipement audiométrique à conduction d'air utilisant des impulsions sonores comme signaux d'essai. Cette méthode, introduite il y a 2 ou 3 ans en Allemagne, convient pour mesurer les défauts d'audition des nouveaux nés.

Études sur les méthodes pour déterminer la sensibilité des champs appliqués à la thérapie par ultrasons, en mesurant les propriétés acoustiques.

Utilisation d'un capteur thermo-acoustique pour déterminer la distribution spatiale de l'intensité acoustique par moyenne temporelle dans des champs ultrasonores à usage médical.

Approche fondée un nouveau modèle pour caractériser les accéléromètres par détermination de la réponse en amplitude et en phase aux chocs. Ce travail est motivé par le problème du transfert des données d'étalonnages aux chocs d'un capteur d'un laboratoire d'étalonnage à un autre. Le domaine d'application de cette nouvelle approche est encore à l'étude, mais les résultats publiés en 2006 et 2007 semblent très prometteurs.

VNIIFTRI : Techniques de mesure modernes appliquées aux étalons de mesures acoustiques sous marines russes. Des améliorations ont été apportées à la conception des étalons ; elles sont liées à l'application de nouvelles technologies pour la mise au point des instruments de mesures précises de pression dans des coupleurs fermés et à l'utilisation d'informations sur l'amplitude du champ acoustique et la distribution de phase dans les mesures en champ libre. On a rapporté une amélioration de l'incertitude des étalonnages d'hydrophones en champ libre.

Métrologie dans le domaine de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations pour les essais de matériaux

Pendant la session de 2006 du CCAUV, en plus des présentations habituelles des laboratoires nationaux de métrologie sur leurs activités concernant les étalons nationaux et les progrès des recherches, une séance spéciale a été consacrée à la métrologie dans le domaine de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations pour les essais de matériaux. Plusieurs membres du CCAUV ont décrit les activités de leur laboratoire national de métrologie dans le domaine des essais de matériaux. Parmi les nombreuses présentations, celles des délégués du NPL (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) au CCAUV comprenaient des techniques pour déterminer les propriétés acoustiques de toute une série de matériaux utilisés aux fréquences émises par les sonars en acoustique sous-marine et pour des mesures appliquées au domaine des ultrasons afin de déterminer les propriétés acoustiques des matériaux comme les tissus et les matériaux absorbant les ondes acoustiques.

Afin d'améliorer l'exactitude des mesures pour la sécurité et les essais de matériaux, la délégation de la PTB (Allemagne) a décrit son travail sur les influences dynamiques des capteurs de force et sur la traçabilité de l'étalonnage dynamique de capteurs de force. Faisant référence aux applications à l'industrie automobile liées à des propriétés viscoélastiques des matériaux, le CENAM (Mexique) a dit que les différences de mesure observées entre les laboratoires avaient un impact économique réel, et que la compétence du CCAUV serait bénéfique pour les résoudre.

L'importance de la détermination de propriétés techniques décrites par exemple par le module de Young a été présentée par un délégué du NMIJ (Japon), qui a souligné que les essais et la métrologie devraient être fusionnés. La question de savoir si les activités des Comités consultatifs du CIPM devaient être étendues aux essais de matériaux a aussi été posée par un observateur de l'ISO, soulignant qu'il fallait faire des mesures avant de prendre les décisions, et qu'il était fondamental que toute la chaîne de traçabilité soit examinée, des étalons primaires aux étalonnages de champ jusqu'aux mesures finales pour les utilisateurs, et qu'il était favorable à élargir le domaine couvert par le CCAUV aux essais de matériaux et de structures. La nécessité de mettre au point des étalons convenant aux nouveaux équipements à ultrasons focalisés à haute intensité, qui trouvent de plus en plus d'applications thérapeutiques, a été soulevée par l'observateur de la CEI, car c'est un sujet important en discussion au Comité technique 87 de la CEI sur les ultrasons. La première réunion du nouveau Comité technique 22 de l'IMEKO, nouveau forum sur la métrologie des vibrations et des chocs, a aussi été consacrée aux applications de la métrologie aux essais, et un délégué de la PTB (Allemagne), qui représente aussi l'IMEKO au CCAUV, a été invité à participer au premier symposium international sur les essais pour l'environnement (International Symposium on Environmental Testing Engineering).

Groupes de travail du CCAUV

Groupe de travail du CCAUV sur la coordination des organisations internationales de métrologie

Ce groupe de travail traite des questions liées aux critères établis par le JCRB pour l'approbation des informations publiées dans l'annexe C du CIPM MRA, des instructions du CCAUV pour établir les listes de CMCs, des procédures d'étalonnage convenablement couvertes par un Système Qualité en accord avec la norme ISO 17025, des directives pour l'approbation des Systèmes Qualité, des certificats d'accréditation émis par les organismes d'accréditation au niveau national, de la commodité que représente l'évaluation par les pairs par rapport aux pratiques d'accréditation, de la déclaration et de la preuve de la traçabilité au SI, et de l'examen des cas spéciaux lorsque l'on ne dispose pas d'une comparaison clé, par exemple pour l'accélération provoquée par un choc, etc.

Groupe de travail du CCAUV sur la stratégie

Pendant la session du CCAUV en 2006, le président du CCAUV, le directeur du BIPM et la secrétaire exécutive du CCAUV ont suggéré de former un petit sous-groupe sur la stratégie, en particulier pour examiner les besoins futurs en métrologie dans le domaine de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations. Le directeur a présenté cette activité telle qu'elle est conduite dans d'autres Comités consultatifs, citant en particulier le CCEM, où cette notion de stratégie est examinée activement. Il a été décidé que le CCAUV devrait suivre ce qui se fait dans les autres Comités et définir les missions d'un tel groupe de travail pour le CCAUV, en identifiant clairement son rôle. Ces missions devraient être envoyées aux membres du CCAUV pour commentaires.

Suite à cette décision, le président du CCAUV et sa secrétaire exécutive ont commencé en mars 2007 à établir un groupe de travail sur la stratégie et ils ont invité six participants, venant des différentes organisations régionales de métrologie et des différents domaines de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations, à y participer. Le président du groupe de travail est le représentant du NPL, M. B. Zeqiri, accompagné des délégués suivants du CCAUV : Ch. Koch (PTB), T. Usuda (NMIJ), S. Echeverría-Gomez (CENAM), A. Enyakov (VNIIFTRI), I. Veldman (NMISA) et E. Sadikoglu (UME). Ce dernier est le coordinateur de l'EURAMET chargé d'établir le projet de feuilles de route d'iMERA sur la stratégie ; il a informé le groupe que le Comité technique de l'EURAMET sur l'acoustique, les ultrasons et les vibrations ne voyait pas d'objection à autoriser le CCAUV à bénéficier des feuilles de route de l'EURAMET, mais que pour le moment l'accès aux documents devrait être limité aux membres et observateurs du CCAUV et qu'ils ne devaient pas être placés en accès libre sur le site Web du BIPM. Ces feuilles de route sont des documents susceptibles d'être révisés, et ils le seront de temps en temps.

Il est prévu que la plupart du travail sera effectué par courrier électronique, mais qu'il y aura peut-être une réunion avant la prochaine session du CCAUV.

M. Thor (Suède) et M. Valdés échangent leurs commentaires sur l'utilisation du neper et du bel comme unités du SI.

18.10 Comité consultatif des unités

M. Mills, président du Comité consultatif des unités (CCU), présente son rapport.

Le CCU s'est réuni trois fois depuis la 22^e réunion de la Conférence générale en 2003 : en mai 2004 (16^e session du CCU), en juin 2005 (17^e session du CCU) et en juin 2007 (18^e session du CCU). Ces réunions portaient sur deux points principaux. Le premier était la préparation de la 8^e édition de la Brochure sur le SI, que le BIPM a publiée en mai 2006. Le second était l'examen des propositions en cours de révision du Système international d'unités, le SI, consistant à redéfinir certaines unités de base dans le but de l'adapter et de l'améliorer pour le 21^e siècle, suite aux progrès majeurs de la physique durant les cinquante dernières années. Ces deux sujets sont discutés l'un après l'autre ci-dessous.

Nouvelle édition de la Brochure sur le SI

La nouvelle édition de la Brochure sur le SI, la huitième, a été élaborée et discutée en détail lors des 15^e et 16^e sessions du CCU en 2004 et 2005, et le travail a été poursuivi par courrier électronique pendant les douze mois suivants. Un petit groupe éditorial s'est réuni en février 2006 à l'université de Reading afin d'examiner le texte final en détail. La 8^e édition comprend 180 pages, dont 90 en français et 90 en anglais. Certaines sections de la Brochure ont été étendues de manière significative et de nombreuses révisions mineures ont été apportées au texte afin de le mettre à jour. La nouvelle édition a été publiée par le BIPM le 20 mai 2006 (Journée mondiale de la métrologie). Le texte intégral est disponible sur le site Web du BIPM, http://www.bipm.org/fr/si/si_brochure, en particulier sous forme de fichier .pdf, avec toutes les possibilités de recherche habituelles.

Comme dans les éditions précédentes, elle comprend une longue annexe 1 retraçant l'historique des progrès du SI, qui regroupe toutes les décisions (Résolutions, Recommandations et déclarations) du CIPM et de la Conférence générale portant sur le SI. Dans la 8^e édition, cette annexe est à nouveau ordonnée par ordre chronologique (les délégués se souviendront que nous l'avions ordonnée par sujet dans la 7^e édition, mais nous sommes revenus à l'ordre chronologique et avons ajouté un index par sujet). L'annexe 2, sur la réalisation pratique des définitions de certaines unités, a été supprimée de la version imprimée ; elle est uniquement disponible sur le site Web du BIPM, sachant qu'elle doit être révisée plus souvent que le reste du texte. La Brochure comprend une brève annexe 3 sur les unités pour la mesure des grandeurs photochimiques et photobiologiques.

Nous avons aussi décidé de préparer un résumé du SI, de quatre pages A 4, publié et disponible séparément. C'est une tentative pour toucher un public plus vaste, qui ne désire pas nécessairement la Brochure de 180 pages. Ce résumé existe en français et en anglais. Enfin, nous avons produit une « Micro-brochure » sous forme de dépliant A 4 recto-verso, en anglais seulement.

Redéfinition de certaines unités de base du SI

Le CCU a beaucoup discuté de la possibilité de redéfinir quatre des unités de base du SI, à savoir le kilogramme, l'ampère, le kelvin et la mole. J'en présente les résultats, ainsi que nos observations sur les commentaires exposés dans différents rapports récents émanant des autres Comités consultatifs et d'autres organismes. Ce rapport présente l'avis du CCU au CIPM et à la Conférence générale sur ce sujet.

L'éventuelle redéfinition de certaines unités de base du SI a été le thème principal de la 18^e session du CCU, qui s'est tenue les 11 et 12 juin 2007. En raison de l'importance de ce sujet pour l'avenir du SI, j'ai invité de nombreux experts d'autres groupes à participer à cette session afin qu'ils nous fassent profiter de leur point de vue. Cette réunion a regroupé 39 participants ; presque la moitié d'entre eux étaient des experts invités qui ne sont pas normalement membres du CCU.

Définitions actuelles des unités de base et nouvelles définitions éventuelles

Depuis la fameuse annonce par James Clerk Maxwell à la British Association en 1870, les métrologistes du monde entier ambitionnent de découvrir de nouvelles définitions pour notre système d'unités faisant référence à de vrais invariants, tels que les propriétés des atomes ou des particules comme l'électron et le proton, ou à des constantes fondamentales de la physique comme la vitesse de la lumière ou la constante de Planck. Cependant, jusqu'à récemment, il n'a pas été possible de mesurer ces propriétés atomiques ou les constantes fondamentales avec l'exactitude nécessaire pour les utiliser comme référence pour nos unités. Les progrès expérimentaux récents ont modifié cette situation, et il est maintenant temps d'examiner la possibilité de réviser notre système d'unités afin que toutes les définitions fassent référence aux constantes de la physique.

En guise d'introduction, nous examinerons tout d'abord les définitions actuelles de chacune des unités de base du SI, l'une après l'autre, et nous établirons la liste des autres définitions qui sont étudiées en ce moment.

La seconde, unité SI de temps, est actuellement définie par un certain nombre de périodes de la transition hyperfine d'un atome de césium 133. Cette définition a été adoptée par la Conférence générale en 1967. Elle satisfait le besoin de faire référence à un invariant vrai de la nature et elle peut être facilement réalisée au moyen d'une horloge atomique, ou d'une fontaine à césium, avec une incertitude-type relative de l'ordre de 10^{-15} . Il n'est pas nécessaire de réviser cette définition dans l'immédiat.

On développe actuellement des techniques novatrices sur lesquelles fonder une nouvelle définition qui puisse être réalisée avec une exactitude encore meilleure. La transition du césium se situe dans la région micro-onde, à une fréquence d'environ 9,2 GHz, et il est probable qu'elle sera tôt ou tard remplacée par une définition faisant référence à une transition atomique optique dans le visible : l'oscillation plus rapide permettra alors une réalisation encore plus précise de l'unité. Il n'est cependant pas encore évident de savoir quelle transition atomique – ou quelle méthode de réalisation – conviendra le mieux. Il pourrait être aussi possible à l'avenir d'utiliser une transition de l'atome d'hydrogène (comme la transition $1s \leftrightarrow 2s$) dont la fréquence peut être exprimée en utilisant la valeur de la constante de Rydberg avec une exactitude suffisante ; la définition de la seconde serait alors fondée sur les propriétés de l'atome le plus simple.

Le mètre, unité SI de longueur, est défini actuellement comme la longueur du trajet parcouru par la lumière dans le vide pendant un intervalle de temps donné. Cette définition, adoptée par la Conférence générale à sa 17^e réunion en 1983, fixe la vitesse de la lumière dans le vide c_0 . Le mètre fait ainsi référence à un invariant vrai et il peut être réalisé facilement par comptage de franges en utilisant n'importe quel rayonnement de laser dont la fréquence, et donc la longueur d'onde, a été déterminée avec précision. Il n'y a pas de raison de changer la définition du mètre pour le moment.

Le kilogramme, unité SI de masse, est toujours défini comme la masse du prototype international du kilogramme, tel qu'il a été sanctionné par la Conférence générale à sa première réunion en 1889. Ce prototype est constitué d'un alliage de platine et d'iridium. Il est conservé dans un coffre au siège du BIPM depuis cette date. Une quarantaine de prototypes similaires ont été fabriqués à la même époque ; tous ont été usinés et polis afin d'avoir la même masse. Quand ils ont été comparés à nouveau au prototype international original \mathfrak{K} en 1949 (pour la deuxième vérification), puis en 1989 (pour la troisième vérification), il a été constaté que ces prototypes avaient changé de masse les uns par rapport aux autres à raison de 80 microgrammes environ par siècle (un changement relatif de presque 1×10^{-7}). En l'absence de référence absolue, on ne sait pas quels prototypes ont augmenté de masse et lesquels ont perdu de la masse, et de plus il est possible que la masse de l'ensemble des prototypes ait dérivé à un rythme même plus élevé. Pour resituer cette problématique dans son contexte, les meilleurs comparateurs de masse du BIPM sont capables de comparer deux étalons prototypes de 1 kg en platine iridié avec une précision relative de 1×10^{-10} . Il faut en conclure que nous avons besoin d'une nouvelle définition du kilogramme, qui garantisse une plus grande stabilité. Ce besoin avait déjà été reconnu par la Résolution 7 adoptée par la Conférence générale lors de sa 21^e réunion en 1999.

Au cours des cinquante dernières années, le problème d'élaborer une nouvelle définition du kilogramme a été discuté. Deux nouvelles définitions ont été examinées. La première consiste à définir le kilogramme comme un multiple spécifié de la masse d'une particule atomique, peut-être l'atome de carbone 12 ; cette définition aurait l'effet de fixer la valeur de la constante d'Avogadro N_A . La seconde définirait le kilogramme en fixant la valeur de la constante de Planck h . Puisque l'unité SI de h est $\text{J s} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$, et puisque le mètre et la seconde sont déjà définis, le fait de fixer la valeur numérique de h a pour effet de définir le kilogramme.

L'avantage d'une définition du kilogramme fondée sur la masse de l'atome de carbone 12 est qu'elle est simple d'un point de vue conceptuel, mais elle serait considérée comme une définition assujettie à un atome particulier (ou une particule) choisi arbitrairement. Elle pourrait être réalisée directement par l'expérience de détermination de la valeur de la constante d'Avogadro fondée sur la masse volumique de cristaux par rayons x, ou indirectement par l'expérience de la balance du watt qui permet de déterminer la constante de Planck puis la constante d'Avogadro grâce à la relation reliant ces deux constantes (donnée ci-dessous).

L'avantage d'une définition fondée sur la valeur de la constante de Planck h réside dans le fait que h est la constante fondamentale de la mécanique quantique (tout comme c_0 , utilisée dans la définition du mètre, est la constante fondamentale de la théorie de la relativité). La définition pourrait être réalisée directement au moyen d'une balance du watt, ou indirectement par l'expérience fondée sur la mesure de la masse volumique de cristaux par rayons x. Elle a l'avantage majeur d'introduire les unités électromagnétiques dans le SI, comme le montre la discussion ci-dessous sur l'ampère. L'inconvénient de cette définition fondée sur h est qu'elle est relativement compliquée à comprendre.

Un autre point à considérer pour choisir entre ces deux alternatives est que h et N_A sont liées par l'équation :

$$h = \frac{c_0 A_r(\text{e}) \alpha^2 M_u}{2R_\infty N_A}$$

où $A_r(\text{e}) = m_e/m_u$ est la masse atomique relative de l'électron, α la constante de structure fine, $M_u = 1 \text{ g/mol}$ la constante de masse molaire, et R_∞ la constante de Rydberg. Toutes les grandeurs dans cette équation, à l'exception de h et de N_A , ont des valeurs fixées ou sont connues avec une

incertitude relative de quelques 10^{-9} au maximum. Cependant, la situation actuelle est que N_A est connue à partir de l'expérience fondée sur la mesure de la masse volumique de cristaux par rayons x avec une incertitude-type relative d'environ 3×10^{-7} , et h à partir de la balance du watt avec une incertitude-type relative d'environ 4×10^{-8} , mais les valeurs de h et de N_A diffèrent, comparées à la relation ci-dessus, d'environ 1×10^{-6} en valeur relative. De nouvelles expériences, actuellement en cours, pourraient résoudre cette différence au cours des prochaines années.

L'ampère, unité SI de courant électrique, est défini à présent à partir de la valeur de la force entre deux fils conducteurs parallèles, rectilignes, de longueur infinie, de section circulaire négligeable, qui transportent un courant. Cette définition, adoptée par la Conférence générale lors de sa 9^e réunion en 1948, a pour effet de fixer la valeur de la constante magnétique (la perméabilité du vide) μ_0 . Parce que la définition du mètre fixe c_0 , le fait de fixer μ_0 fixe aussi la constante électrique (la permittivité du vide) ε_0 , et donc l'impédance du vide Z_0 , du fait des relations qui existent entre ces constantes fondamentales.

Une autre définition envisagée actuellement consiste à définir l'ampère en fixant la valeur de la charge élémentaire e (la charge du proton) et en spécifiant le nombre de charges élémentaires par seconde correspondant à un courant de un ampère. Cette nouvelle définition aurait l'avantage que, si le kilogramme était défini en fixant h et l'ampère en fixant e , les grandeurs $2e/h$ et h/e^2 auraient toutes les deux des valeurs exactes. Or, ce sont les relations que l'on pense valables pour exprimer de manière théorique la constante de Josephson K_J et la constante de von Klitzing R_K , respectivement. Ces deux constantes sont utilisées en métrologie électrique pour toutes les mesures précises de différences de potentiel et de résistance fondées sur l'effet Josephson et l'effet Hall quantique. La métrologie électrique utilise à l'heure actuelle les valeurs conventionnelles pour ces constantes, K_{J-90} et R_{K-90} , qui diffèrent de leur valeur vraie dans le SI. Ainsi, si nous disposions de valeurs exactes pour K_J et R_K , la métrologie électrique serait réintégrée dans le SI.

Un autre moyen de comparer ces deux définitions de l'ampère est de noter que la définition actuelle fixe les valeurs de μ_0 , ε_0 et Z_0 , définissant ainsi l'ampère au moyen des propriétés du vide, alors que la nouvelle définition proposée fixerait la valeur de e et définirait l'ampère à partir des propriétés de l'électron. C'est un choix entre définir l'ampère en prenant comme référence les propriétés du vide ou celles de l'électron.

Il est important de noter à ce propos que des mesures récentes ont conduit à une précision bien meilleure de notre connaissance de la constante de structure fine α , qui est maintenant connue avec une incertitude-type relative d'environ 7×10^{-10} . Les relations entre les constantes

$$\alpha = e^2/hc_0 4\pi\varepsilon_0 = c_0 e^2 \mu_0 / 4\pi h$$

montrent que, si la valeur de h est fixée par la définition du kilogramme et la valeur de c_0 par la définition du mètre, la relation entre μ_0 et e^2 sera alors connue avec l'incertitude relative assez faible de 7×10^{-10} . Ainsi la définition actuelle de l'ampère, qui fixe la valeur de μ_0 , implique que l'incertitude relative sur la valeur de e n'est que de $3,5 \times 10^{-10}$. Si l'on considère l'autre choix, qui consiste à définir l'ampère en fixant la valeur de e , l'incertitude sur la valeur de μ_0 ne sera que de 7×10^{-10} . Par conséquent, la différence entre définir l'ampère à l'aide d'une valeur fixée de μ_0 ou une valeur fixée de e est faible.

Le kelvin, unité SI de température thermodynamique, est actuellement défini de manière à ce que la valeur de l'intervalle de température entre le zéro absolu et le point triple de l'eau pure soit égale à 273,16 K. Ainsi, la température du point triple de l'eau, T_{TPW} , est égale à 273,16 K

exactement. Cette définition a été sanctionnée par la Conférence générale lors de sa 13^e réunion en 1968. Même si la température du point triple de l'eau est un invariant vrai, elle est difficile à réaliser en pratique en raison de la difficulté à obtenir de l'eau suffisamment pure qui ait la composition isotopique spécifiée. Une définition plus simple, indépendante des propriétés d'un quelconque matériau particulier, et qui ferait référence à une constante fondamentale, serait d'adopter une définition qui spécifie simplement la valeur de la constante de Boltzmann k (ou k_B) qui relie l'énergie thermique à l'énergie mécanique.

La mole, unité SI de quantité de matière, est à présent définie en fixant la masse molaire du carbone 12 à 12 g/mol exactement. Une autre définition pourrait consister à définir la mole en précisant simplement le nombre d'entités élémentaires d'une mole ; ceci aurait l'effet de fixer en effet la valeur de la constante d'Avogadro. Cette nouvelle définition aurait l'avantage d'être d'une plus grande simplicité conceptuelle et elle définirait la mole d'une manière indépendante de la définition du kilogramme.

La candela, unité SI d'intensité lumineuse, est définie en spécifiant les caractéristiques d'une source monochromatique ayant dans une direction donnée l'intensité d'une candela. Il n'est pas proposé pour le moment de réviser cette définition.

Les quatre unités de base dont on discute actuellement la possibilité d'adopter de nouvelles définitions sont donc le kilogramme, l'ampère, le kelvin et la mole. Les éventuelles redéfinitions sont celles décrites brièvement ci-dessus.

Rapports des autres Comités consultatifs et d'autres organismes

Lors de sa récente session en juin 2007, le CCU avait en main les rapports d'un certain nombre d'autres organismes, adressés au CIPM et concernant les définitions actuellement en discussion. Ces rapports avaient été stimulés par la Recommandation 1 (CI-2005) du CIPM en 2005, demandant d'examiner les changements éventuels. Le CCU avait aussi invité lors de sa récente session des représentants de ces organismes, afin qu'ils puissent présenter leurs propositions. M. Mills commente d'abord brièvement chacun de ces rapports.

CCEM Le Comité consultatif d'électricité et magnétisme a soumis un rapport donnant un soutien non ambigu à une redéfinition du kilogramme qui fixerait h et de l'ampère qui fixerait e . Cette proposition est présentée dans la Recommandation E 1 (2007). Le CCEM recommande d'effectuer ces changements dès que ce sera raisonnablement possible et l'année 2011 est mentionnée spécifiquement. Leur principal argument est que l'utilisation de valeurs fixées de e et de h dans les relations $K_J = 2e/h$ pour la constante de Josephson et $R_K = h/e^2$ pour la constante de von Klitzing fera entrer la métrologie électrique dans le SI, puisqu'elle est maintenant fondée de manière universelle sur l'utilisation de l'effet Josephson pour mesurer la différence de potentiel électrique et de l'effet Hall quantique pour mesurer la résistance électrique.

CCM Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées soutient fortement la mise en place d'une nouvelle définition du kilogramme, fondée soit sur la masse d'une particule fondamentale (par exemple en fixant N_A), ou sur la constante de Planck (en fixant h). Le CCM ne choisit pas expressément entre ces deux alternatives. Il recommande de ne pas effectuer de changement tant que la différence actuelle que l'on observe entre la mesure de N_A réalisée au moyen de la mesure de la masse volumique de cristaux par rayons x et la mesure de h effectuée au moyen de la balance du watt n'aura pas été résolue et tant que trois résultats indépendants de mesures des constantes concernées ne seront pas en accord. Il recommande d'élaborer avec grand soin les mises en pratique qui accompagneront les nouvelles définitions des unités.

CCQM Le Comité consultatif pour la quantité de matière accueille favorablement l'opportunité de clarifier le statut de la mole par une nouvelle définition. Il recommande que la grandeur quantité de matière reste une grandeur de base, avec sa dimension propre, et que la mole soit l'unité de base. Bien que le fait de redéfinir la mole en fixant la valeur de N_A signifie que la masse molaire du carbone 12 devient une grandeur déterminée de manière expérimentale accompagnée d'une incertitude, plutôt qu'une grandeur définie exactement, l'incertitude relative ne serait que de $1,4 \times 10^{-9}$, ce qui ne poserait pas de problème pour la métrologie en chimie.

CCT Le Comité consultatif de thermométrie a présenté un rapport sans ambiguïté favorable à la redéfinition du kelvin fondée sur une valeur fixée de la constante de Boltzmann. Bien que ceci n'entraînera pas d'amélioration significative de notre capacité à mesurer la température thermodynamique dans l'immédiat, ceci ouvrira la voie à des améliorations futures liées à l'utilisation de thermomètres primaires incluant déjà la constante de Boltzmann. Ceci irait aussi dans le sens de l'ambition générale d'utiliser des constantes fondamentales comme référence pour nos unités.

Groupe de travail de l'Académie des sciences sur les unités de base et les constantes fondamentales

Le Groupe de travail de l'Académie des sciences sur les unités de base et les constantes fondamentales a non seulement envoyé un rapport écrit, mais de plus cinq membres du groupe étaient présents à la session du CCU en juin 2007, y compris J. Kovalevsky (le président). Le rapport de ce groupe examine les relations entre les différentes constantes, μ_0 , ε_0 , Z_0 , c_0 , h , e , α , K_J , R_K et q_P (la charge de Planck). Le groupe de travail soutient une redéfinition du kilogramme qui fixerait la valeur de h , mais il conseille d'attendre que soit résolue la différence actuelle entre la mesure de N_A fondée sur la masse volumique de cristaux par rayons x et la mesure de h fondée sur la balance du watt. La plus grande partie du rapport et la discussion à la session du CCU concernaient les deux manières possibles de définir les unités électriques. Comme indiqué ci-dessus, il s'agit :

(i) de définir l'ampère en fixant μ_0 , c'est-à-dire la définition actuelle de l'ampère, ce qui équivaut aussi à fixer les valeurs de ε_0 et Z_0 (et de la charge de Planck q_P si h est fixée), en laissant la valeur de e à déterminer de manière expérimentale ;

(ii) de définir l'ampère en fixant e , la charge élémentaire (la charge d'un proton), ce qui équivaut aussi à fixer les valeurs de $2e/h$ (l'expression théorique pour K_J) et de h/e^2 (l'expression théorique pour R_K), en laissant les valeurs de μ_0 , ε_0 , Z_0 et q_P à déterminer de manière expérimentale. (Il faut noter, cependant, que parce que la définition du mètre fixe la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide, il est nécessaire seulement de déterminer une de ces constantes de manière expérimentale – les autres peuvent alors être calculées sans augmenter l'incertitude.)

Le choix (i) accorde une plus grande importance aux propriétés du vide et le choix (ii) aux propriétés de l'électron. Le groupe de travail observe que si l'on accepte les relations $K_J = 2e/h$ et $R_K = h/e^2$, le choix (ii) a l'avantage de donner des valeurs définies exactes aux constantes de Josephson et de von Klitzing. Le groupe de travail prévient toutefois que de petites corrections pourraient être apportées ultérieurement à ces relations.

Le Groupe de travail de l'Académie des sciences sur les unités de base et les constantes fondamentales est divisé quant à la manière de faire le meilleur choix, la majorité des membres préfère l'option (i) qui définit les propriétés du vide plutôt que l'option (ii) qui définit les propriétés de l'électron.

UIPPA Le rapport de l'UIPPA fait la recommandation suivante : le kilogramme, l'ampère, le kelvin et la mole devraient tous être redéfinis pour fixer les valeurs de la constante de Planck h , de la charge élémentaire e ou de l'impédance du vide Z_0 , de la constante de Boltzmann k , et de la constante d'Avogadro N_A , respectivement.

Le rapport examine brièvement une autre possibilité : redéfinir le kilogramme en fonction de la masse d'un nombre déterminé d'atomes de carbone, mais il exprime sa préférence pour une définition qui fixerait la valeur de h .

Le rapport de l'UIPPA observe aussi que :

- Les définitions qui fixent les valeurs des constantes fondamentales appropriées sont suffisantes pour définir les unités ; les autres mots d'explication peuvent avoir une valeur pédagogique pour les définitions, mais ils ne sont pas vraiment nécessaires. Il n'est pas nécessaire non plus de considérer certaines unités comme des unités de base : l'ensemble du système d'unités peut être défini en spécifiant les valeurs de constantes fondamentales bien choisies.

- Les définitions proposées ne présupposent pas l'exactitude des relations $K_J = 2e/h$ et $R_K = h/e^2$. Si des termes de correction s'avéraient nécessaires ultérieurement pour ces relations, les mesures électriques pourraient être modifiées pour en tenir compte.
- Il est suggéré de conserver le prototype actuel du kilogramme comme étalon pratique du SI pour les mesures de masse macroscopiques aussi longtemps qu'il est jugé utile à la communauté des masses.
- Il faut utiliser les valeurs les plus récentes recommandées par la CODATA pour les constantes impliquées dans toutes les nouvelles définitions.
- Le bon moment pour redéfinir le kilogramme est celui où la définition pourra être réalisée à l'aide d'expériences telles que la balance du watt, présentant une incertitude comparable aux incertitudes sur la masse du prototype dues aux dérives dans le temps.
- Il faut poursuivre les efforts afin d'améliorer les expériences qui relient les mesures de masse macroscopiques aux constantes fondamentales.

ISO/TC 12 Le Comité technique 12 de l'ISO a soumis un rapport qui représente principalement les vues du secrétariat. Il soutient la définition de l'ampère qui fixe μ_0 plutôt que e . Il est favorable à la redéfinition du kilogramme fondée sur la masse d'un atome plutôt qu'en fixant la constante de Planck h , et il aimerait adopter un nouveau nom pour le kilogramme qui ne contienne pas le préfixe kilo. Il est favorable à redéfinir la mole en fixant N_A et le kelvin en fixant k .

CEI/TC 25 Le Comité technique 25 de la CEI a établi un groupe de travail sur la redéfinition de l'ampère, qui s'est réuni deux fois l'an passé. Le Comité technique 25 a voté presque à l'unanimité en faveur d'une redéfinition de l'ampère qui fixerait e , la charge élémentaire.

Le CCU a aussi pris acte d'un certain nombre d'autres articles publiés : l'ensemble des documents soumis au CCU lors de sa 18^e session est disponible sur le site Web du CCU en accès restreint dans un fichier ZIP. Notons en particulier les trois articles suivants qui ont été publiés :

- Redefinition of the kilogram, ampere, kelvin and mole : a proposed approach to implementing CIPM Recommendation 1 (CI-2005), par I.M. Mills, P. Mohr, T.J. Quinn, B.N. Taylor et E. Williams, *Metrologia*, 2006, **43**, 227-246 (voir aussi le document de travail CCU/07-10 qui résume l'article de Mills *et al.*).
- Considerations on future redefinitions of the kilogram, the mole and of other units, par P. Becker, P. de Bièvre, K. Fujii, M. Gläser, B. Inglis, H. Lübbig et G. Mana, *Metrologia*, 2007, **44**, 1-14 (voir aussi le document de travail CCU/07-06 qui résume l'article de Becker *et al.*)
- Base units of the SI, fundamental constants and modern quantum physics, par Ch. Bordé, *Phil. Trans. Royal Soc. A*, 2005, **363**, 2177-2201.

Le CCU a aussi reçu d'autres documents intéressants (non publiés) portant les titres suivants :

- Some personal thoughts for the 18th meeting of the CCU, par B.N. Taylor, CCU/07-07 ;
- A few comments on the reform of the SI, par Ch. Bordé, CCU/07-17 ;
- Concise summary of tests of the exactness of the relations for K_J and R_K , par P.J. Mohr, B.N. Taylor et D.B. Newell, CCU/07-08 ;
- Alternative ways of defining the kilogram, ampere, kelvin and mole, par I.M. Mills, CCU/07-09.

Le point de vue du CCU lors de sa 18^e session

Une longue discussion sur les différentes redéfinitions possibles des unités de base du SI a eu lieu lors de la 18^e session du CCU en juin 2007. Elle n'a pas été suivie d'un vote, mais selon le président, le sentiment général peut être décrit comme suit.

Les seules invariants vrais de la nature qui peuvent être utilisés pour définir les unités de base du SI sont les constantes fondamentales de la physique et les propriétés des atomes simples. C'est le sujet de la métrologie quantique, et notre objectif devrait être de définir toutes les unités de base du SI de cette manière.

Bien qu'il soit clairement souhaitable d'adopter des définitions simples et qui soient faciles à comprendre, en particulier pour les non-spécialistes de la physique théorique moderne, la nature même de cette physique est telle que ce n'est pas toujours possible. Ce problème peut dans une certaine mesure être atténué en offrant des mises en pratique simples pour la réalisation de ces définitions, et il est important d'y porter attention. Cependant, les principes fondamentaux de la définition d'une unité de base devraient être clairement distingués de sa réalisation, que l'on peut souvent effectuer d'un grand nombre de façons.

Les principes qui sous-tendent n'importe laquelle des nouvelles définitions d'une unité de base peuvent être résumés en déclarant laquelle des constantes fondamentales est fixée par chaque définition.

Tous les changements aux définitions des unités de base devraient permettre de préserver la continuité des valeurs des constantes concernées, en utilisant les dernières estimations des valeurs des constantes fondamentales de la CODATA au moment où l'on adopte les nouvelles définitions. Ici « continuité » signifie que les mesures effectuées selon les nouvelles définitions doivent être en accord avec celles effectuées selon les anciennes définitions, dans les limites des incertitudes de mesure.

Les mots exacts utilisés pour exprimer la définition d'une unité de base peuvent généralement être formulés de beaucoup de manières différentes pour la même définition. C'est un aspect important de la définition. Même s'il est souhaitable de décider des principes de chaque définition dès que possible, si l'on doit promulguer les nouvelles définitions en 2011 (comme nous en avons discuté lors de notre réunion), les mots employés pour exprimer chaque définition doivent faire l'objet d'un examen attentif et leur choix ne sera pas fait avant 2009 en vue de leur adoption en 2011.

La réunion a décidé à l'unanimité qu'une nouvelle définition du kelvin, l'unité de température thermodynamique, devrait être adoptée, qui fixerait la valeur de la constante de Boltzmann k (ou k_B). Ceci supprimerait la dépendance de la définition actuelle aux propriétés d'un matériau particulier difficile à réaliser (l'eau pure d'une composition isotopique donnée) et la remplacerait par une définition faisant référence à une constante fondamentale. Si ce changement était effectué, k deviendrait une constante de valeur exacte, et la température du point triple de l'eau T_{TPW} deviendrait une grandeur expérimentale. Si ce changement était effectué maintenant, l'incertitude-type relative sur T_{TPW} serait de 0,46 mK. Ceci ne changerait pas de manière significative l'incertitude thermodynamique des mesures de température dans l'Échelle internationale de température de 1990 (EIT-90).

Si l'on doit choisir entre les deux moyens pour définir le kilogramme en fonction d'une constante fondamentale, le CCU considère que la définition fondée sur la masse d'une particule (comme l'atome de carbone 12, qui fixerait la valeur de la constante d'Avogadro N_A) a l'avantage d'être facile à comprendre. Cependant, une définition qui fixe la valeur de la

constante de Planck h est plus étroitement liée à la physique quantique moderne, elle ne dépend pas d'une particule choisie arbitrairement, et elle présente des avantages significatifs pour la métrologie électrique comme discuté ci-dessous. La majorité des participants au CCU est en faveur d'une nouvelle définition du kilogramme qui fixerait la valeur de la constante de Planck h plutôt que celle de la constante d'Avogadro N_A . Les participants ont aussi eu le sentiment qu'il vaudrait mieux ne pas adopter de nouvelle définition du kilogramme tant que la différence actuelle entre les mesures de N_A obtenues à partir de la masse volumique de cristaux par rayons x et les mesures de h fondées sur la balance du watt ne serait pas résolue de façon satisfaisante. Le CCU souhaite encourager d'autres expériences afin de mieux déterminer les valeurs de la constante de Planck et de la constante d'Avogadro.

L'éventuelle difficulté à comprendre une définition du kilogramme qui fixerait h serait contrebalancée par l'accent mis sur l'intention de réaliser la nouvelle définition au moyen d'un ou plusieurs étalons de masse au BIPM, étalon(s) de référence dont les valeurs seraient mesurées de temps en temps par la balance du watt (ou par une autre méthode liée directement à h). Ainsi la coordination étroite actuelle des étalons de masse pratiques serait maintenue dans le monde, mais l'unité de masse serait liée par la nouvelle définition à un invariant de la nature, h , plutôt qu'à un prototype dont on sait que la masse dérive avec le temps. Cependant, rien n'empêchera un laboratoire de faire à tout moment ses propres mesures de masse en utilisant la nouvelle définition, tout comme il réalise directement la seconde ou le mètre à présent.

En ce qui concerne la définition de l'ampère, le choix se pose entre définir l'ampère en fixant la valeur de μ_0 , et donc aussi de ε_0 , Z_0 (et de q_p si h est fixé), si bien qu'il reste à déterminer de manière expérimentale la charge élémentaire e , ou définir l'ampère en fixant e , si bien qu'il reste à déterminer de manière expérimentale les constantes μ_0 , ε_0 , Z_0 ou q_p . Les participants au CCU sont fortement en faveur de la définition fixant la charge élémentaire e . Le CCU pense que définir le kilogramme en fixant h et l'ampère en fixant e aurait de grands avantages pour la métrologie électrique, même s'il est possible que l'on découvre un jour de petits termes de correction aux relations $K_J = 2e/h$ et $R_K = h/e^2$.

En ce qui concerne la définition de la mole, le CCU pense qu'il est important de conserver la *statu quo*, où la « quantité de matière » est considérée comme une grandeur de base avec sa propre dimension et avec la mole comme unité de base correspondante. Le CCU recommande une nouvelle définition de la mole qui fixerait N_A à la place de la définition actuelle qui fixe la masse molaire du carbone 12, $M(^{12}\text{C})$. Ce serait plus simple et donc souhaitable, et ceci aurait l'avantage que la définition de la mole serait indépendante de celle du kilogramme. Le changement signifierait que $M(^{12}\text{C})$ deviendrait une grandeur expérimentale, mais l'incertitude sur sa valeur ne serait que de $1,4 \times 10^{-9}$, et donc trop faible pour avoir un impact sur la métrologie en chimie.

Le CCU ne recommande pas de changement à la définition actuelle de la candela. Toutefois, le CCPR a récemment établi un groupe au sein de son groupe de travail sur la stratégie pour étudier une éventuelle reformulation de la définition de la candela et son impact potentiel sur l'industrie. Cette reformulation fournirait une meilleure cohérence entre les définitions des unités de base en établissant un lien avec la constante de Planck, h . Ceci servirait mieux les besoins des secteurs émergents tels que les technologies fondées sur des effets quantiques.

Résumé

Pour résumer, le CCU conseille d'adopter de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole fixant les valeurs de h , e , k et N_A respectivement. Nous pensons que ces changements ne devraient pas être effectués avant que la différence entre les mesures de N_A à partir de la masse volumique de cristaux par rayons x et celles de h à partir de la balance du watt ne soit résolue de manière satisfaisante. Il serait souhaitable d'effectuer tous ces changements simultanément et nous suggérons de prévoir de les adopter lors de la 24^e réunion de la Conférence générale en 2011. Nous avons l'intention de vous présenter un autre rapport ultérieurement, en suggérant des mots pour ces nouvelles définitions, ainsi que d'éventuelles mises en pratique.

M. Mills conclut ce rapport à la Conférence générale en notant que :

- Le 26 mars 1791 le premier décret initiant la création du système métrique commençait par les termes suivants : « Considérant que, pour parvenir à établir l'uniformité des poids et mesures, il est nécessaire de fixer une unité de mesure naturelle et invariable et que le seul moyen d'étendre cette uniformité aux nations étrangères et de les engager à convenir d'un système de mesure est de choisir une unité qui ne renferme rien d'arbitraire ni de particulier à la situation d'aucun peuple sur le globe... », mais qu'en choisissant la définition de l'unité de longueur, le mètre, fondée sur une seule mesure du méridien de Paris et réalisée par une barre de platine, le mètre des Archives, ce grand dessein n'a pas été complètement atteint à l'époque.
- En 1870, James Clerk Maxwell, dans son discours de président à la British Association for the Advancement of Science a dit : « *If, then, we wish to obtain standards of length, time and mass which shall be absolutely permanent, we must seek them not in the dimensions or the motion or mass of our planet but in the wavelength, the period of vibration and the absolute mass of these imperishable and unalterable and perfectly similar molecules.* » (Si nous souhaitons obtenir des étalons de longueur, de temps et de masse qui soient d'une permanence absolue, nous ne devons pas les chercher dans les dimensions, le mouvement ou la masse de notre planète, mais dans la longueur d'onde, la période de vibration, et la masse absolue de ces molécules impérissables, inaltérables et parfaitement similaires.), mais que la connaissance des sciences et des techniques de l'époque ne permettaient pas de suivre le précepte de Maxwell et ce n'est que quinze ans plus tard que le BIPM adopta les nouveaux étalons du mètre et du kilogramme, des artefacts fabriqués pour faire le pendant du mètre et du kilogramme des Archives.
- Maintenant, à l'aube du 21^e siècle, nous avons la possibilité d'accomplir enfin ce que les fondateurs du système métrique, Talleyrand et Condorcet, et plus tard Maxwell, avaient recherché, c'est-à-dire établir un système d'unités solidement lié aux constantes fondamentales de la nature et qui soit enfin « naturel et invariable » et « qui ne renferme[rait] rien d'arbitraire ni de particulier à la situation d'aucun peuple sur le globe ».

Le CCU espère que le CIPM présentera une proposition à la 24^e réunion de la Conférence générale en 2011 qui exprime toutes ces idées et présente aux États Membres du BIPM un SI bien adapté au 21^e siècle. M. Mills conclut en remerciant Mme Claudine Thomas pour le travail qu'elle effectue en qualité de secrétaire exécutive du CCU.

Le président ouvre la discussion et demande à M. Mills quelles sont les différentes manières de redéfinir les unités de base du SI. En particulier, il souligne l'importance de définir l'ampère en fixant μ_0 plutôt qu'en fixant la charge de l'électron e ; μ_0 étant une propriété du vide, il est plus

fondamental que *e*. Il dit aussi qu'il est important que le CCU travaille à la rédaction exacte des changements proposés aux définitions des unités de base ; il dit qu'au début il était favorable à fixer *e*, mais avec le temps il a changé d'avis. Il est important d'examiner sérieusement les changements fondamentaux proposés.

19 Rapport du Groupe de travail sur la dotation du BIPM

M. Kaarls, président du Groupe de travail sur la dotation du BIPM, avait fait une brève déclaration le jeudi 15 novembre au sujet de la première série de discussions du Groupe de travail. En ce qui concerne le projet de résolution H, il dit que le Groupe de travail a décidé à l'unanimité de ne pas annuler les contributions arriérées des États Membres, mais d'examiner la possibilité d'aider les États Membres ayant des contributions arriérées à rééchelonner leur dette. De plus, le Groupe de travail sur la dotation du BIPM est prêt à examiner une modification de l'article 6 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre, lors de la réunion de la Conférence générale de 2011, afin d'aider à résoudre le problème des contributions arriérées.

Le président du Groupe de travail dit ensuite que lors de la première réunion du Groupe de travail, aucun accord prochain n'a pu être envisagé au sujet de la proposition d'augmentation de 15 % de la dotation du BIPM. Certains membres étaient d'accord pour financer en totalité cette augmentation, mais d'autres étaient réticents pour financer une telle augmentation. Le président du Groupe de travail dit ensuite qu'il est important pour l'avenir du BIPM que le Groupe de travail sur la dotation approuve une augmentation significative de la dotation pour la prochaine période de quatre ans, et il dit finalement que la majorité des délégués participant au Groupe de travail n'était pas favorable à l'installation d'un accélérateur linéaire au BIPM dans le cadre du programme de travail pour les années 2009 à 2012. Le Groupe de travail était cependant prêt à soutenir une modification du projet de résolution C, dans laquelle le CIPM serait invité à présenter diverses options à la CGPM lors de sa prochaine réunion pour répondre aux besoins futurs basés sur un accélérateur linéaire.

Le vendredi 16 novembre, le président du Groupe de travail présente à la Conférence générale les conclusions du second jour de délibérations du Groupe de travail. Il dit qu'aucun accord n'a pu aboutir au sein du Groupe de travail sur la proposition initiale du CIPM d'augmenter de 11 % la dotation du BIPM la première année, à laquelle venait s'ajouter une augmentation annuelle de 4 % pour l'inflation appliquée chaque année de la période de 4 ans. Le président du Groupe de travail dit ensuite que selon les termes de la Convention du Mètre, l'augmentation de la dotation doit être adoptée à l'unanimité par la Conférence générale ou avec des abstentions puisque le vote de la dotation n'est valable que si aucun Etat Membre n'a mis son veto. Compte tenu de cette exigence, le projet de dotation a été revu à la baisse et la discussion s'est poursuivie. Il note que le BIPM risque d'avoir des difficultés à accomplir le programme de travail avec la dotation finale proposée, c'est-à-dire une augmentation initiale de 1,6 % la première année plus 2 % d'augmentation au titre de l'inflation la première année et 2 % au titre de l'inflation pour chacune des trois années suivantes. Le président du Groupe de travail commente qu'en réponse à ce projet de dotation, plusieurs États Membres ont offert d'effectuer des contributions volontaires pour aider le BIPM.

Le président ouvre la discussion.

M. Inglis (Australie) dit qu'une augmentation de 1,6 % de la dotation est totalement insuffisante pour permettre au BIPM de mettre en œuvre le programme de travail, c'est pourquoi l'Australie s'abstiendra lors du vote à venir sur la dotation.

M. Gunn (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord) commente que le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord comprend les nombreux problèmes exprimés par certains États Membres lors des discussions au sein du Groupe de travail sur la dotation du BIPM, mais il demande aux États Membres de trouver des moyens d'aider le BIPM.

Les représentants du Brésil et de l'Égypte expriment leur soutien au BIPM, mais disent qu'ils s'abstiendront lors du vote sur la dotation proposée, parce qu'ils la considèrent insuffisante.

M. Kumar (Inde) commente qu'étant donné le niveau de la dotation proposée, il faudra réduire les programmes du BIPM ; il demande quelles activités actuelles seront poursuivies et lesquelles ne le seront pas. Il suggère ensuite l'idée d'une contribution discrétionnaire supplémentaire à la dotation. Le président du CIPM répond en disant que la contribution discrétionnaire n'a pas été un succès et qu'il faudrait l'éviter.

Le directeur du BIPM dit qu'avec une augmentation initiale de la dotation de seulement 1,6 % la première année, le BIPM ne sera pas capable de mettre en œuvre le programme de travail tel qu'il est prévu actuellement. Le CIPM devra examiner les programmes actuels et ceux proposés et établir des priorités. Il exprime ensuite son amère déception quant aux résultats des discussions au sein du Groupe de travail sur la dotation, compte tenu du soutien que lui-même et le BIPM ont reçu.

M. Jones (Nouvelle-Zélande) dit que peut-être il faudra trouver une nouvelle approche pour décider de la dotation future du BIPM. Peut-être faudrait-il modifier la Convention du Mètre afin d'éviter que quelques États Membres n'opposent leur veto au projet de dotation alors qu'un grand nombre d'États sont prêts à soutenir la dotation proposée. Il dit ensuite que, selon lui, les contributions volontaires ne constituent pas une solution pratique. Le président du Groupe de travail commente qu'il est peut-être temps en effet de penser à modifier la Convention du Mètre.

M. Cruz (Portugal) exprime sa déception au sujet de la dotation proposée. Il demande pourquoi le manque de consensus au sein du Groupe de travail sur la dotation n'est devenu évident qu'à la toute dernière minute. Les représentants des différents États Membres ont fait leur travail auprès de leur Gouvernement respectif, alors pourquoi n'y a-t-il pas eu d'alerte plus tôt au sujet du manque de consensus, étant donné que le projet de dotation du BIPM a été communiqué depuis plusieurs mois ?

M. Louw (Afrique du Sud) commente que l'Afrique du Sud a soutenu une augmentation plus élevée de la dotation proposée. Il dit ensuite que la Résolution finale que les délégués voteront, doit inclure un mécanisme permettant aux États Membres d'effectuer des contributions volontaires au BIPM. Ce point est aussi soulevé par M. Steele (Canada) qui dit que les États Membres ont exprimé beaucoup de bonne volonté concernant le travail du BIPM, et bien que les contributions volontaires ne soient pas une solution idéale pour financer le BIPM, la Résolution finale devra être rédigée de manière à permettre à des États Membres d'effectuer des contributions volontaires.

M. Tanaka (Japon) dit que le Japon était prêt à voter en faveur d'une dotation plus élevée, mais qu'il devrait y avoir un moyen de permettre aux États Membres d'effectuer des contributions volontaires pour soutenir le travail du BIPM. Mme Chung (République de Corée) abonde dans son sens, et dit ensuite que le BIPM devrait utiliser son influence auprès des laboratoires nationaux de métrologie pour les pousser à demander plus de moyens à leur Gouvernement

national. Elle commente aussi qu'une approche plus flexible pour financer le BIPM est nécessaire, ce qui pourrait impliquer de s'éloigner du texte actuel de la Convention du Mètre.

Mme Roberts (États-Unis d'Amérique) commente que bien que chacun veuille aider le BIPM, certains gouvernements ne peuvent effectuer une contribution plus élevée, compte tenu de leurs contraintes fiscales nationales. Il est important d'être réaliste en ce qui concerne le financement, et d'encourager le BIPM à rechercher d'autres sources de revenus.

M. Quinn commente que c'est la troisième réunion de la Conférence générale au cours de laquelle la dotation nécessaire au financement des activités scientifiques et autres du BIPM, considérées par tous comme importantes, n'a pas été votée. Il est fondamental pour l'avenir que le BIPM démontre l'importance de la métrologie internationale et cherche à démontrer lors de la prochaine réunion de la Conférence générale pourquoi il faut soutenir le BIPM. Il mentionne que le BIPM est au cœur du CIPM MRA, et c'est l'avenir. Il n'est pas nécessaire de réécrire la Convention du Mètre ; les États Membres ont la ferme volonté d'aider le BIPM et cette aide doit être bien organisée.

Lorsque le texte révisé du projet de résolution C est présenté, la délégation américaine dit qu'elle opposera son veto à la résolution si l'augmentation de 1,6 % de la dotation est basée sur la dotation majorée de la contribution discrétionnaire supplémentaire de la dotation adoptée pour 2008 par la Conférence générale lors de sa 22^e réunion plutôt que, comme la délégation des États-Unis d'Amérique l'avait supposé, uniquement sur la dotation.

Le président annonce que le Groupe de travail sur la dotation se réunira à nouveau en fin de matinée le vendredi 16 novembre afin de gérer la tournure des événements.

M. Kumar (Inde) demande ce qui se passera si un État Membre oppose son veto au projet de résolution sur la dotation qui sera finalement présenté par le Groupe de travail sur la dotation. Le président répond en disant que le résultat de cette situation pourrait aboutir à convoquer une nouvelle réunion de la CGPM afin d'examiner à nouveau le problème de la dotation du BIPM.

Après une troisième réunion du Groupe de travail sur la dotation, le président du Groupe de travail dit que le Groupe de travail a révisé le projet de résolution C afin d'inclure une contribution discrétionnaire supplémentaire de 4 % de la dotation votée pour 2008. Ainsi, le texte proposé comprend une augmentation de la dotation de 1,6 % en 2009, plus 2 % d'augmentation chaque année pour l'inflation, ainsi qu'une contribution discrétionnaire supplémentaire de 4 % de la dotation votée pour 2008 pour 2009, plus 2 % d'augmentation pour l'inflation pour chacune des 3 années suivantes. Le président du Groupe de travail rappelle aux délégués qu'en cas de veto lors du vote du projet de résolution, la Conférence générale se réunirait à nouveau dans un délai à fixer.

20 Propositions des délégués

Le président demande aux délégués s'ils ont des propositions à soumettre ; il n'y en a pas.

21 Renouvellement par moitié du Comité international

La Convention du Mètre exige de renouveler par moitié les membres du CIPM lors de chaque réunion de la Conférence générale. MM. Carneiro, Érard, McLaren et Sacconi, les quatre membres élus provisoirement depuis la précédente réunion de la Conférence générale figurent en premier sur la liste. Le secrétaire du CIPM, M. Kaarls, fait remarquer aux délégués que lors de la dernière session du CIPM (qui s'est tenue la semaine précédente au siège du BIPM) cinq noms ont été tirés au sort parmi les membres du CIPM : MM. Bennett, Kaarls, Moscati, Semerjian et Valdés, et ces neuf membres seront proposés pour être élus ou réélus par les délégués.

Les bulletins de vote sont ensuite distribués aux délégations, et le membre de la délégation ayant pouvoir de voter dépose le bulletin de son État dans l'urne.

Après le décompte des votes, les quatre membres du CIPM élus provisoirement sont confirmés, à savoir M. Carneiro, M. Érard, M. McLaren et M. Sacconi. De plus, les cinq membres du CIPM réélus sont : M. Bennett, M. Kaarls, M. Moscati, M. Semerjian et M. Valdés.

22 Vote des Résolutions

Projet de résolution A : Initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation reconnus au niveau national

Le texte de ce projet de résolution ne fait l'objet d'aucun changement ; il est adopté à l'unanimité comme Résolution 1, sans discussion.

Projet de résolution B : Au sujet du rapport du Comité international à la Conférence générale sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures (BIPM)

Le texte de ce projet de résolution ne fait l'objet d'aucun changement ; il est adopté à l'unanimité comme Résolution 2, sans discussion.

Projet de résolution C : Dotation du Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour les années 2009 à 2012

Le secrétaire de la CGPM lit le texte final révisé de ce projet de résolution et dit que l'on procédera d'abord à un vote blanc puis au vote officiel. Avant le vote, M. Valdés (Argentine) demande pourquoi les États Membres qui souhaitent effectuer une contribution volontaire au BIPM ne peuvent pas annoncer dès maintenant leur intention de le faire. Le président du CIPM

répond que tous les États ne sont pas actuellement en mesure d'annoncer s'ils pourront effectuer une contribution volontaire. Lors du vote blanc initial, les États-Unis d'Amérique et le Mexique s'abstiennent et tous les autres États Membres approuvent le projet de résolution. Le vote officiel qui suit le vote blanc donne le même résultat. Le projet de résolution C est adopté comme Résolution 3 avec 42 voix pour et deux abstentions (les États-Unis d'Amérique et le Mexique).

Projet de résolution D : Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international des poids et mesures (CIPM) et des autres arrangements connexes pour le commerce

Le texte de ce projet de résolution ne fait l'objet d'aucun changement ; il est adopté à l'unanimité comme Résolution 4, sans discussion.

Projet de résolution E : Sur les États associés à la Conférence générale

Madame Chambon (France) commente que la France souhaite apporter des changements au texte proposé. Le texte révisé est soumis au vote et il est adopté à l'unanimité comme Résolution 5.

Projet de résolution F : Sur l'acceptation des Entités économiques comme Associés à la Conférence générale

M. Kumar (Inde) demande des éclaircissements sur le texte proposé, mais ne demande pas de changement. M. Steele (Canada) demande d'apporter un changement au texte. Le texte révisé fait ensuite l'objet d'un vote et il est adopté à l'unanimité comme Résolution 6.

Projet de résolution G : Sur l'importance de promouvoir les activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre et sur la création d'une catégorie de Correspondant du Bureau international des poids et mesures (BIPM), ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie, afin d'encourager davantage d'États à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir Associés à la Conférence générale

M. Énard (France) critique ce projet de résolution, disant que ce n'est pas une activité essentielle pour le BIPM, et que le BIPM ne dispose pas des ressources nécessaires pour entreprendre ce travail. Il dit que la France s'abstiendra lors du vote du projet de résolution.

M. May (États-Unis d'Amérique) critique aussi ce projet de résolution, disant qu'il existe de meilleurs moyens d'aider les pays en voie de développement à entrer dans le système mondial de mesures.

Le projet de résolution est soumis au vote : le Canada, les États-Unis d'Amérique et la France s'abstiennent, et les 41 autres États Membres soutiennent le projet de résolution qui est adopté comme Résolution 7.

Projet de résolution H : Sur les contributions arriérées des États Membres

Le président du Groupe de travail sur la dotation du BIPM commente que ce projet de résolution révisé a reçu le soutien unanime du Groupe de travail. Le texte révisé est soumis au vote et adopté à l'unanimité comme Résolution 8.

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

Un changement est apporté à la liste des années mentionnée dans le texte de la Résolution qui est adopté à l'unanimité comme Résolution 9, sans autre discussion.

Projet de résolution J : Sur la clarification de la définition du kelvin, unité de température thermodynamique

Le texte de ce projet de résolution ne fait l'objet d'aucun changement ; il est adopté à l'unanimité comme Résolution 10, sans discussion.

Projet de résolution K : Sur l'importance des mesures traçables au Système international d'unités (SI) pour l'observation du changement climatique

Le texte de ce projet de résolution ne fait l'objet d'aucun changement ; il est adopté à l'unanimité comme Résolution 11, sans discussion.

Projet de résolution L : Sur l'éventuelle redéfinition de certaines unités de base du Système international d'unités (SI)

Le texte de ce projet de résolution ne fait l'objet d'aucun changement ; il est adopté à l'unanimité comme Résolution 12, sans discussion. Après le vote, M. Thor (Suède) accueille chaleureusement la possibilité de choisir parmi les propositions de nouvelles définitions des unités de base du SI, et dit ensuite qu'il a un nouveau nom à suggérer pour le kilogramme.

Le texte des Résolutions figure aux pages 161-175.

23 Questions diverses

Aucun autre point n'est abordé.

24 Clôture de la 23^e réunion de la CGPM

Le président de la Conférence clôt la 23^e réunion de la Conférence générale en exprimant le plaisir qu'il a eu à en être le président et il remercie M. Göbel, président du CIPM, M. Kaarls, secrétaire de la CGPM, et M. Wallard, directeur du BIPM. Il félicite ensuite le futur directeur adjoint – directeur désigné du BIPM, M. Kühne, et exprime toute sa reconnaissance au personnel du BIPM pour sa contribution à la 23^e réunion de la Conférence générale, et au ministère français des Affaires étrangères pour avoir hébergé la Conférence.

Le directeur du BIPM remercie le président, M. Bordé, d'avoir assuré la présidence de la 23^e réunion de la Conférence générale ; il remercie les membres du Groupe de travail sur la dotation du BIPM pour leur travail acharné et le personnel du BIPM de ses efforts.

**Résolutions adoptées par la
Conférence générale lors
de sa 23^e réunion (2007)**

■ **Initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation au niveau national**

Résolution 1

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

prenant acte de l'initiative prise par le Comité international des poids et mesures (CIPM) et par l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) afin de répondre aux préoccupations exprimées dans la Résolution 11 de la 22^e Conférence générale sur l'importance d'une collaboration technique étroite entre les personnels des laboratoires nationaux de métrologie et ceux des organismes d'accréditation reconnus au niveau national,

accueille favorablement

la déclaration commune au CIPM et à l'ILAC sur le rôle et les responsabilités des laboratoires nationaux de métrologie et des organismes d'accréditation reconnus au niveau national,

les réunions régulières qui ont lieu aux niveaux international, régional et national afin de renforcer ces relations,

le travail effectué par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) et par l'ILAC pour identifier les domaines de collaboration entre les deux organisations, afin de renforcer l'intégrité des mesures et leur traçabilité dans le monde, au bénéfice des utilisateurs du système de métrologie mondial,

recommande aux États membres de prendre acte de cette déclaration commune et de l'adapter à leur situation nationale,

invite le BIPM et l'ILAC à poursuivre plus avant les initiatives pour développer leur collaboration et un dialogue régulier.

■ **Au sujet du rapport du Comité international à la Conférence générale sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures (BIPM)**

Résolution 2

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

la Résolution 5 de la 22^e Conférence générale, qui a pris acte du rapport sur les besoins à long terme dans le domaine de la métrologie et qui a invité le Comité international à suivre de près les demandes croissantes faites aux laboratoires nationaux de métrologie et au BIPM en ce qui concerne l'évolution des besoins,

la demande exprimée par la 22^e Conférence générale au Comité international de présenter un rapport à la 23^e Conférence générale traitant du bien-fondé de la réponse du BIPM à ces besoins et des implications éventuelles d'ordre financier, ainsi que sur le programme de travail du BIPM pour répondre à ces besoins internationaux, et d'actualiser le rapport de 2003,

note

- le besoin croissant de disposer de meilleurs étalons de mesure, d'adopter des concepts métrologiques dans de nouveaux domaines et d'augmenter les ressources aux niveaux national et international afin de faire face à ces besoins,
- l'importance de la métrologie pour le commerce, l'innovation et les nouvelles technologies,
- les initiatives prises par le BIPM et les Comités consultatifs du Comité international afin d'établir des relations et des collaborations avec un nombre croissant d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux ayant des responsabilités dans des domaines tels que l'environnement, le changement climatique, la santé, l'alimentation, le secteur pharmaceutique et la médecine légale,
- que ces collaborations ont eu pour conséquence de faire croître l'impact et l'influence des activités scientifiques et techniques menées sous les auspices de la Convention du Mètre,

accueil favorablement

- la mise à jour du « Rapport du Comité international sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures » présenté à la 23^e Conférence générale,
- les initiatives prises par le Comité international pour traiter des questions concernant la traçabilité en métrologie des matériaux,
- les propositions de répondre à certains de ces nouveaux besoins dans le programme de travail du BIPM,

remercier les nombreuses organisations et personnes qui ont contribué au rapport du Comité international,

invite

- le Comité international, les États membres et les laboratoires nationaux de métrologie à soutenir les initiatives prises pour intensifier l'impact des concepts tels que la traçabilité au Système international d'unités (SI) et l'incertitude des mesures dans le plus grand nombre possible de domaines d'activités économiques et sociales,
- le Comité international à identifier les plus hautes priorités afin d'améliorer les mesures dans des domaines tels que la nanotechnologie, les sciences biologiques, la médecine, l'alimentation et l'environnement, et à préparer des propositions d'activités à mettre en œuvre par le BIPM au niveau international,
- les laboratoires nationaux de métrologie à suivre l'évolution des besoins et à prendre acte des activités de liaison et des autres actions du BIPM aux niveaux intergouvernemental et international pour étendre les collaborations nécessaires afin de les poursuivre au niveau national,
- le Comité international à présenter un rapport à la prochaine Conférence générale sur l'adéquation de la réponse du BIPM à ces besoins, à examiner leurs implications pour la coordination et les travaux de laboratoire du BIPM et à présenter, si nécessaire, des propositions à la 24^e Conférence générale concernant le programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016,
- le Comité international à continuer à présenter un rapport sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie aux prochaines Conférences générales.

■ **Dotation du Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour les années 2009 à 2012**

Résolution 3

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- l'importance croissante du travail du Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour faciliter le commerce international et l'innovation dans le secteur industriel, pour l'appréciation du changement climatique, de la santé humaine, de la teneur nutritionnelle et de la sécurité alimentaire dans tous les États membres,
- le fait que le BIPM est reconnu comme un organisme expert sur le plan scientifique, qui répond aux besoins des États membres,
- les responsabilités élargies contenues dans le programme de travail pour les années 2005 à 2008, qui le seront encore plus dans le projet de programme de travail pour les années 2009 à 2012,
- l'amélioration de l'efficacité et de l'efficience du personnel du BIPM et l'adoption continue par le BIPM des meilleures pratiques de gestion,
- la difficulté dans laquelle se trouve le BIPM, pour des raisons financières, de recruter le nombre nécessaire de membres du personnel pour accomplir les objectifs du programme présenté aux États membres,
- les initiatives prises par le BIPM pour attirer un plus grand nombre de personnel travaillant dans le cadre d'accords de détachement, d'engagements de durée déterminée ou de courte durée,
- que les réserves financières du BIPM doivent atteindre un niveau lui permettant de fonctionner avec une sécurité financière suffisante dans un monde en mutation,
- l'impact global sur le budget du BIPM des précédentes décisions, financières et autres, de la Conférence générale,

remercie les États membres et leurs laboratoires nationaux de métrologie qui ont soutenu les activités du BIPM au moyen de diverses contributions volontaires,

note que certains États membres et laboratoires nationaux de métrologie ont déjà exprimé leur ferme intention d'effectuer des contributions volontaires afin de soutenir le programme de travail du BIPM,

prie instamment les laboratoires nationaux de métrologie de poursuivre leur soutien volontaire du BIPM, de toute nature, à un niveau au moins égal à celui de leurs contributions pour les années 2005 à 2008,

et prie instamment les États membres, ainsi que les organisations internationales, les organismes privés et les fondations d'apporter également un soutien financier volontaire supplémentaire ou tout autre soutien au BIPM,

invite le Comité international à présenter, à la 24^e Conférence générale, diverses possibilités pour faire face aux besoins en matière de comparaisons et d'étalonnages en dosimétrie, au moyen d'un accélérateur linéaire,

décide que la partie fixe de la dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures sera augmentée de telle façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire (définie à l'article 6, 1921, du Règlement annexé à la Convention du Mètre (1875)) soit, pour les États parties à la Convention du Mètre à l'époque de la 23^e Conférence porté à

10 540 000 euros en 2009

10 751 000 euros en 2010

10 966 000 euros en 2011

11 185 000 euros en 2012,

et décide de soutenir la charge de travail croissante du BIPM par une contribution discrétionnaire supplémentaire de

407 000 euros en 2009

415 000 euros en 2010

423 000 euros en 2011

431 000 euros en 2012,

demande aux États membres de déclarer au BIPM, dès que possible, leur intention de payer leur part de cette contribution discrétionnaire,

et demande au directeur et au Comité international de fixer des priorités pour les activités proposées dans le programme de travail, au vu de la dotation approuvée par la Conférence générale.

■ **Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international des poids et mesures (CIPM) et des autres arrangements connexes pour le commerce**

Résolution 4

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- qu'il est nécessaire, pour faciliter les échanges commerciaux, de réduire ou d'éliminer les obstacles potentiels résultant d'un manque d'équivalence des réalisations nationales des unités du Système international d'unités,
- que l'Arrangement du Comité international des poids et mesures, l'Arrangement de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) et l'Arrangement d'acceptation mutuelle de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) se complètent mutuellement et fournissent la base d'un système international uniforme dans le domaine de la métrologie,
- le rôle du Comité sur les obstacles techniques au commerce de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) et les avantages mutuels qui pourraient résulter d'une action commune sur les questions de traçabilité,

prend acte et accueille favorablement

- les initiatives prises par le Comité international afin de répondre à la Résolution 6 de la 22^e Conférence générale sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM,
- la signature par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) d'un communiqué commun afin de promouvoir l'utilisation de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, de l'Arrangement d'acceptation mutuelle de l'OIML et de l'Arrangement de l'ILAC, élaboré par ces trois organisations et transmis aux organisations intergouvernementales, aux organismes internationaux et aux organismes dont les travaux sont influencés par ces Arrangements,
- les réponses positives reçues d'un certain nombre d'organismes auxquels le communiqué commun a été envoyé,

et considérant que la demande faite il y a plusieurs années par le BIPM d'obtenir le statut d'observateur au Comité sur les obstacles techniques au commerce de l'OMC n'a toujours pas reçu de réponse favorable,

demande à tous les États membres de s'attaquer dès que possible à tout ce qui fait obstacle à l'acceptation de cette demande du BIPM.

■ Sur les États associés à la Conférence générale**Résolution 5**

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- la Résolution 3 de la 21^e Conférence générale,
- que le statut d'État associé peut constituer une première étape avant d'adhérer à la Convention du Mètre,
- les avantages techniques et économiques dont bénéficient les Associés,
- le niveau de souscription financière des Associés relatif à ces activités et ces avantages,
- le coût croissant pour les États membres de la participation des Associés à l'Arrangement du CIPM et à certaines activités des Comités consultatifs,

invite le Comité international à établir des critères lui permettant d'examiner s'il est approprié qu'un Associé devienne État membre et à présenter un rapport à la 24^e Conférence générale sur toute modification des conditions applicables au statut d'Associé,

décide

- que le Comité international examinera la situation de chaque État associé cinq ans après qu'il sera devenu Associé, en vue de l'encourager à adhérer à la Convention du Mètre,
- 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, et
- qu'un État Associé qui adhère à la Convention du Mètre devra s'acquitter d'une contribution d'adhésion, de laquelle les souscriptions qu'il aura acquittées en qualité d'Associé à la Conférence générale seront déduites, pour un montant maximum correspondant à cinq ans de souscriptions.

■ Sur l'acceptation d'entités économiques comme Associé à la Conférence générale**Résolution 6**

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- la Résolution 3 de la 21^e Conférence générale,
- les discussions à la 22^e Conférence générale concernant l'admission de coopérations économiques régionales officielles comme Associé à la Conférence générale, en qualité d'entités économiques,
- que le statut d'Associé a été accordé à une telle entité économique,
- le souhait que soient établis des critères permettant l'examen des demandes de ce type,

décide

- que le Comité international établira les critères d'appréciation des futures demandes des entités économiques pour devenir Associé à la Conférence générale et soumettra ces critères à la prochaine Conférence générale pour approbation,
- qu'aucune autre entité économique ne pourra devenir Associé à la Conférence générale avant que ces critères n'aient été approuvés par la Conférence générale.

■ **Sur l'importance de promouvoir les activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre afin d'encourager davantage d'États à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir Associés à la Conférence générale**

Résolution 7

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- qu'en 1999, à sa 21^e session, la Conférence générale a créé une catégorie d'Associé à la Conférence générale pour les États qui n'avaient pas adhéré à la Convention du Mètre et pour certaines entités économiques, afin de faciliter la participation à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (le MRA du CIPM) des pays qui pourraient, dans un premier temps, avoir des difficultés pour allouer les fonds suffisants pour adhérer à la Convention du Mètre,
- le nombre croissant de pays en voie de développement ou en transition devenus Associés à la Conférence générale,
- qu'il est dans l'intérêt de tous les États et entités économiques d'établir des relations, par le biais de leur laboratoire national de métrologie, lequel joue un rôle de coordination, avec le système de mesure mondial organisé et coordonné sous les auspices de la Convention du Mètre,
- qu'il subsiste cependant un grand nombre d'États qui ont des difficultés à accomplir les formalités et à payer la souscription demandée pour devenir Associé,
- qu'il est dans l'intérêt de tous les États et entités économiques de réduire ou de supprimer les obstacles techniques au commerce en devenant signataires de l'Arrangement du CIPM,
- que les États membres souhaitent créer un moyen simple, global et économique d'établir ces relations et d'encourager ces États à devenir État membre ou Associé à la Conférence générale,

rappelant la Résolution 4 de la 22^e Conférence générale sur la valeur et les avantages de la Convention du Mètre pour les États membres et les Associés à la Conférence générale, Résolution qui invite aussi les États membres à promouvoir l'augmentation du nombre des membres et des Associés,

accueille favorablement le travail effectué par les organisations régionales de métrologie afin de promouvoir auprès de leurs membres l'adhésion à la Convention du Mètre et le statut d'Associé à la Conférence générale,

décide

- que le Bureau international doit entreprendre des activités de portée limitée auprès des laboratoires nationaux de métrologie des États en voie de développement et en transition afin d'attirer leur attention sur les avantages à devenir État membre ou Associé à la Conférence générale,
- que le Bureau international doit établir une politique, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie des États qui n'ont pas adhéré à la Convention du Mètre et qui ne sont pas Associés à la Conférence générale, afin de leur donner accès aux informations concernant les activités du BIPM et leur permettre de participer aux séminaires et aux réunions décidées, organisées ou subventionnées par le BIPM qui leur sont dédiées et qui traitent de sujets tels que la reconnaissance internationale des infrastructures métrologiques nationales, et d'encourager ces États et leurs laboratoires nationaux de métrologie à participer aux organisations régionales de métrologie,
- qu'un laboratoire national de métrologie qui souhaiterait profiter de cette politique peut en faire la demande au directeur du BIPM,
- qu'un tel laboratoire national de métrologie sera encouragé à œuvrer auprès des autorités compétentes de son État pour que ce dernier adhère à la Convention du Mètre ou qu'il adopte le statut d'Associé à la Conférence générale.

■ Sur les contributions arriérées des États membres

Résolution 8

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

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. »

et l'article 11 de la Convention du Mètre, selon lequel:

«11. Les Gouvernements qui useraient de la faculté, réservée à tout État, d'accéder à la présente Convention, seront tenus d'acquitter une contribution dont le montant sera déterminé par le Comité sur les bases établies à l'article 9, et qui sera affectée à l'amélioration du matériel scientifique du Bureau. »

considérant

- l'importance du travail accompli par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) et les services qu'il rend aux États membres,
- l'absolue nécessité que les contributions des États membres 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 le fonctionnement quotidien du BIPM,
- la nécessité de définir le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion,

invite les États membres qui n'ont pas exécuté leurs obligations financières à acquitter leurs contributions arriérées restant dues,

décide que

- lorsqu'un État membre ne s'est pas acquitté de six années de contributions, le Comité international des poids et mesures (CIPM) adresse à l'État débiteur une notification officielle l'invitant à exécuter ses obligations financières et lui rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion. Une telle notification est adressée au plus tard neuf mois avant la session suivante de la Conférence générale,
- le CIPM peut conclure un accord de rééchelonnement avec l'État débiteur pour le paiement de ses contributions arriérées,
- si, après la notification mentionnée ci-dessus, un État membre persiste à ne pas exécuter ses obligations financières ou n'exécute pas ses obligations conformément à l'accord conclu avec le CIPM, le CIPM recommande à la Conférence générale de prendre une décision

quant à l'exclusion de cet État membre, conformément à l'article 6 alinéa 8 du Règlement annexé à la Convention du Mètre,

- l'exclusion est notifiée par la Conférence générale à l'État membre, par l'intermédiaire du ministère des Affaires étrangères de la République française, qui en informe en conséquence tous les États membres,
- un État membre exclu ne peut 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, cet État membre doit acquitter une contribution d'adhésion dont le montant est égal à sa première année de contribution,
- 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.

■ **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 9

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- les progrès rapides et les améliorations importantes des performances des étalons optiques de fréquence,
- que les techniques des peignes à impulsions femtosecondes sont maintenant couramment utilisées pour relier les radiations optiques et micro-ondes dans un même lieu,
- que les laboratoires nationaux de métrologie travaillent à des techniques de comparaison d'étalons optiques de fréquence sur de courtes distances,
- que des techniques de comparaison à distance doivent être élaborées au niveau international afin de pouvoir comparer les étalons optiques de fréquence,

accueille favorablement

- les activités du Groupe de travail commun au Comité consultatif des longueurs et au Comité consultatif du temps et des fréquences pour examiner les fréquences des représentations de la seconde fondées sur des fréquences optiques,
- les ajouts à la mise en pratique de la définition du mètre des radiations recommandées approuvées par le Comité international des poids et mesures en 2002, 2003, 2005, 2006 et 2007,
- l'initiative prise par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) de s'interroger sur le moyen de comparer les étalons optiques de fréquence,

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 œuvre à la coordination d'un projet international auquel participeraient les laboratoires nationaux de métrologie, projet orienté vers l'étude des techniques qui pourraient servir à comparer les étalons optiques de fréquence.

■ **Sur la clarification de la définition du kelvin, unité de température thermodynamique**

Résolution 10

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- que le kelvin, l'unité de température thermodynamique, est défini par la fraction $1/273,16$ de la température thermodynamique du point triple de l'eau,
- que la température du point triple de l'eau dépend des abondances relatives des isotopes de l'hydrogène et de l'oxygène présents dans l'échantillon d'eau utilisé,
- que cet effet est maintenant l'une des sources majeures d'écarts observés entre les différentes réalisations du point triple de l'eau,

prend acte de, et accueille favorablement, la décision du Comité international en octobre 2005, sur l'avis du Comité consultatif de thermométrie, selon laquelle

- la définition du kelvin se réfère à une eau de composition isotopique spécifiée,
- cette composition isotopique de l'eau est la suivante:

0,000 155 76 mole de ^2H par mole de ^1H ,
0,000 379 9 mole de ^{17}O par mole de ^{16}O , et
0,002 005 2 mole de ^{18}O par mole de ^{16}O ,

cette composition étant celle du matériau de référence de l'Agence internationale de l'énergie atomique « Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) », recommandée par l'Union internationale de chimie pure et appliquée dans « Atomic Weights of the Elements: Review 2000 »,

- cette composition est définie dans une note attachée à la définition du kelvin dans la Brochure sur le Système international d'unités de la manière suivante:

« Cette définition se réfère à l'eau de composition isotopique définie par les rapports de quantité de matière suivants: 0,000 155 76 mole de ^2H par mole de ^1H , 0,000 379 9 mole de ^{17}O par mole de ^{16}O et 0,002 005 2 mole de ^{18}O par mole de ^{16}O ».

■ **Sur l'importance des mesures traçables au Système international d'unités (SI) pour l'observation du changement climatique**

Résolution 11

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

rappelant la Résolution 4 de la 21^e Conférence générale des poids et mesures (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,

considérant

- l'augmentation du nombre d'initiatives prises au niveau international et national pour faire face aux défis et aux implications du changement climatique dans le monde,
- les arrangements de travail entre le Comité international et l'Organisation météorologique mondiale (OMM),
- l'importance croissante des mesures des rayonnements optiques et des mesures physico-chimiques de l'air, au niveau du sol et en altitude, ainsi que des mesures physico-chimiques de l'eau des océans, qui confortent les recherches pour comprendre les causes et l'impact du changement climatique,
- l'importance de fonder les mesures à long terme relatives au changement climatique sur les références stables du SI,

accueille favorablement le projet de conférence internationale organisée par le BIPM et par l'OMM sur l'importance croissante du rôle de la métrologie dans les études du changement climatique global,

recommande aux organismes concernés de prendre des dispositions pour s'assurer que toutes les mesures utilisées pour effectuer des observations susceptibles d'être utilisées pour des études sur le climat soient entièrement traçables aux unités du SI,

et recommande aux organismes de financement appropriés de soutenir la mise en œuvre de techniques qui pourraient permettre d'élaborer une série d'étalons radiométriques et d'instruments assurant la traçabilité au SI pour établir cette traçabilité dans les mesures terrestres et spatiales.

■ Sur l'éventuelle redéfinition de certaines unités de base du Système international d'unités (SI)

Résolution 12

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- que les laboratoires nationaux de métrologie et le Bureau international des poids et mesures (BIPM) ont consacré des efforts considérables depuis de nombreuses années en vue de promouvoir et d'améliorer le Système international d'unités (SI), en repoussant les limites de la métrologie, afin de définir les unités de base du SI en fonction de constantes de la nature – les constantes physiques fondamentales,
- 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 (2^e CGPM, 1889 et 3^e CGPM, 1901), et que les définitions de l'ampère, de la mole et de la candela dépendent du kilogramme,
- que la 21^e Conférence générale a adopté en 1999 la Résolution 7, laquelle recommandait 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 réalisés ces dernières années pour relier la masse du prototype international à la constante de Planck, h , et à la constante d'Avogadro, N_A ,
- les initiatives prises pour déterminer la valeur d'un certain nombre de constantes fondamentales, y compris celle de la constante de Boltzmann k_B ,
- que des implications significatives et des avantages potentiels découlent de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole, suite aux progrès récents accomplis,
- la Recommandation 1 (CI-2005) du Comité international adoptée lors de sa session d'octobre 2005 et diverses recommandations des Comités consultatifs sur la redéfinition d'une ou plusieurs unités de base du SI,

notant

- que les changements dans les définitions des unités du SI doivent être cohérents,
- que les définitions des unités de base du SI doivent être faciles à comprendre,
- le travail effectué par le Comité international et par ses Comités consultatifs,
- la nécessité de contrôler les résultats des expériences,
- l'importance de solliciter les commentaires et les contributions de la vaste communauté des scientifiques et des utilisateurs,
- la décision du Comité international en 2005 d'approuver, en principe, la préparation de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et la possibilité de redéfinir la mole,

recommande que les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM

- poursuivent les expériences appropriées afin que le Comité international puisse juger s'il est possible ou non de redéfinir le kilogramme, l'ampère, le kelvin et la mole en utilisant des

valeurs fixées pour certaines constantes fondamentales lors de la 24^e Conférence générale en 2011,

- réfléchissent, en collaboration avec le Comité international, ses Comités consultatifs et les groupes de travail concernés, aux moyens pratiques de réaliser les nouvelles définitions fondées sur des valeurs fixées de constantes fondamentales, préparent une mise en pratique de chacune d'elles, et examinent quel est le moyen le plus approprié pour expliquer les nouvelles définitions aux utilisateurs,
- suscitent des campagnes de sensibilisation pour alerter les communautés d'utilisateurs sur l'éventualité de nouvelles définitions afin que leurs implications techniques et juridiques, ainsi que leurs réalisations pratiques, soient discutées et examinées avec soin,

et **demande** au Comité international de présenter un rapport à ce sujet à la 24^e Conférence générale en 2011 et d'entreprendre tous les préparatifs qu'il considère comme nécessaires de manière à ce que, si les résultats des expériences sont jugés convenables et les besoins des utilisateurs satisfaits, il puisse être officiellement proposé à la 24^e Conférence générale d'approuver de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole.

Annexe A

Convocation de la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures

La Vingt-troisième réunion de la Conférence générale des poids et mesures est convoquée pour

le lundi 12 novembre 2007 à 10 h 00

au Centre de conférences internationales, 19 avenue Kléber, Paris 16^e.

Constitution de la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures

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 23^e réunion de la Conférence générale

Toutes les séances se tiendront au

**Centre de conférences internationales
19, avenue Kléber, Paris 16^e**

dans une salle gracieusement mise à disposition par le ministère des Affaires étrangères de la République française avec traduction simultanée en français et en anglais.

Première séance,	lundi	12 novembre 2007	à 10 h 00
Deuxième séance,	lundi	12 novembre 2007	à 15 h 00
Troisième séance,	mardi	13 novembre 2007	à 09 h 30
Quatrième séance,	jeudi	15 novembre 2007	à 09 h 30
Cinquième séance,	vendredi	16 novembre 2007	à 09 h 30
Sixième séance,	vendredi	16 novembre 2007	à 15 h 00

Une réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie des États membres aura lieu le mercredi 14 novembre à 09 h 30 au Bureau international ; elle sera suivie d'une visite des laboratoires du Bureau international et d'une réception au Pavillon de Breteuil. La réunion des directeurs ne fait pas partie de la Conférence générale ; elle sera présidée par le président du Comité international.

Le Groupe de travail de la Conférence générale sur la dotation du Bureau international se réunira le mardi 13 novembre à 15 h 00 et, si nécessaire, le jeudi 15 novembre à 15 h 00, au Centre de conférences internationales.

Il est probable que la plupart des points principaux de l'ordre du jour jusqu'au point 10 compris seront traités au cours de la première séance ; la deuxième séance sera consacrée principalement aux points 11, 12 et 13. La troisième séance concernera les points 14, 15, 16 et 17 et se terminera par l'examen d'un certain nombre de rapports de Comités consultatifs (point 18). La quatrième séance sera consacrée à poursuivre l'examen des rapports de Comités consultatifs (point 18) et au rapport préliminaire du Groupe de travail sur la dotation, afin que ce groupe puisse poursuivre 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 restants à l'ordre du jour.

Ordre du jour provisoire de la 23^e réunion de la Conférence générale

- 1 Ouverture de la Conférence générale.
- 2 Discours de Son Excellence M. le Ministre des Affaires étrangères 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 Comité international des poids et mesures sur les travaux accomplis depuis la Vingt-deuxième réunion de la Conférence générale.
- 10 Rapport sur les relations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux :
 - 10.1 Rapports sur les relations avec des organismes et organisations, notamment 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 d'accréditation reconnus au niveau national.
- 11 Rapport du Comité international sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures.
- 12 Programme de travail du Bureau international et implications financières :
 - 12.1 Programme de travail du Bureau international ;
 - 12.2 Dotation annuelle du Bureau international.
- 13 Désignation des membres du Groupe de travail sur la dotation du Bureau international.
- 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 l'incitation des États associés à la Conférence générale à adhérer à la Convention du Mètre ;
 - 15.2 Sur l'acceptation des entités économiques comme Associés à la Conférence générale.
- 16 Proposition de créer une catégorie de Correspondant du Bureau international, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie.
- 17 Contributions arriérées des États membres.
- 18 Rapports des présidents des Comités consultatifs :
 - 18.1 Comité consultatif des longueurs ;
 - 18.2 Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées ;
 - 18.3 Comité consultatif du temps et des fréquences ;
 - 18.4 Comité consultatif d'électricité et magnétisme ;
 - 18.5 Comité consultatif de thermométrie ;
 - 18.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie ;
 - 18.7 Comité consultatif des rayonnements ionisants ;

- 18.8 Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie ;
- 18.9 Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations ;
- 18.10 Comité consultatif des unités.
- 19 Propositions des Délégués.
- 20 Renouvellement par moitié du Comité international.
- 21 Votes des Résolutions.
- 22 Questions diverses.
- 23 Clôture de la Conférence générale.

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 Conférence générale, après clôture de toutes les discussions.

1 Ouverture de la Conférence générale

La 23^e réunion de la Conférence générale se tient quatre ans après la précédente, périodicité maintenant bien établie. Elle correspond à un intervalle de temps suffisamment court pour permettre aux États membres de faire le point sur les activités importantes menées sous l'égide de la Convention, 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 Conférence générale, il est souhaitable que la composition de chaque délégation soit communiquée au Bureau international au plus tard quinze jours avant l'ouverture de la Conférence générale.

À leur arrivée, les Délégués accrédités à voter seront priés de présenter les titres remis par les autorités compétentes de leur gouvernement.

9 Rapport de M. le Président du Comité international des poids et mesures

L'article 19 du Règlement annexé à la Convention du Mètre stipule que « Le Président du Comité international rendra compte à la Conférence générale des travaux accomplis depuis l'époque de sa dernière réunion ».

Le rapport du Président sera distribué pendant la réunion. Parmi les points importants, le Président présentera :

- les réalisations et le travail du Bureau international depuis la précédente Conférence générale ;
- les effets de la fermeture de la section de photométrie et radiométrie et de la section des longueurs du BIPM ;
- les autres conséquences de la décision prise, notamment par les deux dernières Conférences générales, d'approuver le programme de travail du BIPM sans lui allouer les moyens financiers nécessaires pour le réaliser entièrement ;
- le suivi des Résolutions adoptées par la 22^e réunion de la Conférence générale, en particulier de la Résolution 6 sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance

mutuelle du Comité international (l'Arrangement du CIPM), de la Résolution 9 sur les exigences pour le transport transfrontalier d'étalons de mesure, d'équipements métrologiques et de matériaux de référence, de la Résolution 10 sur le symbole du séparateur décimal, et de la Résolution 11 sur les relations entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation reconnus au niveau national ;

- les collaborations avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux ;
- la situation actuelle de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, y compris son impact scientifique et économique, ainsi que la nécessité de le promouvoir davantage auprès des agences de réglementation, des législateurs et des autres bénéficiaires potentiels ;
- l'état actuel du Système international d'unités (SI) et les propositions de redéfinitions éventuelles, à l'avenir, d'un certain nombre d'unités de base, comme indiqué dans le projet de résolution L ;
- les besoins en métrologie qui résultent des innovations et des progrès dans les domaines de la physique et des techniques, ainsi que des exigences de nouveaux domaines d'application comme la médecine de laboratoire, l'environnement, l'alimentation et d'autres domaines d'activités scientifiques, économiques et sociales, fondés sur la physique et la chimie. 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 », auquel il est fait référence dans le projet de résolution B, et qui sera présenté pendant la Conférence générale, est une actualisation du rapport présenté à la 22^e réunion de la Conférence générale ;
- le nombre d'États ayant adhéré à la Convention du Mètre et d'Associés à la Conférence générale au 1^{er} janvier 2007, respectivement cinquante et un et vingt-deux ;
- les questions relatives aux contributions arriérées des États membres. Le Comité international a examiné avec soin la situation actuelle : plusieurs États ont des contributions arriérées substantielles, ce qui pourrait les empêcher de participer à l'avenir aux activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre. Le Comité international a préparé le projet de résolution H à ce sujet ;
- la proposition du Comité international, exposée dans le projet de résolution G, de créer, pour les laboratoires nationaux de métrologie, une catégorie de « Correspondant du Bureau international » afin de rendre plus visibles les activités du BIPM et d'encourager les pays en voie de développement à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir Associés à la Conférence générale et les entités économiques à devenir Associés à la Conférence générale.

Les activités des Comités consultatifs du CIPM seront présentées au point 18 de l'ordre du jour.

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

Au cours de ces dernières années, il y a eu une tendance à séparer les laboratoires nationaux de métrologie des organismes d'accréditation reconnus au niveau national, en raison de conflits d'intérêts potentiels. De plus, la norme internationale ISO 17011 (Évaluation de la conformité – Exigences générales pour les organes d'accréditation procédant à l'accréditation des organes d'évaluation de la conformité) a défini certaines précautions nécessaires pour renforcer la confiance au niveau national. Il est clair toutefois que ces deux types d'organismes doivent

travailler ensemble et échanger les informations nécessaires pour assurer un fonctionnement efficace des systèmes métrologiques nationaux. Le Comité international et l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) sont tous deux convaincus de la valeur et de l'importance de cette relation et ont donc préparé une déclaration commune sur le rôle et les responsabilités des laboratoires nationaux de métrologie et des organismes d'accréditation reconnus au niveau national. Cette déclaration commune a été largement diffusée à partir de janvier 2006. Le Bureau international et l'ILAC organisent aussi des réunions annuelles rassemblant les organisations régionales de métrologie et les organismes d'accréditation reconnus au niveau national afin de discuter de questions d'intérêt commun. Ces réunions complètent la collaboration entre le Bureau international et l'ILAC au niveau international et encouragent le dialogue et les collaborations au niveau national.

■ **Initiatives prises pour renforcer la collaboration entre les laboratoires nationaux de métrologie et les organismes d'accréditation reconnus au niveau national**

Projet de résolution A

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

prenant acte de l'initiative prise par le Comité international des poids et mesures (CIPM) et par l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) afin de répondre aux préoccupations exprimées dans la Résolution 11 de la 22^e Conférence générale sur l'importance d'une collaboration technique étroite entre les personnels des laboratoires nationaux de métrologie et ceux des organismes d'accréditation reconnus au niveau national,

accueille favorablement

- la déclaration commune au CIPM et à l'ILAC sur le rôle et les responsabilités des laboratoires nationaux de métrologie et des organismes d'accréditation reconnus au niveau national,
- les réunions régulières qui ont lieu aux niveaux international, régional et national afin de renforcer ces relations,
- le travail effectué par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) et par l'ILAC pour identifier les domaines de collaboration entre les deux organisations, afin de renforcer l'intégrité des mesures et leur traçabilité dans le monde, au bénéfice des utilisateurs du système de métrologie mondial,

recommande aux États membres de prendre acte de cette déclaration commune et de l'adapter à leur situation nationale,

invite le BIPM et l'ILAC à poursuivre plus avant les initiatives pour développer leur collaboration et un dialogue régulier.

11 Rapport du Comité international sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures

Le BIPM doit sans cesse répondre à de nouveaux besoins dans le domaine de la métrologie. Nombre d'entre eux découlent des innovations et des progrès scientifiques dans des domaines

actuellement couverts par le Bureau international ou par les Comités consultatifs du Comité international. Cependant, un nombre croissant de demandes naissent des bénéfices potentiels que la métrologie pourrait apporter aux domaines tels que l'environnement et le changement climatique global ; les mesures pour le diagnostic et les traitements en médecine ; la surveillance et le contrôle des drogues à effet thérapeutique ou dans le domaine sportif, et la médecine légale ; et la possibilité d'améliorer la traçabilité dans le domaine de l'alimentation et des mesures connexes. Le Comité international et le Bureau international suivent ces besoins et examinent le rôle potentiel de la métrologie aux niveaux international et national. Le Comité international a présenté un rapport sur l'évolution des besoins à la 22^e Conférence générale, et fera de même à la 23^e Conférence générale. Ce rapport offre aussi au Comité international une opportunité, si nécessaire, de proposer à la Conférence générale de réviser ou de modifier le rôle du BIPM, afin de répondre à ces nouveaux besoins dans le domaine de la métrologie.

■ **Au sujet du rapport du Comité international à la Conférence générale sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures (BIPM)**

Projet de résolution B

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- la Résolution 5 de la 22^e Conférence générale, qui a pris acte du rapport sur les besoins à long terme dans le domaine de la métrologie et qui a invité le Comité international à suivre de près les demandes croissantes faites aux laboratoires nationaux de métrologie et au BIPM en ce qui concerne l'évolution des besoins,
- la demande exprimée par la 22^e Conférence générale au Comité international de présenter un rapport à la 23^e Conférence générale traitant du bien-fondé de la réponse du BIPM à ces besoins et des implications éventuelles d'ordre financier, ainsi que sur le programme de travail du BIPM pour répondre à ces besoins internationaux, et d'actualiser le rapport de 2003,

note

- le besoin croissant de disposer de meilleurs étalons de mesure, d'adopter des concepts métrologiques dans de nouveaux domaines et d'augmenter les ressources aux niveaux national et international afin de faire face à ces besoins,
- l'importance de la métrologie pour le commerce, l'innovation et les nouvelles technologies,
- les initiatives prises par le BIPM et les Comités consultatifs du Comité international afin d'établir des relations et des collaborations avec un nombre croissant d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux ayant des responsabilités dans des domaines tels que l'environnement, le changement climatique, la santé, l'alimentation, le secteur pharmaceutique et la médecine légale,
- que ces collaborations ont eu pour conséquence de faire croître l'impact et l'influence des activités scientifiques et techniques menées sous les auspices de la Convention du Mètre,

accueil favorablement

- la mise à jour du « Rapport du Comité international sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du Bureau international des poids et mesures » présenté à la 23^e Conférence générale,
- les initiatives prises par le Comité international pour traiter des questions concernant la traçabilité en métrologie des matériaux,
- les propositions de répondre à certains de ces nouveaux besoins dans le programme de travail du BIPM,

remercie les nombreuses organisations et personnes qui ont contribué au rapport du Comité international,

invite

- le Comité international, les États membres et les laboratoires nationaux de métrologie à soutenir les initiatives prises pour intensifier l'impact des concepts tels que la traçabilité au Système international d'unités (SI) et l'incertitude des mesures dans le plus grand nombre possible de domaines d'activités économiques et sociales,
- le Comité international à identifier les plus hautes priorités afin d'améliorer les mesures dans des domaines tels que la nanotechnologie, les sciences biologiques, la médecine, l'alimentation et l'environnement, et à préparer des propositions d'activités à mettre en œuvre par le BIPM au niveau international,
- les laboratoires nationaux de métrologie à suivre l'évolution des besoins et à prendre acte des activités de liaison et des autres actions du BIPM aux niveaux intergouvernemental et international pour étendre les collaborations nécessaires afin de les poursuivre au niveau national,
- le Comité international à présenter un rapport à la prochaine Conférence générale sur l'adéquation de la réponse du BIPM à ces besoins, à examiner leurs implications pour la coordination ou les travaux de laboratoire du BIPM et à présenter, si nécessaire, des propositions à la 24^e Conférence générale concernant le programme de travail du BIPM pour les années 2013 à 2016,
- le Comité international à continuer à présenter un rapport sur l'évolution des besoins dans le domaine de la métrologie aux prochaines Conférences générales.

12 Programme de travail du Bureau international et implications financières

12.1 Programme de travail du Bureau international

Un programme détaillé sur les travaux du Bureau international pour les années 2009 à 2012, correspondant à la dotation demandée dans le projet de résolution C ci-dessous, sera présenté par le Comité international dans un document intitulé « Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les quatre années 2009 à 2012 ». Comme par le passé, ce document sera envoyé aux États membres au moins six mois avant la Conférence, c'est-à-dire au plus tard en mai 2007.

Après la dernière Conférence générale, et en accord avec les remarques faites pendant cette Conférence générale, le Comité international a discuté en détail des critères pour établir les priorités du programme de travail du BIPM.

Les **critères pour le programme scientifique** du BIPM sont les suivants :

- conserver et disséminer des réalisations d'étalons représentant le Système international d'unités, notamment le Temps atomique international (TAI) et le Temps universel coordonné (UTC), et le prototype international du kilogramme ;
- développer et maintenir en fonctionnement des équipements de référence approuvés et des étalons matériels voyageurs pour les comparaisons, au profit des laboratoires nationaux de métrologie des États membres. En général, le BIPM doit s'engager à maintenir ces équipements pour une durée d'au moins dix ans ;
- assurer des services rentables grâce à des équipements à coût partagé, par un travail en réseau ou en fournissant des étalons de transfert pour les comparaisons ;
- gérer et organiser régulièrement des comparaisons, activité essentielle du BIPM, afin de réduire les coûts incombant aux laboratoires nationaux de métrologie ;
- entreprendre un nombre restreint d'activités de recherche « de pointe » afin de maintenir ses compétences scientifiques, ainsi qu'un programme d'activités scientifiques, pour apporter un soutien aux Comités consultatifs ;
- poursuivre des activités scientifiques uniques qui ont un impact fort, compte tenu des ressources disponibles, et qui n'entrent pas en compétition ou ne dupliquent pas inutilement des activités similaires auxquelles se consacrent les laboratoires nationaux de métrologie, etc. ;
- offrir aux laboratoires nationaux de métrologie des États membres l'opportunité de détacher ou mettre à disposition du personnel scientifique au BIPM, pour de courtes périodes, afin de participer au programme de travail du BIPM et de leur offrir l'opportunité d'acquérir une expérience internationale.

Les **critères pour les activités de collaboration internationale** du BIPM sont les suivants :

- identifier les activités qui auront un impact fort compte tenu des ressources consacrées aux activités de coordination et de relations internationales entreprises au nom des laboratoires nationaux de métrologie des États membres ; le BIPM devra régulièrement revoir ses priorités dans ce domaine ;
- viser à créer, ou à élargir, au niveau international, des opportunités qui puissent être exploitées par les laboratoires nationaux de métrologie ou par les laboratoires désignés au niveau national et régional ;
- assurer le secrétariat des Comités consultatifs et des Comités communs, tout en cherchant à partager cette charge de travail, de plus en plus lourde, avec les laboratoires nationaux de métrologie, en particulier en ce qui concerne le soutien aux groupes de travail.

Les **sept points principaux du programme de travail** pour les années 2009 à 2012 sont les suivants :

- Les étapes nécessaires aux changements des définitions actuelles d'un certain nombre d'unités de base du SI envisagés dans les prochaines années. Deux de ces changements ont un impact particulièrement important pour le travail technique du BIPM. Le premier, qui porte sur la redéfinition du kilogramme et d'autres unités de base du SI, souligne l'importance de poursuivre le travail de mise au point d'une balance du watt et de nouveaux étalons matériels de masse de référence, afin d'assurer la continuité du système métrologique mondial dans le domaine de la masse. Le second concerne les étapes techniques nécessaires pour intégrer, d'ici quelques années, une nouvelle génération

« d'horloges optiques » de haute exactitude dans le calcul de l'échelle de temps internationale. Le moment venu, ces horloges pourraient servir à remplacer la définition actuelle de la seconde.

- Les projets d'accroissement à long terme du nombre d'équipements de référence et d'étalons voyageurs, comme le Système international de référence (SIR) ou l'étalon voyageur de Josephson, à condition qu'il soit plus rentable, d'un point de vue économique et technique, que ce soit le BIPM qui les fournisse et les entretienne, plutôt qu'un ou plusieurs laboratoires nationaux de métrologie. Ce travail étaye les comparaisons clés et autres dans le cadre de l'Arrangement du CIPM, qui est de plus en plus reconnu par les législateurs, les organismes de réglementation et d'accréditation, comme un moyen très efficace de s'attaquer aux obstacles techniques au commerce.
- Un ajustement des activités en métrologie en physique pour ne faire face qu'aux plus hautes priorités. On notera ici que deux sections du BIPM ont déjà été fermées afin de tenir compte de cet objectif.
- Un programme de travail en chimie construit autour du changement climatique et de la qualité de l'air, et qui fournit des références primaires pour les domaines hautement prioritaires de la santé, de l'alimentation et la médecine légale, identifiés en partenariat avec les organisations internationales concernées.
- Les applications du SI à de nouveaux secteurs auxquels il peut apporter des bénéfices.
- Une aide administrative et technique pour la mise en œuvre de l'Arrangement du CIPM.
- La promotion de l'utilité de la traçabilité des mesures au niveau international, en particulier auprès des États qui n'ont pas encore adhéré à la Convention du Mètre.

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 qui a, 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 conservation et la dissémination du prototype international et la possibilité d'effectuer des mesures de masse dans l'air et dans le vide sur tout un domaine de valeurs ;
- les techniques destinées à améliorer les mesures de masse au niveau métrologique ;
- des propositions à long terme concernant de nouvelles activités fondamentales, anticipant les techniques nécessaires pour disséminer l'unité de masse dont la définition serait fondée sur la valeur fixée d'une constante fondamentale tout en assurant la continuité des mesures de masse.

Le projet sur la balance du watt, qui allie les compétences des sections des masses et de l'électricité, est fondamental eu égard aux responsabilités du BIPM pour la conservation du prototype international du kilogramme et sa dissémination, même après la mise en place d'une nouvelle définition de l'unité de masse. D'autres laboratoires nationaux travaillent sur des projets similaires, mais ils sont tributaires de la poursuite de financements nationaux. La communauté de la métrologie internationale espère donc que le BIPM possèdera une balance du watt en fonctionnement et, comme souligné dans le programme sur la masse, qu'il réalisera toute nouvelle définition de manière à assurer la traçabilité aux laboratoires nationaux de métrologie

qui ne possèdent pas de balance du watt. La balance du watt du BIPM, qui dépend du soutien financier des États membres, est un projet à long terme dans lequel le Bureau international s'engage pour plus de dix ans. Le programme sera poursuivi, notamment en effectuant les mesures à des températures cryogéniques plutôt qu'à la température ambiante.

Le **domaine du temps, des fréquences et de la gravimétrie** rassemble un certain nombre de compétences uniques. Le calcul et la dissémination du Temps atomique international (TAI) est une activité pour laquelle le BIPM a été mandaté et qui se développe continuellement pour inclure les contributions de nouveaux laboratoires de temps. 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 comparaison d'horloges et de l'inclusion d'une nouvelle génération d'étalons optiques de fréquence. Le BIPM exploitera ces avancées afin de disséminer le temps international, avec des incertitudes réduites et une efficacité accrue, à un plus grand nombre d'utilisateurs du TAI et du Temps universel coordonné (UTC) partout dans le monde. Dans le domaine de la gravimétrie, le site de référence du BIPM et ses équipements sont uniques et continueront à être nécessaires pour satisfaire les besoins des communautés de la gravitation et de la géophysique. Le programme de travail pour les années 2009 à 2012 sera donc centré sur :

- le calcul, la dissémination et l'amélioration du TAI et de l'UTC ;
- les comparaisons de temps au moyen de techniques par aller et retour et d'autres techniques satellitaires ;
- le travail nécessaire pour tirer parti de la nouvelle génération d'étalons optiques de fréquence, qui devraient s'améliorer encore au cours des prochaines années ;
- l'achèvement du gravimètre absolu du BIPM et son utilisation pour les comparaisons internationales.

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 de meilleurs services à leurs clients au niveau national. Ces mises à niveau exigent que l'on poursuive la série de comparaisons d'étalons voyageurs à effet Josephson et à effet Hall quantique afin d'établir la confiance internationale dans les réalisations locales. Le nouveau condensateur calculable sera l'unique étalon de référence international. Le programme en électricité sera donc construit autour des activités prioritaires suivantes :

- la conservation et l'utilisation des réalisations du volt et de l'ohm au BIPM pour les comparaisons du Comité consultatif d'électricité et magnétisme qui utilisent des étalons voyageurs pour les mesures sur site ;
- les comparaisons clés en continu pour les mesures de capacité ;
- l'achèvement du projet de condensateur calculable et une mesure de la constante de von Klitzing.

La **métrologie en chimie** a fourni de nombreuses occasions de mettre en œuvre les notions de traçabilité et de calcul des incertitudes dans divers domaines nouveaux, tant au niveau international qu'au niveau national. Le travail effectué à ce jour a déjà engendré des bénéfices scientifiques significatifs et les résultats ont contribué à accroître la sensibilisation et la participation d'un nombre croissant d'organismes internationaux. Si l'on ne poursuit pas ce travail, ces avantages pourraient être perdus. Le programme proposé inclura :

- une consolidation des progrès réalisés à ce jour, en se concentrant à l'avenir sur les équipements de référence, les comparaisons et un travail de recherche choisi avec soin ;

- 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, en particulier pour conforter l'intérêt du Comité consultatif pour la quantité de matière dans les applications aux domaines de l'alimentation et de la santé, et de la médecine légale.

La **métrologie des rayonnements ionisants** est depuis longtemps une tâche essentielle du BIPM et la section maintient des équipements de référence uniques pour la dosimétrie et la radioactivité. Elle travaille, au moyen de comparaisons et d'étalonnages, à valider et améliorer les réalisations nationales des étalons appropriés. L'expérience a montré que ces étalonnages aident à réduire les incertitudes réalisées dans les laboratoires nationaux de métrologie, avec pour conséquence immédiate qu'elles peuvent être disséminées au niveau national aux hôpitaux et aux autres organismes qui effectuent directement des mesures en dosimétrie sur des patients. La réduction des incertitudes améliore les traitements et sauve des vies. En ce qui concerne les mesures de radioactivité, les équipements uniques du BIPM continuent à servir un nombre croissant d'utilisateurs et couvrent un nombre de plus en plus grand de radionucléides. Ces mesures accroissent la confiance dans la sécurité et la protection nucléaire et médicale et contribuent à améliorer les aptitudes de mesure et de contrôle dans le monde entier. Le programme sera donc centré sur :

- la conservation du Système international de référence (le SIR) pour les mesures d'activité de radionucléides et son extension aux émetteurs de rayonnement bêta, afin de fournir des équipements de sauvegarde et de poursuivre les comparaisons clés en continu du BIPM ;
- le maintien des équipements de référence existants pour le cobalt 60 et le césium 137, afin de réaliser des comparaisons de meilleure 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 ;
- une nouvelle proposition d'établir un équipement de référence pour les faisceaux de photons au BIPM. Afin de répondre aux besoins de ce type de traitement thérapeutique, il faudrait installer un accélérateur linéaire au BIPM qui soit accessible à la demande, offrant ainsi un équipement à frais partagés aux laboratoires nationaux de métrologie.

Il faut recruter un scientifique pour le projet du programme de travail sur les faisceaux de photons de référence. Le Comité international a recommandé que, dans un premier temps, cette personne travaille sur des accélérateurs existants dans un ou plusieurs laboratoires nationaux de métrologie qui pourraient l'accueillir, et que l'investissement d'environ 2,3 millions d'euros nécessaires à l'acquisition de l'accélérateur du BIPM soit repoussé aux années 2013 à 2016.

Il faut plus de moyens dans tous les domaines pour assurer la **promotion du travail du BIPM et de l'Arrangement du CIPM**. Le programme de travail met donc de plus en plus l'accent sur les efforts à fournir pour aller au-devant des besoins des utilisateurs, pour promouvoir les activités sous les auspices de la Convention du Mètre, l'Arrangement du CIPM et sur l'impact de la métrologie pour le commerce international et la société.

Le programme de travail propose aussi un certain nombre de collaborations avec des organisations intergouvernementales et des organismes inter-nationaux, afin de les inciter à mettre en œuvre les meilleures pratiques en métrologie, telles que l'établissement de la

traçabilité et des évaluations de l'incertitude, dans des domaines où celles-ci ne sont pas encore entièrement adoptées.

12.2 Dotation annuelle du Bureau international

Les dotations annuelles du Bureau international des poids et mesures approuvées par les deux précédentes Conférences générales n'ont pas permis au Bureau international de mettre en œuvre la totalité des programmes de travail qui avaient pourtant été approuvés en même temps que la dotation. Malgré l'augmentation de l'activité qui devait découler de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM et malgré la création de la section de chimie au BIPM, la 21^e réunion de la Conférence générale avait décidé, en 1999, de n'augmenter la dotation annuelle du Bureau international que de 1,5 % par an, ce qui permettait de faire face à l'inflation prévue en France pour les années 2001 à 2004.

En proposant la dotation pour les années 2005 à 2008, le Comité international avait attiré l'attention de la 22^e réunion de la Conférence générale sur l'augmentation de la charge de travail résultant, entre 2001 et 2003, de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle et sur le besoin impératif d'étendre le domaine d'activités en métrologie en chimie. Toutefois, le Comité international, après avoir examiné les réponses des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et la situation économique des États membres, n'avait proposé qu'une augmentation d'environ 8,5 % (soit 6,7 % d'augmentation, plus 1,8 % pour tenir compte de l'inflation). Ce montant était bien inférieur aux 20 % qui auraient été nécessaires pour faire face à la demande d'accroissement des activités soulignée dans le rapport sur l'« Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM », approuvé par la Conférence générale en 2003.

Il fallait établir des priorités. Le Comité international a donc décidé de fermer deux sections scientifiques (la section de photométrie et radiométrie en 2004 et celle des longueurs en 2006). Lors de la 22^e réunion de la Conférence générale, les délégués ont finalement adopté une augmentation de 3,6 % de la dotation en 2005 (soit une augmentation de 1,6 % plus 2 % pour l'inflation en 2005), plus une correction de 2 % par an pour les années 2006 à 2008 pour tenir compte de l'inflation. De plus, une contribution discrétionnaire de 134 000 euros par an, en moyenne, pour les années 2005 à 2008, a été approuvée, afin de combler la différence entre les 3,6 % d'augmentation acceptés par toutes les délégations à la Conférence générale et l'augmentation de 5 % acceptable par la plupart des délégations. Le rapport de la Conférence générale rappelle que la dotation résultant de ce compromis était bien inférieure à celle proposée par le Comité international. Un certain nombre d'États membres avaient toutefois demandé d'éviter de réduire davantage les services d'étalonnage, qui leur sont précieux.

Depuis 2005, le Bureau international a subi une forte pression. Le nombre de réunions de coordination et d'ateliers qui se sont tenus au Bureau international a considérablement augmenté. Ces réunions ont connu un grand succès et ont offert des opportunités d'étendre l'influence du BIPM et des États membres. Les collaborations établies avec l'Organisation mondiale de la santé, avec l'Organisation météorologique mondiale et avec la Commission du Codex Alimentarius sont des exemples de cette influence croissante, qui ont permis d'améliorer leur compréhension et leur engagement en ce qui concerne la traçabilité et les incertitudes de mesure.

Un travail de cette nature demande beaucoup de temps aux membres du personnel hautement qualifiés, ayant une expérience pratique scientifique et technique dans la spécialité concernée, et

ce pour tous les domaines d'activités du Bureau international. Deux des chefs de section scientifiques auront pris leur retraite entre 2002 et 2007 sans être remplacés, ce qui réduit le nombre de personnes hautement qualifiées pour effectuer ce travail. Tous les chefs de section, sauf un, sont secrétaires exécutifs de deux Comités consultatifs et responsables d'un nombre croissant de groupes de travail.

Le chef de section qui n'est secrétaire exécutif que d'un seul Comité consultatif, l'est de celui qui compte le plus grand nombre de membres, le Comité consultatif pour la quantité de matière. Il est également secrétaire du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (le JCTLM) et a, de plus, la responsabilité d'entreprendre de nombreuses nouvelles interactions avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux, dans le domaine des mesures en chimie. Il ne fait aucun doute que le Bureau international entreprend de plus en plus de travaux de coordination. Cette charge de travail ne fait que croître, dans la mesure où des relations sont établies avec de nouvelles organisations et où les interactions existantes sont développées, car la contribution du BIPM à ces activités est appréciée et de plus en plus demandée par les organisations et les laboratoires nationaux de métrologie.

Comme nous l'avons dit à de nombreuses occasions, l'expertise scientifique et technique du BIPM lui assure sa crédibilité et la compétence qui lui sont nécessaires pour discuter en détail des collaborations et de la coopération avec les organisations intergouvernementales et les organismes inter-nationaux.

Depuis le 1^{er} mars 2003 (date de l'organigramme publié dans le programme de travail pour les années 2005 à 2008 soumis à la 22^e réunion de la Conférence générale), cinq membres du personnel et trois chercheurs associés, parmi les quarante-sept membres du personnel scientifique et technique, n'ont pas été remplacés pour cause de restrictions budgétaires, soit une réduction de 17 % environ.

Suite aux décisions financières et autres prises par la Conférence générale et par le Comité international, le travail du Bureau international a fait l'objet de priorités. Une priorité claire, entre autres, prise par les États membres a été de renforcer la section de chimie et de poursuivre le travail sur la balance du watt.

Pour faire face à ces priorités, le BIPM a procédé à plusieurs transferts de postes pour les projets sur la balance du watt et le condensateur calculable, notamment de la section Masse, ce qui a mis en danger les fondements scientifiques en métrologie des masses. Par conséquent, de nombreuses composantes du programme de travail pour les années 2005 à 2008 en métrologie de la physique ont pris du retard, notamment le lancement de certaines comparaisons et les étalonnages.

Dans la section du temps, le Bureau international est aujourd'hui vulnérable en cas de perte de compétences informatiques, qui résulterait du départ à la retraite, de démission ou de congé-maladie du seul spécialiste en charge du logiciel TAI. Un audit a souligné que ceci met en danger l'intégrité du Temps atomique international et la dissémination du Temps universel coordonné.

D'autres aspects fondamentaux du travail du Bureau international liés à la gestion ont aussi absorbé ou distrait des ressources qui auraient autrement été consacrées au travail scientifique. Par exemple, au cours de ces dernières années, le Bureau international a mis en œuvre la norme ISO/CEI 17025 pour le Système Qualité de ses services scientifiques, il a mis à niveau son système de sécurité, a introduit des procédures d'évaluation du personnel avec objectifs et bilans

d'activités, et a adopté une approche plus formelle pour rédiger le programme de travail, le justifier et le contrôler.

Pour s'exprimer simplement, le travail scientifique du Bureau international et le soutien apporté aux États membres ont souffert de manque de personnel. En particulier, certains services rendus aux États membres ont pris un retard significatif, ainsi que le programme de travail. Dans certains cas, en particulier pour le Temps atomique international et le service des masses, ces retards ont été suffisamment sérieux pour que la direction du BIPM et le Comité international s'en préoccupent, afin de permettre au Bureau international de continuer à remplir sa mission.

Le Bureau international a dû faire face :

- à l'impossibilité de maintenir le programme voté par les États membres ;
- à une menace sur les services rendus et la continuité dans les domaines fondamentaux des mesures de masse et du temps ;
- au besoin de promouvoir l'Arrangement du CIPM et d'attirer davantage d'États membres et d'Associés.

Le Comité international a donc décidé, en 2006, de pourvoir deux postes vacants, jusque là non pourvus pour des raisons financières :

- un poste de technicien dans la section Masse ;
- un poste de physicien dans la section du temps, requalifié en poste d'assistant.

Ces deux postes ont été financés par des rentrées d'argent exceptionnelles, dues notamment à la vente d'équipements de l'ancienne section de photométrie et radiométrie, au soutien financier reçu pour le secrétariat du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire, et par des économies sur les dépenses de laboratoires. Ces dernières résultent d'un contrôle serré des dépenses d'investissement, mais aussi du manque de personnel pour travailler à des activités scientifiques approuvées.

Le Comité international a aussi décidé de repousser à une date ultérieure le recrutement d'une troisième personne, affectée au travail de relations internationales et à la promotion de l'Arrangement du CIPM. Ce recrutement devait aussi assurer la continuité, en 2008, du poste de secrétaire du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (le JCRB), au cas où il ne serait pas pourvu par une mise à disposition par un laboratoire national de métrologie. Ce poste avait été prévu dans le programme de travail pour les années 2005 à 2008, et a été pourvu jusqu'à présent par la mise à disposition de personnes venant de laboratoires nationaux de métrologie.

Le programme de travail proposé pour les années 2009 à 2012 nécessitera d'augmenter les ressources en personnel. Le travail supplémentaire est décrit en termes généraux dans la section 12.1 et, en détail, dans le « Programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures pour les années 2009 à 2012 », qui justifie la demande de ressources supplémentaires, et qui sera distribué en mai 2007.

Le point de départ pour la dotation pour les années 2009 à 2012 est celui de la dotation de la dernière année approuvée par la précédente Conférence générale. Dans le cas présent, c'est la dotation totale pour 2008, à savoir 10 312 000 euros. Le Comité international propose d'augmenter la dotation de 15 % au 1^{er} janvier 2009 (soit une augmentation de 11 %, plus 4 % pour tenir compte de l'inflation dans une organisation scientifique), soit une dotation d'un

montant de 11 859 000 euros, puis de 4 % au 1^{er} janvier de chacune des trois années suivantes, pour tenir compte de l'inflation dans une organisation scientifique.

La dotation demandée dans le projet de résolution C ci-dessous permettra au Bureau international :

- de mettre en œuvre un programme de travail qui réponde aux besoins justifiés, prioritaires et impératifs des États membres ;
- d'améliorer l'impact de l'Arrangement du CIPM dans le monde ;
- d'aller au devant des besoins et de promouvoir les bénéfices de la participation aux activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre ;
- de continuer à faire le meilleur usage de ses ressources en personnel et en capital ou de faire appel à la sous-traitance si nécessaire ;
- de prendre en charge une partie des coûts du personnel en détachement des laboratoires nationaux de métrologie.

■ **Dotation du Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour les années 2009 à 2012**

Projet de résolution C

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- l'importance croissante du travail du Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour le commerce international, l'innovation dans le secteur industriel, le changement climatique, la santé et la médecine, ainsi que pour la sécurité alimentaire dans tous les États membres,
- le fait que le BIPM est reconnu comme un organisme expert sur le plan scientifique, qui réagit positivement aux besoins des États membres,
- les responsabilités élargies contenues dans le programme de travail pour les années 2005 à 2008, qui le sont encore plus dans le projet de programme de travail pour les années 2009 à 2012,
- la façon dont le BIPM continue à adopter les meilleures pratiques de gestion et à améliorer l'efficacité et la compétence de son personnel,
- l'impossibilité dans laquelle se trouve le BIPM, pour des raisons financières, de recruter le nombre nécessaire de membres du personnel pour accomplir le programme approuvé par les États membres,
- les initiatives prises par le BIPM pour accroître le nombre de personnes mises à disposition ou travaillant sous des contrats de durée déterminée, ou autres postes de courte durée,
- que les réserves financières du BIPM doivent atteindre un niveau lui permettant de fonctionner avec une sécurité financière adéquate dans un monde en mutation,
- l'impact global sur le budget du BIPM des précédentes décisions, financières et autres, de la Conférence générale,

remercie les laboratoires nationaux de métrologie qui ont répondu aux besoins en personnel du BIPM par la mise à disposition de membres de leur personnel,

prie instamment les laboratoires nationaux de métrologie d'augmenter le nombre de personnes mises à la disposition du BIPM pour des postes de courte durée,

note que la dotation pour les années 2013 à 2016 devra inclure un investissement d'un montant estimé à 2,3 millions d'euros pour l'installation d'un accélérateur linéaire au BIPM,

décide que la partie fixe de la dotation annuelle du Bureau international des poids et mesures sera augmentée de telle façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire (définie à l'article 6, 1921, du Règlement annexé à la Convention du Mètre (1875)) soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la 23^e Conférence porté à

11 859 000 euros en 2009

12 333 000 euros en 2010

12 826 000 euros en 2011

13 339 000 euros en 2012.

14 **Rapport sur la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM**

Les signataires de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM appartiennent aux États et entités économiques qui sont responsables de plus de 90 % du commerce international et l'utilité de l'Arrangement du CIPM pour réduire les obstacles techniques au commerce est de plus en plus reconnue par un vaste éventail d'organismes.

Dans sa Résolution 6, lors de sa précédente session, la Conférence générale a pris acte de l'impact économique et social positif de l'Arrangement du CIPM et a encouragé le CIPM à faire le nécessaire pour le promouvoir aux niveaux intergouvernemental, international et gouvernemental. Elle a aussi invité les États membres à le promouvoir auprès de leurs organismes nationaux de réglementation, d'accréditation et de normalisation. Le Comité international s'est immédiatement rendu compte de l'utilité de faire référence aux autres arrangements de reconnaissance mutuelle élaborés, ou sur le point de l'être, par l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) et par l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). Il en a résulté un « Communiqué et déclaration tripartite communs au BIPM, à l'OIML et à l'ILAC sur l'intérêt des divers accords internationaux sur la métrologie pour le commerce, la législation et la normalisation » signé le 23 janvier 2006. Ce document a été envoyé par les organisations signataires à une centaine d'organisations intergouvernementales et organismes internationaux, puis diffusé par les laboratoires nationaux de métrologie et d'autres institutions aux organismes nationaux pertinents.

En dépit de l'utilité évidente de l'Arrangement du CIPM pour le commerce international et malgré les contacts établis par le directeur du BIPM auprès du directeur général de l'Organisation mondiale du commerce (OMC), l'OMC n'a pas encore répondu à la demande faite il y a plusieurs années par le BIPM d'obtenir le statut d'observateur à son Comité sur les obstacles techniques au commerce. La Conférence générale est donc à nouveau invitée, conformément à la Résolution 6 adoptée par la Conférence générale à sa précédente session, à rappeler l'importance de cette collaboration.

- **Sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du Comité international des poids et mesures (CIPM) et des autres arrangements connexes pour le commerce**

Projet de résolution D

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- qu'il est nécessaire, pour faciliter les échanges commerciaux, de réduire ou d'éliminer les obstacles potentiels résultant d'un manque d'équivalence des réalisations nationales des unités du Système international d'unités,
- que l'Arrangement du Comité international des poids et mesures, l'Arrangement de l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) et l'Arrangement d'acceptation mutuelle de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) se complètent mutuellement et fournissent la base d'un système international uniforme dans le domaine de la métrologie,

- le rôle du Comité sur les obstacles techniques au commerce de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) et les avantages mutuels qui pourraient résulter d'une action commune sur les questions de traçabilité,

prend acte et accueille favorablement

- les initiatives prises par le CIPM afin de répondre à la Résolution 6 de la 22^e Conférence générale sur l'importance de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM,
- la signature par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) d'un communiqué commun afin de promouvoir l'utilisation de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, de l'Arrangement d'acceptation mutuelle de l'OIML et de l'Arrangement de l'ILAC, élaboré par ces trois organisations et transmis aux organisations intergouvernementales, aux organismes internationaux et aux organismes dont les travaux sont influencés par ces Arrangements ont des conséquences sur leurs travaux,
- les réponses positives reçues d'un certain nombre d'organismes auxquels le communiqué commun a été envoyé,

et considérant que la demande faite il y a plusieurs années par le BIPM d'obtenir le statut d'observateur au Comité sur les obstacles techniques au commerce de l'OMC n'a toujours pas reçu de réponse favorable,

demande à tous les États membres de s'attaquer dès que possible à tout ce qui fait obstacle à l'acceptation de cette demande du BIPM.

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

15.1 Sur l'incitation des États associés à la Conférence générale à adhérer à la Convention du Mètre

Depuis que la 21^e réunion de la Conférence générale a pris la décision de créer une catégorie d'Associés à la Conférence générale, il est devenu clair que plusieurs des Associés jouent maintenant un rôle bien plus important pour les activités sous les auspices de la Convention du Mètre que cela avait été envisagé en 1999. De nombreux Associés apportent maintenant une contribution scientifique et économique significative aux activités liées à l'Arrangement du CIPM. En retour, leur statut leur confère de nombreux avantages. Depuis la précédente Conférence générale, le Comité international a pris un certain nombre de décisions qui offrent aux Associés des avantages éventuels supplémentaires, limités et sous certaines conditions, en reconnaissance du fait que :

- l'expérience a montré qu'un certain nombre de laboratoires des Associés possèdent un haut niveau de compétence scientifique ;
- ces laboratoires apportent une valeur scientifique non seulement aux Associés, mais aussi aux États membres, par leur participation à un certain nombre d'activités, en particulier celles organisées par les Comités consultatifs et leurs groupes de travail ;
- dans certaines comparaisons des Comités consultatifs, une seule série d'échantillons de référence est produite et, en l'absence de comparaisons conduites sous les auspices d'organisations régionales de métrologie dont les résultats sont liés, il est manifestement plus efficace, et bénéfique sur le plan scientifique, d'inclure les laboratoires compétents des Associés dans les comparaisons du Comité consultatif ;

- dans un certain nombre de cas, des représentants des Associés ont présidé des comités techniques au sein des organisations régionales de métrologie et leur participation, par exemple, aux groupes de travail pour l'examen des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages, a apporté une valeur ajoutée.

Ces décisions ont été exposées dans le document CIPM/05-05 (« Services available to Associate States and Economies of the CGPM and their participation in the CIPM MRA ») disponible en accès libre sur le site Internet du BIPM, aux pages consacrées au CIPM. Bien que la 21^e réunion de la Conférence générale n'ait pas assorti le statut d'Associé de durée, le Comité international propose, à la lumière de l'expérience récente, que les États associés, qui profitent d'un grand nombre de services, soient fortement encouragés à devenir États membres. Ceci, selon le Comité international, est en accord avec l'esprit des discussions qui ont eu lieu lors de la 21^e réunion de la Conférence générale et met en évidence la valeur de la pleine participation aux activités liées à l'Arrangement du CIPM. Le Comité international reconnaît, toutefois, qu'un certain nombre d'États peuvent avoir, dans un premier temps, des difficultés à justifier les engagements financiers nécessaires pour devenir État membre. La Conférence générale pensait, à l'époque, que les Associés participeraient uniquement à l'Arrangement du CIPM par l'intermédiaire de leur organisation régionale de métrologie. Ce n'est plus le cas maintenant et, du fait des décisions prises par le CIPM, plusieurs Associés ont eu l'occasion de jouer un rôle direct. Ce rôle inclut la participation à des études pilotes et à d'autres activités menées par les groupes de travail des Comités consultatifs. Ces avantages et l'expérience acquise par les Associés devraient, selon le Comité international, les encourager à devenir État membre.

Le projet de résolution E reconnaît, bien sûr, que la décision de devenir État membre revient à l'Associé. Il est toutefois proposé que le Comité international examine périodiquement le niveau de participation des Associés, notamment leur degré de participation à l'Arrangement du CIPM, et leurs aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages publiées dans l'annexe C de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

■ Sur les États associés à la Conférence générale

Projet de résolution E

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- la Résolution 3 de la 21^e Conférence générale,
- que le statut d'État associé devrait, dans la mesure du possible, constituer la première étape avant d'adhérer à la Convention du Mètre,
- les avantages techniques et économiques dont bénéficient les Associés,
- le niveau de souscription financière des Associés pour ces activités et ces avantages,
- le coût croissant pour les États membres de la participation des Associés à l'Arrangement du CIPM et à certaines activités des Comités consultatifs,

invite le Comité international à établir des critères lui permettant d'examiner s'il est approprié qu'un Associé devienne État membre et à présenter un rapport à la 24^e Conférence générale sur les modifications au statut d'Associé,

décide

- que le Comité international examinera la situation de chaque État associé cinq ans après qu'il sera devenu Associé, en vue de l'encourager à adhérer à la Convention du Mètre,
- que la demande de rejoindre le statut d'Associé à la Conférence générale formulée par un État partie à la Convention du Mètre ne sera pas examinée, et
- qu'un État Associé qui adhère à la Convention du Mètre devra s'acquitter d'une contribution d'adhésion, de laquelle les souscriptions qu'il aura acquittées en qualité d'Associé à la Conférence générale seront déduites.

15.2 Sur l'acceptation des entités économiques comme Associés à la Conférence générale

La 22^e réunion de la Conférence générale a discuté de la demande faite par CARICOM (la communauté des Caraïbes) de devenir Associé à la Conférence générale et a confirmé l'interprétation du Comité international selon laquelle le terme « entité économique » englobe la notion de coopération économique régionale officielle. Dans le cas d'un Associé comme CARICOM, qui est une organisation économique régionale intergouvernementale et qui compte plusieurs États membres, le Comité international, en 2005, a décidé que :

- l'Arrangement du CIPM devait être signé par l'entité économique (en l'occurrence CARICOM), qui est l'organisme de coordination reconnu pour l'Arrangement du CIPM ;
- chaque État membre de cette entité économique peut avoir ses propres aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages ; et
- chaque État membre de cette entité économique désigne ses propres laboratoires nationaux de métrologie et ses laboratoires. L'entité économique sera, toutefois, la courroie de transmission qui notifiera au directeur du BIPM les laboratoires désignés au niveau national.

CARICOM est devenue Associé à la Conférence générale le 10 octobre 2005. Le Comité international a ensuite examiné la situation de ce type de coopération économique régionale officielle et propose maintenant d'examiner les demandes suivantes au cas par cas. Le Comité international propose aussi que la Conférence générale lui délègue la décision finale d'approuver ou non ces demandes, et que des critères pour l'acceptation de demandes de ce type de coopération soient clairement établis. Ces critères pourraient inclure :

- les intentions déclarées, les fondements juridiques et les activités générales de l'entité économique ;
- le statut financier et technique des membres de l'entité économique ;
- la réponse apportée par les membres de l'entité économique à la recommandation du Comité international qu'ils deviennent Associés à titre individuel ;
- le niveau de participation prévisible de l'entité économique à l'Arrangement du CIPM.

■ **Sur l'acceptation des entités économiques comme Associés à la Conférence générale**

Projet de résolution F

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- la Résolution 3 de la 21^e Conférence générale,
- les discussions à la 22^e Conférence générale concernant l'admission de coopérations économiques régionales officielles comme Associé à la Conférence générale, en qualité d'entités économiques,
- que le statut d'Associé a été accordé à une telle entité économique,
- le souhait que soient établis des critères permettant l'évaluation des demandes de ce type,

décide

- que les entités économiques ne peuvent accéder de manière automatique au statut d'Associé et
- que le Comité international est compétent pour établir les critères d'évaluation des futures demandes et pour approuver ces demandes.

16 Proposition de créer une catégorie de Correspondant du Bureau international, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie

Les États membres et les Associés à la Conférence générale sont responsables d'environ 90 % du commerce mondial. Cependant, le nombre d'États et d'entités économiques impliqués à l'heure actuelle dans les activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre est bien inférieur à celui des membres d'autres organisations intergouvernementales et organismes internationaux ayant des activités techniques ou commerciales. Le Comité international est donc convaincu du besoin de prendre une initiative nouvelle afin de faire participer un plus grand nombre d'États et d'entités économiques aux activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre, dans le but, à long terme, d'encourager les États à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir Associés à la Conférence générale et les entités économiques à devenir Associés à la Conférence générale. Le Comité international présente donc deux propositions à la Conférence générale portant sur :

- la nécessité d'encourager les États associés à devenir États membres lorsque c'est possible et approprié, afin qu'ils puissent jouer un plus grand rôle dans les activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre ; et
- le lancement d'un programme de prospection, de sensibilisation et de liaison, en créant une catégorie de Correspondant du Bureau international, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie. Le but premier de cette initiative est d'attirer davantage de pays en voie de développement ou émergents et d'entités économiques, afin de leur faire connaître les activités du BIPM. Cette nouvelle catégorie de Correspondant du Bureau international, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie, devrait constituer un tremplin pour que leurs États adhèrent à la Convention du Mètre ou deviennent Associés à la Conférence générale et que ces laboratoires signent l'Arrangement de reconnaissance mutuelle.

- **Sur l'importance de promouvoir les activités menées sous les auspices de la Convention du Mètre et sur la création d'une catégorie de Correspondant du Bureau international des poids et mesures (BIPM), ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie, afin d'encourager davantage d'États à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir Associés à la Conférence générale**

Projet de résolution G

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- qu'en 1999, à sa 21^e session, la Conférence générale a créé une catégorie d'Associé à la Conférence générale pour les États qui n'avaient pas adhéré à la Convention du Mètre et pour certaines entités économiques, afin de faciliter la participation à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (le MRA du CIPM) des pays qui pourraient, dans un premier temps, avoir des difficultés pour trouver les fonds suffisants pour adhérer à la Convention du Mètre,
- le nombre croissant de pays en voie de développement ou en transition devenus Associés à la Conférence générale,

- qu'il est dans l'intérêt de tous les États et entités économiques d'établir des relations, par le biais de leur laboratoire national de métrologie, lequel joue un rôle de coordination, avec le système de mesure mondial organisé et coordonné sous les auspices de la Convention du Mètre,
- qu'il subsiste cependant un grand nombre d'États qui ont des difficultés à accomplir les formalités et à payer la souscription demandée pour devenir Associé,
- qu'il est dans l'intérêt de tous les États et entités économiques de réduire ou de supprimer les obstacles techniques au commerce en devenant signataires de l'Arrangement du CIPM,
- que les États membres souhaitent créer un moyen simple, global et économique d'établir ces liaisons et d'encourager ces États à devenir État membre ou Associé à la Conférence générale,

rappelant la Résolution 4 de la 22^e Conférence générale sur la valeur et les avantages de la Convention du Mètre pour les États membres et les Associés à la Conférence générale, Résolution qui invite aussi les États membres à promouvoir l'augmentation du nombre des membres et des Associés,

décide

- de créer la catégorie de Correspondant du Bureau international, ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie, sans frais, pour les États qui n'ont pas adhéré à la Convention du Mètre et qui ne sont pas Associés à la Conférence générale,
- d'inviter les laboratoires nationaux de métrologie des États ou entités économiques qui n'ont pas adhéré à la Convention du Mètre et qui ne sont pas Associés à la Conférence générale à devenir Correspondant du Bureau international,
- d'autoriser les laboratoires nationaux de métrologie qui deviennent Correspondants du Bureau international à avoir accès aux informations concernant les activités du BIPM et à participer aux séminaires et aux réunions décidées, organisées ou subventionnées par le BIPM, qui sont dédiées aux pays en voie de développement et qui traitent de sujets tels que le développement et la reconnaissance internationale des infrastructures métrologiques nationales,
- que les laboratoires nationaux de métrologie souhaitant obtenir le statut de Correspondant du Bureau international pourront en faire la demande au directeur du BIPM,
- que le statut de Correspondant du Bureau international, ouvert aux laboratoires nationaux de métrologie, sera ouvert pour une période de trois ans, renouvelable une seule fois pour une période de trois ans, sur demande adressée au directeur du BIPM,
- que les Correspondants du Bureau international seront encouragés à demander à tout moment aux autorités compétentes de leurs États à adhérer à la Convention du Mètre ou à devenir Associés à la Conférence générale.

17 Contributions arriérées des États membres

La question des contributions arriérées a constitué un sujet constant de préoccupation depuis plusieurs années. Bien qu'en général ces dernières aient été recouvrées et que certains États membres aient conclu des accords de rééchelonnement de leurs dettes, qui ont été couronnés de succès, d'autres États continuent à ne pas respecter leurs obligations financières.

L'article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre prévoit deux sanctions lorsqu'un État membre ne respecte pas ses obligations financières. La première est une suspension des avantages et prérogatives après trois années de contributions arriérées et la seconde est l'exclusion de la Convention du Mètre après trois années supplémentaires de contributions arriérées, c'est-à-dire après six années de contributions arriérées.

La sanction de « suspension » est, et a toujours été, appliquée de manière stricte et cohérente. Cependant, la sanction d'« exclusion » n'a jamais été prononcée, en dépit de l'article 6, alinéa 8, dans la mesure où :

- après trois années de contributions arriérées, la contribution annuelle de l'État débiteur est répartie entre les autres États membres. Cette somme répartie est une avance faite à l'État débiteur ;
- des contributions arriérées représentant jusqu'à douze années de contributions ont été recouvrées et les avances ont été remboursées en conséquence ;
- si un État membre débiteur est exclu, il pourrait arguer de son exclusion pour ne pas rembourser leurs avances aux autres États membres, malgré la persistance de ses obligations à cet égard ;
- la Convention du Mètre et son Règlement annexé ne contiennent aucune règle relative à un mécanisme d'adoption des décisions ou à une procédure à suivre en cas d'exclusion.

Aussi et après examen du mécanisme d'adoption des décisions dans d'autres organisations intergouvernementales, il est proposé de :

- prévoir clairement que seule la Conférence générale peut exclure un État membre et/ou annuler ses contributions arriérées ;
- définir un mécanisme d'adoption des décisions, ainsi qu'une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion.

La Conférence générale est donc invitée à adopter le projet de résolution suivant.

■ Sur les contributions arriérées des États membres

Projet de résolution H

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

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. »

considérant

- l'importance du travail accompli par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) et les services qu'il rend aux États membres,
- l'absolue nécessité que les contributions des États membres 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 le fonctionnement quotidien du BIPM,
- la nécessité de définir le mécanisme d'adoption des décisions et une procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées ainsi que l'exclusion,

invite les États membres qui n'ont pas exécuté leurs obligations financières à acquitter leurs contributions arriérées restant dues,

décide que

- lorsqu'un État membre ne s'est pas acquitté de six années de contributions, le Comité international des poids et mesures (CIPM) adresse à l'État débiteur une notification officielle l'invitant à exécuter ses obligations financières et lui rappelant la procédure régissant le recouvrement des contributions arriérées et l'exclusion. Une telle notification est adressée au plus tard neuf mois avant la session suivante de la Conférence générale,
- le CIPM peut conclure un accord de rééchelonnement du paiement des contributions arriérées avec l'État débiteur, qui ne peut inclure d'annulation des contributions arriérées,
- si, après la notification mentionnée ci-dessus, un État membre persiste à ne pas exécuter ses obligations financières ou n'exécute pas ses obligations conformément à l'accord de rééchelonnement conclu avec le CIPM, le CIPM recommande à la Conférence générale de prendre une décision sur les contributions arriérées restant dues par l'État membre,
- à la demande officielle de cet État membre, la Conférence générale peut annuler, en tout ou partie, ses contributions arriérées, si elle constate que la non exécution de ses obligations financières est due à des circonstances indépendantes de sa volonté. Une telle décision sera seulement valide si aucun État membre n'exprime un avis contraire,
- la Conférence générale peut, si aucun vote contraire n'est exprimé, exclure un État membre qui n'exécute pas ses obligations financières, conformément à l'article 6 alinéa 8 du Règlement annexé à la Convention du Mètre,
- l'exclusion est notifiée par le CIPM à l'État membre, par l'intermédiaire du ministère des Affaires étrangères de la République française, qui en informe en conséquence tous les États membres,
- un État membre exclu ne peut de nouveau adhérer à la Convention du Mètre que si le reliquat de ses contributions arriérées a été acquitté ou si ces dernières ont été annulées par la Conférence générale. 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,

- 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 ou si ces dernières ont été annulées par la Conférence générale. 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.

18 Rapports des présidents des Comités consultatifs

Comme de coutume lors des Conférences générales, les présidents des dix Comités consultatifs du Comité international présenteront leur rapport à la Conférence. Pendant la Conférence, chaque président soulignera les principaux éléments des activités de son comité depuis la 22^e réunion de la Conférence générale et attirera l'attention des délégués sur les orientations et les questions que l'on doit avoir à l'esprit pour les activités à venir. Ils présenteront aussi à la Conférence générale 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 pour 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. Les Comités consultatifs approuvent aussi les propositions de nouvelles comparaisons clés et font des commentaires sur la manière dont elles peuvent être utilisées afin de démontrer les compétences techniques dans un domaine d'aptitudes donné. Un certain nombre de comités ont aussi créé des groupes de travail pour l'examen inter-régional de ces aptitudes. Ces groupes se réunissent en général tous les ans et sont de plus en plus perçus comme un moyen efficace de résoudre conjointement les questions inter-régionales. Les Comités consultatifs sont aussi responsables de l'examen et de l'approbation des rapports des comparaisons clés effectuées sous l'égide du Comité consultatif et au niveau des organisations régionales de métrologie, avant leur publication dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.
- L'établissement par de nombreux Comités consultatifs de groupes de travail sur la stratégie après que le Comité international eut approuvé les règles générales et la politique concernant les Comités consultatifs. Ces groupes établissent les priorités et le programme de travail des Comités consultatifs et, dans de nombreux cas, ils servent aussi à conseiller le Comité international sur les activités scientifiques du BIPM et ses projets à venir. Certains Comités consultatifs ont établi un groupe de travail spécifique sur le projet de programme de travail du BIPM qui sera présenté à la Conférence générale, afin de présenter au Comité international le point de vue des laboratoires nationaux de métrologie représentés au comité en question. L'approbation du projet de programme de travail au niveau du Comité consultatif aide le Comité international à avoir une vue globale des priorités.
- L'établissement par de nombreux Comités consultatifs de groupes de travail spécifiques sur la définition et la mise en pratique de l'unité dont ils sont responsables, en vue de la redéfinition éventuelle de certaines unités de base du SI. Ces groupes offrent des conseils précieux sur l'impact de nouvelles définitions dans leur domaine et ils aident à préparer des

propositions sur la mise en pratique de la définition de l'unité, quand celle-ci est fondée sur une valeur fixée d'une constante fondamentale. Cela suit le précédent établi lors du changement, en 1983, de l'ancienne définition du mètre à l'aide d'une longueur d'onde de la lumière pour une nouvelle définition fondée sur une valeur fixée de la vitesse de la lumière.

- L'activité croissante des Comités consultatifs pour établir les collaborations et représentations croisées avec un certain nombre d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux aux intérêts complémentaires. Il existe des collaborations de longue date avec des organisations telles que l'Agence internationale de l'énergie atomique, la Commission internationale de l'éclairage, le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence et l'Union astronomique internationale. Les Comités consultatifs ont établi plus récemment des relations fortes avec l'Organisation mondiale de la santé, l'Organisation météorologique mondiale, l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture et la Commission du Codex Alimentarius, l'Agence mondiale antidopage etc. Dans de nombreux cas, ces relations ont été officialisées par des protocoles d'accord ou des lettres de coopération approuvés par le Comité international. Cette tendance est en accord avec les discussions qui ont eu lieu durant la 22^e réunion de la Conférence générale 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. Ceci peut se faire en inscrivant ce point à l'ordre du jour de la réunion ou par des rapports et documents de travail placés sur les pages du Comité consultatif sur le site internet du BIPM. Dans certains cas, ces discussions ont abouti à des collaborations spécifiques entre des laboratoires nationaux de métrologie.
- L'organisation d'ateliers ou d'événements similaires par plusieurs Comités consultatifs afin de discuter de progrès techniques clés 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 Conférence générale par les présidents des Comités consultatifs sont les suivants :

18.1 et 18.3 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), lors de sa 15^e session en 2001, après avoir examiné les études sur les nouveaux étalons de fréquence qui pourraient éventuellement servir 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. Des progrès rapides ont été effectués dans le domaine des étalons optiques de fréquence et les incertitudes des étalons optiques de fréquence sont devenues au moins comparables, si ce n'est meilleures que les incertitudes associées à la réalisation actuelle de la seconde.

Le Comité consultatif des longueurs (CCL) et le CCTF ont établi un groupe de travail commun afin d'examiner et de discuter 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 ont été effectués à la mise en pratique de la définition du mètre et à la liste des radiations recommandées par le Comité international, en 2002 (Recommandation 1, CI-2002), en 2003 (Recommandation 1, CI-2003), en 2005 (Recommandation 3, CI-2005) et en 2006 (Recommandation 1, CI-2006). Un effet des recommandations du groupe de travail commun devrait être de stimuler les progrès ultérieurs qui pourraient, éventuellement, aboutir à une proposition de redéfinition de la seconde au moyen d'une transition optique plutôt qu'au moyen d'une transition micro-onde.

Ceci pose des questions techniques sérieuses. En particulier, il est 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 ont donc besoin de continuer à encourager les laboratoires nationaux et le BIPM à examiner ce qui doit être fait pour bénéficier des performances élevées offertes par les étalons de fréquence dans le domaine optique. Le programme de travail du BIPM présenté à cette Conférence générale comprend donc une proposition de coordonner un projet international sur cette question, afin d'évaluer les options scientifiques et de proposer un moyen de comparer à distance les étalons optiques de fréquence.

■ **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 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- les progrès rapides et les améliorations importantes des performances des étalons optiques de fréquence,
- que les techniques des peignes à impulsions femtosecondes sont maintenant couramment utilisées pour relier les radiations optiques et micro-ondes dans un même lieu,
- que les laboratoires nationaux de métrologie travaillent à des techniques de comparaison d'étalons optiques de fréquence sur de courtes distances,
- que des techniques de comparaison à distance doivent être élaborées au niveau international afin de pouvoir comparer les étalons optiques de fréquence,

accueille favorablement

- les activités du Groupe de travail commun au Comité consultatif des longueurs et au Comité consultatif du temps et des fréquences pour examiner les fréquences des représentations de la seconde fondées sur des fréquences optiques,
- les ajouts à la mise en pratique de la définition du mètre des radiations recommandées approuvées par le Comité international des poids et mesures en 2002, 2003, 2005 et 2006,
- l'initiative prise par le Bureau international des poids et mesures (BIPM) de s'interroger sur le moyen de comparer les étalons optiques de fréquence,

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 œuvre à la coordination d'un projet international auquel participeraient les laboratoires nationaux de métrologie, projet orienté vers l'étude des techniques qui pourraient servir à comparer les étalons optiques de fréquence.

18.5 Comité consultatif de thermométrie

■ Sur la clarification de la définition du kelvin, unité de température thermodynamique

La comparaison clé récente de cellules à point triple de l'eau effectuée sous l'égide du Comité consultatif de thermométrie (CCT) montre des différences évidentes entre les réalisations des étalons nationaux pour lesquelles une correction a été appliquée pour tenir compte des écarts de la composition isotopique de l'eau utilisée par rapport à la composition isotopique du matériau de référence « Vienna Standard Mean Ocean Water, VSMOW » et celles pour lesquelles cette correction n'a pas été considérée. Ce projet de résolution confirme le soutien de la Conférence générale aux changements apportés aux « Informations complémentaires à l'Échelle internationale de température de 1990 ».

■ Sur la clarification de la définition du kelvin, unité de température thermo-dynamique

Projet de résolution J

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- que le kelvin, l'unité de température thermodynamique, est défini par la fraction $1/273,16$ de la température thermodynamique du point triple de l'eau,
- que la température du point triple de l'eau dépend des abondances relatives des isotopes de l'hydrogène et de l'oxygène présents dans l'échantillon d'eau utilisé,
- que cet effet est maintenant l'une des sources majeures d'écarts observés entre les différentes réalisations du point triple de l'eau,

prend acte de, et accueille favorablement, la décision du Comité international en octobre 2005, sur l'avis du Comité consultatif de thermométrie, selon laquelle

- la définition du kelvin se réfère à une eau de composition isotopique spécifiée,
- cette composition isotopique de l'eau est la suivante :

0,000 155 76 mole de ^2H par mole de ^1H ,
0,000 379 9 mole de ^{17}O par mole de ^{16}O , et
0,002 005 2 mole de ^{18}O par mole de ^{16}O ,

cette composition étant celle du matériau de référence de l'Agence internationale de l'énergie atomique « Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) », recommandée par l'Union internationale de chimie pure et appliquée dans « Atomic Weights of the Elements : Review 2000 »,

- cette composition est définie dans une note attachée à la définition du kelvin dans la Brochure sur le Système international d'unités de la manière suivante :

« Cette définition se réfère à l'eau de composition isotopique définie par les rapports de quantité de matière suivants : 0,000 155 76 mole de ^2H par mole de ^1H , 0,000 379 9 mole de ^{17}O par mole de ^{16}O et 0,002 005 2 mole de ^{18}O par mole de ^{16}O ».

18.6 Comité consultatif de photométrie et radiométrie

■ Sur l'importance des mesures traçables au Système international d'unités (SI) pour l'observation du changement climatique

Les précédentes Conférences générales (*voir* Résolution 4 de la 21^e Conférence générale et Résolution 5 de la 22^e Conférence générale) ont affirmé l'utilité de la traçabilité au SI des mesures liées au changement climatique et l'importance des mesures pour l'environnement. De nombreux laboratoires nationaux de métrologie ont déjà élaboré des programmes conséquents liés à l'environnement. Au cours de ces dernières années, la préoccupation pour le climat de la Terre a augmenté de manière considérable ; le BIPM a donc intensifié ses interactions avec l'Organisation météorologique mondiale (OMM) et les organismes connexes. Le BIPM maintient aussi des étalons de mesure d'ozone de référence au niveau du sol et a réorienté une part considérable de son programme de travail vers des activités liées au changement climatique. Ceci a pour but d'anticiper le besoin d'étalons cohérents au niveau international, pouvant convenir pour des mesures à basses concentrations des gaz qui contribuent au réchauffement climatique et aux émissions de gaz réactifs. L'OMM a beaucoup contribué à identifier les besoins scientifiques et les priorités pour les comparaisons ; elle collabore avec le BIPM pour établir les moyens d'assurer la traçabilité au SI dans ce domaine.

Le Comité consultatif de photométrie et radiométrie, en collaboration avec le Comité consultatif pour la quantité de matière et le Comité consultatif des rayonnements ionisants, s'est intéressé spécifiquement aux mesures liées à l'environnement et a présenté son point de vue au Comité international en 2005. Afin d'augmenter le nombre d'initiatives prises par les États membres pour traiter du changement climatique, nous présentons le projet de résolution suivant à la Conférence générale.

■ Sur l'importance des mesures traçables au Système international d'unités (SI) pour l'observation du changement climatique

Projet de résolution K

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

rappelant la Résolution 4 de la 21^e Conférence générale des poids et mesures (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,

considérant

- l'augmentation du nombre d'initiatives prises au niveau international et national pour faire face aux défis et aux implications du changement climatique dans le monde,
- les arrangements de travail entre le Comité international et l'Organisation météorologique mondiale (OMM),

- l'importance croissante des mesures des rayonnements optiques et des mesures physico-chimiques de l'air, au niveau du sol et en altitude, ainsi que des mesures physico-chimiques de l'eau des océans, qui confortent les recherches pour comprendre les causes et l'impact du changement climatique,
- l'importance de fonder les mesures à long terme relatives au changement climatique sur les références stables du SI,

accueille favorablement le projet de conférence internationale organisée par le BIPM et par l'OMM sur l'importance croissante du rôle de la métrologie dans les études du changement climatique global,

recommande aux organismes concernés de prendre des dispositions pour s'assurer que toutes les mesures utilisées pour effectuer des observations susceptibles d'être utilisées pour des études sur le climat soient entièrement traçables aux unités du SI,

et recommande aux organismes de financement appropriés de soutenir la mise en œuvre de techniques qui pourraient permettre d'élaborer une série d'étalons radiométriques et d'instruments assurant la traçabilité au SI pour établir cette traçabilité dans les mesures terrestres et spatiales.

18.10 Comité consultatif des unités

■ Sur une éventuelle redéfinition de certaines unités de base du Système international d'unités (SI)

Depuis de nombreuses années, nous avons observé un intérêt considérable pour une redéfinition du kilogramme et d'autres unités de base du SI. Cet intérêt est fondé sur deux facteurs principaux. D'abord, le kilogramme est la dernière unité de base définie par un étalon matériel. Deuxièmement, les progrès récents effectués dans les laboratoires nationaux de métrologie et autres offrent la possibilité de redéfinir plusieurs unités de base du SI fondées sur des valeurs fixées d'un certain nombre de constantes fondamentales de la physique. Il faudra, toutefois, remplir certaines conditions scientifiques avant de procéder à ces redéfinitions. Les métrologistes doivent être assurés que les valeurs choisies pour les constantes fondamentales, sur lesquelles les nouvelles définitions seraient fondées, n'introduisent pas de discontinuités notables dans la dissémination de l'unité. Ceci implique un accord et une cohérence entre les approches expérimentales alternatives utilisées pour fixer les valeurs des constantes fondamentales en question. Enfin, les réalisations des définitions des unités doivent être telles que les communautés d'utilisateurs, y compris les plus exigeantes d'entre elles, en tireront des avantages ou n'en seront pas considérablement affectées.

Les progrès réalisés pendant ces dernières années ont donné aux métrologistes une confiance plus grande dans le fait qu'une définition du kilogramme fondée sur la constante de Planck ou sur la constante d'Avogadro serait possible. Si les résultats des expériences en cours convergent, et s'ils offrent des incertitudes relatives proches de quelques 10^{-8} , les conditions scientifiques pour une nouvelle définition du kilogramme pourraient être globalement réunies. Il existe actuellement des divergences entre les résultats obtenus selon les différentes approches adoptées par les groupes de recherche concernés, et l'histoire de la métrologie a montré qu'il est souvent prudent d'attendre et d'être sûr que le moment est réellement venu d'adopter une nouvelle définition. Les Comités consultatifs du CIPM ont discuté à de nombreuses occasions de ce sujet, en particulier au cours des deux dernières années, et plusieurs d'entre eux ont proposé des recommandations au CIPM.

En particulier, le Comité consultatif des unités pense qu'il est possible de redéfinir le kilogramme lors de la Conférence générale en 2011. Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) a accueilli prudemment cette possibilité et a souligné le besoin de résoudre les écarts entre les résultats d'expériences indépendantes. Le CCM a de plus recommandé que l'incertitude-type de la meilleure réalisation de la définition du kilogramme n'excède pas 2×10^{-8} en valeur relative au niveau de 1 kilogramme. Le Comité consultatif d'électricité et magnétisme a considéré qu'une nouvelle définition du kilogramme fondée sur une valeur fixée de la constante de Planck, combinée à une redéfinition de l'ampère fixant la valeur de la charge élémentaire, aurait des avantages pour la communauté des électriciens. Le Comité consultatif pour la quantité de matière a observé que ces redéfinitions ont des implications sur la définition de la mole et a conclu qu'aucune nouvelle définition ne devra être examinée tant qu'il subsistera une différence de 1×10^{-6} , en valeur relative, entre les résultats des expériences fondées sur la constante de Planck et de celles fondées sur la constante d'Avogadro. Le Comité consultatif de thermométrie a considéré que de nouvelles déterminations de la constante de Boltzmann sont nécessaires avant de préparer une éventuelle nouvelle définition du kelvin. Tous les Comités consultatifs sont soucieux de bien préparer cette ou ces nouvelles définitions. De plus, les communautés d'utilisateurs devraient être pleinement informées et consultées à propos de leurs effets éventuels.

Lors de sa réunion en 2005, le Comité international a donc adopté la Recommandation 1 (CI-2005) qui invite, entre autres, tous les Comités consultatifs à examiner les implications du changement des définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole, et à présenter un rapport au Comité international au plus tard en juin 2007. Le Comité international a aussi recommandé que :

- les laboratoires nationaux de métrologie poursuivent énergiquement les expériences en cours pour obtenir des résultats supplémentaires, afin de renforcer la confiance dans les changements proposés ;
- les laboratoires nationaux de métrologie et les Comités consultatifs poursuivent leurs activités pour voir quelles nouvelles définitions pourraient être mises en œuvre car des mises en pratique seront probablement nécessaires pour chacune des unités en question. De nombreux Comités consultatifs concernés ont maintenant établi des groupes de travail spécifiques pour examiner ces questions ; et
- une fois la proposition du CCU approuvée, la 23^e réunion de la Conférence générale devra attirer l'attention des États membres sur la possibilité de redéfinir plusieurs unités du SI lors de la 24^e réunion de la Conférence générale en 2011, si les conditions requises sont remplies.

Le Comité international a aussi recommandé que les communautés d'utilisateurs en soient informées et soient consultées.

■ **Sur l'éventuelle redéfinition de certaines unités de base du Système international d'unités (SI)**

Projet de résolution L

La 23^e Conférence générale des poids et mesures,

considérant

- que les laboratoires nationaux de métrologie et le Bureau international des poids et mesures (BIPM) ont consacré des efforts considérables depuis de nombreuses années en vue de promouvoir et d'améliorer le Système international d'unités (SI), en repoussant les limites de la métrologie, afin de définir les unités de base du SI en fonction de constantes de la nature – les constantes physiques fondamentales,
- 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 (2^e CGPM, 1889 et 3^e CGPM, 1901), et que les définitions de l'ampère, de la mole et de la candela dépendent du kilogramme,
- la 21^e Conférence générale a adopté en 1999 la Résolution 7, laquelle recommandait 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 »,
- de nombreux progrès ont été réalisés ces dernières années pour relier la masse du prototype international à la constante de Planck, h , ou à la constante d'Avogadro, N_A ,
- les initiatives prises pour déterminer la valeur d'un certain nombre de constantes fondamentales, y compris celle de la constante de Boltzmann k_B ,
- que des implications significatives et des avantages potentiels découlent de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole, suite aux progrès récents accomplis,
- la Recommandation 1 (CI-2005) du Comité international adoptée lors de sa session d'octobre 2005 et diverses recommandations des Comités consultatifs sur la redéfinition d'une ou plusieurs unités de base du SI,

notant

- que les changements dans les définitions des unités du SI doivent être cohérents,
- que les définitions des unités de base du SI doivent être faciles à comprendre,
- le travail effectué par le Comité international et par ses Comités consultatifs,
- la nécessité de contrôler les résultats des expériences,
- l'importance de solliciter les commentaires et les contributions de la vaste communauté des scientifiques et des utilisateurs,
- la décision du Comité international en 2005 d'approuver, en principe, la préparation de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et la possibilité de redéfinir la mole,

recommande que les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM

- poursuivent les expériences appropriées afin que le Comité international puisse juger s'il est possible ou non de redéfinir le kilogramme, l'ampère, le kelvin et la mole en utilisant des

valeurs fixées pour certaines constantes fondamentales lors de la 24^e Conférence générale en 2011,

- réfléchissent, en collaboration avec le Comité international, ses Comités consultatifs et les groupes de travail concernés, aux moyens pratiques de réaliser les nouvelles définitions fondées sur des valeurs fixées de constantes fondamentales, préparent une mise en pratique de chacune d'elles, et examinent quel est le moyen le plus approprié pour expliquer les nouvelles définitions aux utilisateurs,
- suscitent des campagnes de sensibilisation pour alerter les communautés d'utilisateurs sur l'éventualité de nouvelles définitions afin que leurs implications techniques et juridiques, ainsi que leurs réalisations pratiques, soient discutées et examinées avec soin,

et **demande** au Comité international de présenter un rapport à ce sujet à la 24^e Conférence générale en 2011 et d'entreprendre tous les préparatifs qu'il considère comme nécessaires de manière à ce que, si les résultats des expériences sont jugés convenables et les besoins des utilisateurs satisfaits, il puisse être officiellement proposé à la 24^e Conférence générale d'approuver de nouvelles définitions du kilogramme, de l'ampère, du kelvin et de la mole.

19 Propositions des Délégués

Il est demandé aux Délégués des États membres de faire connaître au Comité international les vœux ou propositions qu'ils désirent soumettre à la Conférence générale aussi rapidement que possible, et en tout cas au moins six mois avant la Conférence, conformément à la décision de la 9^e réunion de la Conférence générale (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. »

20 Renouvellement par moitié du Comité international

Conformément aux articles 7 (1875) et 8 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre, la Conférence générale procède, au scrutin secret, au renouvellement par moitié du Comité international. Les membres sortants sont d'abord ceux qui, en cas de vacances, ont été élus provisoirement dans l'intervalle de deux sessions de la Conférence, les autres sont désignés par le sort. Les membres sortants sont rééligibles.

Janvier 2007

Pour le Comité international des poids et mesures
Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex

Le Secrétaire,
R. Kaarls

Le Président,
E.O. Göbel

Annexe B

Programme de travail et budget du Bureau International des poids et mesures pour les quatre années 2009 à 2012

Résumé

Ce document présente les propositions concernant le programme de travail et budget du Bureau international des poids et mesures (BIPM) pour les années 2009 à 2012.

Les projets mentionnés dans ce document permettent de mettre à disposition des équipements ou d'offrir des services aux États membres. Chacun de ces projets bénéficie du soutien scientifique des représentants des laboratoires nationaux de métrologie membres des Comités consultatifs du Comité international des poids et mesures (CIPM). Les représentants des laboratoires nationaux de métrologie n'ont cessé de déclarer que le programme de travail du Bureau international est fondamental pour eux. Ils ont aussi réclamé du personnel supplémentaire pour poursuivre les activités actuelles et pour en entreprendre de nouvelles. Les ressources actuelles sont insuffisantes pour faire face à un certain nombre d'activités hautement prioritaires.

Si l'on ne met pas en œuvre le travail proposé, il faudra dupliquer chaque projet au niveau national, et le coût en sera bien plus considérable. En partageant le coût d'un équipement et en soutenant le Bureau international, les États membres réalisent des économies et augmentent l'efficacité et le succès de leur structure métrologique nationale. Un système de métrologie international au service des besoins actuels et travaillant au niveau global afin d'étendre le réseau de traçabilité des mesures ne peut être réalisé, à un coût minimal pour les États membres, que grâce au travail du Bureau international. Les domaines dans lesquels le Bureau international a un impact majeur comprennent : le soutien au commerce et aux échanges internationaux, à l'innovation industrielle, à la santé humaine et à la sécurité, à la médecine, à l'alimentation et à l'environnement mondial.

Les domaines d'activités existants ne cessent d'évoluer afin de répondre à des priorités en perpétuel changement. Le programme de travail actuel ne peut que proposer un modeste effort supplémentaire pour aborder certains projets additionnels jugés de la plus haute importance par les Comités consultatifs et par le CIPM.

Afin d'établir le programme de travail, le Bureau international et le Comité international ont défini des critères détaillés pour les activités scientifiques et de coordination internationale du Bureau international en matière de métrologie. Le Bureau international a tout d'abord préparé des propositions initiales concernant les activités pour les années 2009 à 2012, conformes à ces critères. Ces propositions ont ensuite été examinées par les Comités consultatifs. Seules les propositions les plus importantes et les plus pertinentes pour la métrologie ont été retenues. Le CIPM a alors fixé les priorités du projet de programme de travail et les a approuvées lors de sa session d'octobre 2006. Le CIPM considère que toutes les activités proposées correspondent aux critères établis et constituent le minimum requis pour répondre aux besoins actuels. Le CIPM recommande à l'unanimité que la Conférence générale des poids et mesures (CGPM) approuve et finance la totalité du programme de travail.

Le programme de travail identifie les motivations scientifiques principales et les exigences métrologiques ; il explique pourquoi le Bureau international occupe une position unique pour traiter tel aspect ou tel projet particulier et dresse la liste des bénéficiaires et des services offerts.

Les sept points principaux de ce programme sont les suivants :

- Les étapes pour préparer les changements des définitions actuelles d'un certain nombre d'unités de base du Système international d'unités (SI) qui pourraient intervenir d'ici les prochaines années. Deux de ces changements ont un impact d'une importance particulière pour les activités techniques du Bureau international. Le premier, un projet de redéfinition du kilogramme et d'un certain nombre d'autres unités de base du SI, souligne l'importance de l'expérience de la balance du watt du Bureau international et du nouveau projet pour mettre au point des étalons de masse de référence, afin d'assurer la continuité du système métrologique mondial dans le domaine de la masse. Le second concerne les étapes techniques nécessaires pour préparer l'intégration à l'échelle de temps internationale, d'ici quelques années, d'une nouvelle génération d'« horloges optiques » de haute exactitude. Le moment venu, ces horloges pourraient susciter un changement de l'actuelle définition de la seconde.
- Les projets à long terme pour augmenter le nombre et améliorer les équipements de référence et les étalons voyageurs, s'il est plus rentable d'un point de vue technique et économique que ceux-ci soient fournis et maintenus par le Bureau international plutôt que par un ou plusieurs laboratoires nationaux de métrologie. Citons par exemple le Système international de référence pour les mesures d'activité d'émetteurs de rayons gamma (SIR) et les étalons voyageurs de Josephson. Ces activités étayent des comparaisons clés et autres, conduites dans le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM (le MRA du CIPM), Arrangement de plus en plus reconnu par les agences de réglementation et d'accréditation et par les législateurs comme étant un moyen très efficace pour s'attaquer aux obstacles techniques au commerce.
- Un réajustement à venir du travail scientifique en métrologie en physique, qui a déjà eu pour conséquence la fermeture de deux sections afin de se consacrer uniquement aux priorités les plus hautes.
- Un programme en chimie construit autour d'activités de support sur le changement climatique et la qualité de l'air, et qui fournit les références primaires pour les domaines de la santé, de l'alimentation et de la médecine légale, les plus prioritaires actuellement ; ces activités ont été identifiées en partenariat avec les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux concernés.
- Une attention permanente aux nouveaux secteurs auxquels le SI pourrait être bénéfique.
- Un soutien administratif et technique à la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM.
- La promotion des avantages résultant de la traçabilité des mesures au niveau international et auprès des États qui ne sont pas encore signataires de la Convention du Mètre.

Le CIPM apporte aussi son soutien à un nouveau projet sur la traçabilité internationale et l'incertitude des mesures en dosimétrie des rayonnements pour le traitement du cancer et pour d'autres traitements médicaux fondés sur des accélérateurs linéaires. Les techniques thérapeutiques hospitalières actuelles, fondées sur des sources de rayonnement du ^{60}Co , sont progressivement remplacées par des sources fondées sur le rayonnement d'accélérateurs linéaires. De plus en plus, les laboratoires nationaux de métrologie investissent dans des

équipements nationaux fondés sur des accélérateurs. L'accès à un équipement de référence international permettrait alors, au moyen de comparaisons, de réduire les incertitudes nationales au niveau actuel des sources de ⁶⁰Co. Il faudrait investir environ 2,3 millions d'euros pour l'acquisition d'un accélérateur linéaire au Bureau international. En établissant les priorités pour le projet de programme de travail, le CIPM propose que la Conférence générale prenne la décision de proposer de mettre cet équipement à l'ordre du jour du programme de travail pour les années 2013 à 2016. L'utilisation d'un accélérateur appartenant à un laboratoire national de métrologie comme équipement international n'est pas une solution à long terme aux besoins internationaux. D'ici quelques années, les accélérateurs des laboratoires nationaux de métrologie seront tellement utilisés qu'il n'y aura pas une seule machine qui puisse être libre suffisamment longtemps pour servir aux comparaisons internationales.

Afin de financer ce programme de travail, le Bureau international demande une augmentation de 15 % de sa dotation, soit une augmentation réelle de 11 %, plus 4 % pour tenir compte de l'inflation dans une organisation scientifique. Cette augmentation résulte essentiellement de l'accroissement des responsabilités placées par les États membres sur le Bureau international et du financement insuffisant des deux précédents programmes de travail.

1 Introduction

Ce document détaille le point 12 de l'Ordre du jour provisoire de la 23^e réunion de la Conférence générale des poids et mesures et le projet de résolution C sur la dotation du Bureau international des poids et mesures. L'Ordre du jour provisoire figure à la page 5 de la Convocation de la Conférence générale envoyée aux Gouvernements des États membres en janvier 2007. Le point 12 de l'Ordre du jour traite du programme de travail à venir du Bureau international et de ses implications financières.

2 La mission du Bureau international

Le rôle et la mission du Bureau international ont été discutés et approuvés par les deux précédentes Conférences générales. Le texte ci-dessous est extrait du rapport *Évolution des besoins dans le domaine de la métrologie pour le commerce, l'industrie et la société et le rôle du BIPM* présenté à la 22^e réunion de la Conférence générale et approuvé.

Le rôle du Bureau international

Le Bureau international a pour mission d'assurer l'unification mondiale des mesures, en établissant les fondements scientifiques et techniques nécessaires à une telle uniformité et en collaborant avec les autres institutions et organisations qui accomplissent des missions connexes. En conséquence, les missions principales du Bureau international consistent à :

Le Système international d'unités (SI)

- tenir à jour et diffuser le document sur le Système international d'unités, connu sous le nom de Brochure sur le SI.

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, le Temps universel coordonné (UTC) ;
- réaliser d'autres unités de base et des unités dérivées du SI et, si nécessaire, des unités qu'il n'est pas encore possible de relier au SI ;
- participer à la mise au point de méthodes primaires de mesure et de procédures pour l'analyse chimique et la bioanalyse, et si nécessaire conserver des étalons dans ces domaines ;
- entreprendre des recherches sur la mise au point d'étalons de mesure, actuels et à venir, et notamment des activités de recherche fondamentale, des études 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.

Services techniques spécifiques offerts aux laboratoires nationaux de métrologie

- effectuer des comparaisons internationales des réalisations d'un certain nombre d'unités de base ou dérivées du SI, en réponse aux besoins de l'ensemble des laboratoires nationaux de métrologie ;
- fournir un service d'étalonnage spécialisé d'un certain nombre d'étalons nationaux de mesure pour les laboratoires nationaux de métrologie, lorsque c'est souhaitable et réalisable ;
- favoriser le transfert de technologie à l'occasion des étalonnages et des comparaisons organisées par le Bureau international ;
- favoriser l'échange de personnel scientifique entre le Bureau international et les laboratoires nationaux de métrologie ;
- fournir un service de conseil aux laboratoires nationaux de métrologie, lié à l'examen de leurs activités par leurs pairs.

Coordination globale de la métrologie

- soutenir autant que nécessaire 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 du CIPM, le MRA, en maintenant la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, en assurant la gestion du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du Bureau international, 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 Conférence générale des poids et mesures, du Comité international et de ses Comités consultatifs, ainsi que des réunions des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie et des divers comités communs, et publier des rapports sur leurs délibérations.

Relations avec les autres organisations

- établir des accords avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux, dans les cas où de tels accords aideraient à coordonner les activités de ces organisations et du Bureau international, ou du CIPM, ou pourraient stimuler la coordination correspondante au niveau national et régional ;
- collaborer avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux accomplissant des missions connexes et, si nécessaire, établir des comités communs ;
- faire valoir les intérêts communs des laboratoires nationaux de métrologie des États membres, si l'occasion se présente.

Information et communication

- Promouvoir aussi largement que possible, et par tous les moyens appropriés, les activités de la Convention du Mètre, en particulier :
- maintenir sur le site Web du Bureau international les informations relatives à la Convention du Mètre, au Comité international, à ses Comités consultatifs, aux comités communs, à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM, y compris la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, et sur les questions relatives à la métrologie au niveau international ;
- éditer et publier *Metrologia*, le journal scientifique international sur la métrologie ;
- tenir à jour et diffuser le plus largement possible, 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* et le *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure* ;
- organiser des ateliers et des écoles d'été au bénéfice du personnel des laboratoires nationaux de métrologie.

Efficacité en termes de coût et évolution du rôle du Bureau international

Le Bureau international cherchera à accomplir les missions qui lui sont imparties de la manière la plus efficace possible, y compris en termes de coût. Il continuera à se tenir prêt à s'adapter aux besoins, en réponse aux décisions du CIPM, au nom des États membres.

3 Approche générale et présentation du programme de travail pour les années 2009 à 2012

Suite aux remarques exprimées lors de la précédente Conférence générale, le Comité international a revu les critères selon lesquels le Bureau international doit fonder son programme de travail. Ils sont résumés dans l'annexe 1 du programme de travail.

Afin que le Comité international puisse situer à plus long terme le programme de travail établi pour une durée de quatre ans, le Bureau international a élaboré des projets techniques pour les dix prochaines années. Le contexte évolue constamment et les projets à dix ans seront régulièrement réexaminés par le CIPM.

Afin d'établir le projet de programme de travail pour les années 2009 à 2012, le Bureau international et le Comité international ont estimé :

- les motivations et les facteurs de déclenchement de ces activités, fondés sur une analyse des besoins scientifiques, sur l'avis des laboratoires nationaux de métrologie, sur le travail des nouveaux groupes stratégiques des Comités consultatifs, sur les feuilles de route et les rapports internationaux et nationaux, et sur le point de vue des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux avec lesquels le Bureau international travaille ;

- les bénéficiaires potentiels, qui comprennent les laboratoires nationaux de métrologie, les organismes internationaux, les organisations inter-gouvernementales et les communautés d'utilisateurs spécialisés auxquels un plus grand usage du SI pourrait être bénéfique ;
- les conséquences attendues et les impacts de ce travail ; et
- les activités pour lesquelles le Bureau international pourrait apporter une contribution unique.

Des critères similaires ont été appliqués aux activités scientifiques et de coordination du Bureau international.

Le CIPM a adopté une nouvelle présentation pour le programme de travail, séparant les programmes en deux blocs principaux :

- Un programme central, qui montre l'évolution des activités établies dans les précédents programmes de travail et l'évolution des priorités dans les laboratoires nationaux de métrologie et autres. Ces activités sont conformes aux critères établis pour le programme de travail et à l'analyse donnée ci-dessus. Les ajustements des ressources actuelles nécessaires pour délivrer ce programme de travail sont identifiés.
- Des propositions de projets nouveaux qui, s'ils étaient approuvés, seraient ajoutés aux activités actuelles. En général, les propositions de projets nouveaux concernent les principales nouvelles activités en métrologie dans les domaines concernés. Tous ces projets demandent des investissements supplémentaires. Les nouveaux besoins en personnel sont clairement identifiés.

Les principaux points du projet de programme de travail pour les années 2009 à 2012 approuvés par le Comité international sont les suivants :

- Les mesures destinées à préparer les changements des définitions actuelles d'un certain nombre d'unités de base du Système international d'unités, susceptibles d'intervenir dans les prochaines années. Deux de ces changements affectent les étalons matériels de référence des unités de masse et de temps. Le premier est nécessaire pour assurer la continuité du système métrologique mondial dans le domaine de la masse. Le second est nécessaire pour se préparer à intégrer une nouvelle génération « d'horloges optiques » de haute exactitude dans l'échelle de temps internationale. Le moment venu, ces horloges pourraient servir à susciter une nouvelle définition de la seconde. Le Bureau international sera impliqué dans la coordination du travail technique que les laboratoires nationaux de métrologie doivent effectuer pour être à même de comparer ces horloges avec une exactitude en accord avec leurs performances.
- Le travail en cours en dosimétrie, afin de faire face à l'impact des nouvelles techniques de mesures médicales utilisées pour le traitement des tumeurs. Il sera nécessaire de disposer pour ce travail d'un équipement de référence international afin de comparer les équipements nationaux ; ce travail permettrait de réduire les incertitudes de mesure au niveau national. Le travail initial sur ce projet débiterait dans le cadre du programme de travail pour les années 2009 à 2012. Il est demandé à la Conférence générale d'approuver ce projet, en vue de financer des dépenses d'investissement de 2,3 millions d'euros au cours des années 2013 à 2016, afin d'acquérir un équipement de référence international.
- Renforcer les succès de l'expansion récente de la métrologie en chimie et établir les priorités pour les activités de soutien à la métrologie des étalons de gaz concernant le changement climatique et la qualité de l'air. La seconde priorité concerne les étalons primaires de

référence pour les mesures médicales. Le projet éventuel sur la bioanalyse, la médecine légale et l'alimentation est repoussé à la période couverte par le programme de travail pour les années 2013 à 2016, mais l'étude des priorités et des besoins internationaux commencera pendant les années 2009 à 2012.

- Une activité accrue de coordination, résultant des opportunités d'introduire les concepts de traçabilité au SI et d'incertitude dans de nouveaux domaines d'application tels que le changement climatique, l'alimentation, la médecine légale et la santé, et de les promouvoir auprès d'un nombre croissant d'organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux, en particulier dans des domaines où les concepts de la métrologie sont insuffisamment développés.
- Le soutien aux activités des Comités consultatifs, car ces derniers identifient les besoins d'innovation en métrologie, afin d'étayer les technologies émergentes telles que la nanotechnologie, les systèmes mécaniques en microélectronique, l'énergie, la sécurité et les nouveaux matériaux.
- Les initiatives pour promouvoir les avantages de l'accession à la Convention du Mètre, pour ceux qui n'en sont pas membres, pour aider à améliorer les compétences en métrologie des États membres et des Associés, en leur permettant d'acquérir de l'expérience, et pour le transfert de connaissances.

4 La place du Bureau international dans la métrologie mondiale

Les activités du Bureau international résultent, dans un grand nombre de cas, de sa position unique dans le système métrologique mondial. Cet argument s'applique à toutes les activités et tous les projets nouveaux proposés. Afin de ne pas se répéter dans la suite du document, les justifications générales sont indiquées ci-dessous.

Le Bureau international offre :

- Une organisation intergouvernementale indépendante unique, en charge de l'uniformité mondiale des mesures. Elle assure les fondements scientifiques et techniques nécessaires à cette uniformité et collabore avec les autres institutions et organisations ayant des missions connexes. Elle met en œuvre le programme de travail approuvé par les États membres.
- Un environnement assurant un engagement à long terme où la continuité est assurée. Ceci s'effectue au moyen de projets décennaux et de programmes de travail de quatre ans, ainsi que par un partage du coût d'équipements de référence qui sont mis à la disposition des laboratoires nationaux de métrologie et des laboratoires désignés des États membres.
- Une organisation scientifique intergouvernementale capable de développer et de maintenir, à frais partagés, des étalons voyageurs uniques. Ceux-ci peuvent être utilisés pour comparer et valider les étalons nationaux, en général dans le cadre du service de comparaisons clés en continu dont le Bureau international est le laboratoire pilote.

- Des services de transfert de technologie et de connaissances, notamment des ateliers, des événements permettant d'améliorer les compétences, et des opportunités de formation dans le cadre de détachements ou d'échanges. Ces services sont fondés sur l'expérience du Bureau international et sur son approche découlant de son rôle de coordination.
- Des services de laboratoire pilote pour des comparaisons clés ou autres, compte tenu des ressources disponibles et de sa compétence scientifique, et la gestion technique de services tels que la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) et celle du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM).
- Des conseils et de l'aide à la résolution de problèmes, fondés sur ses compétences.
- Des opportunités d'activités de développement ou de détachement pour de courtes durées de membres du personnel des laboratoires nationaux de métrologie.
- Un rôle unique de coordination, qui se concrétise par la prise en charge du secrétariat des Comités consultatifs, des groupes de travail et des comités communs.
- Un accès à une collaboration et un partenariat avec des organisations inter-gouvernementales et des organismes internationaux, dont les laboratoires nationaux de métrologie ne pourraient bénéficier à titre individuel.

Pour que le Bureau international puisse s'acquitter de ses tâches de manière aussi efficace que possible, en particulier de l'activité de collaboration internationale et de coordination, il est largement reconnu qu'il doit être d'abord une organisation scientifique. Ceci lui donne de la crédibilité et lui permet de suivre l'évolution de la métrologie : les scientifiques du Bureau international sont compétents et conscients des priorités de la métrologie internationale et du travail actuel des laboratoires nationaux de métrologie. La crédibilité du Bureau international résulte aussi de son travail de laboratoire, choisi avec soin selon les critères établis par le CIPM, travail validé par les Comités consultatifs et leurs groupes stratégiques et approuvé par le Comité international.

5 Programme de travail du Bureau international

Un certain nombre d'activités et de projets sont transversaux à plusieurs sections du Bureau international. Les activités sont menées dans le cadre du programme de base, en cours, et elles sont modifiées en fonction de l'évolution des priorités. Les projets proposés concernent de nouveaux domaines d'activités ; s'ils sont approuvés, ces derniers constitueront de nouvelles activités du programme de travail. Dans certains cas, ces projets remplacent des activités en cours afin que le travail puisse être réalisé en grande partie avec le budget existant. Dans d'autres cas, il est nécessaire d'avoir recours à des ressources supplémentaires.

5.1 Masse et balance du watt

5.1.1 Programme pour la masse

Introduction

Le Bureau international conserve le prototype international du kilogramme depuis 1875. Il fournit aux États membres des prototypes du kilogramme en platine iridié étalonnés et assure, à la demande, l'étalonnage des étalons nationaux.

Les innovations du programme de travail pour les années 2009 à 2012 sont motivées par la probabilité que le kilogramme soit redéfini, sous peu, en fonction d'une constante fondamentale de la physique.

Objectif

Le programme de travail de la section Masse permettra de continuer à disséminer le kilogramme et assurera que l'ordre hiérarchique, la cohérence et la traçabilité du système métrologique mondial dans le domaine de la masse seront préservés après la redéfinition du kilogramme.

Quelle contribution unique le Bureau international peut-il offrir ?

Le Bureau international détient l'artefact qui définit actuellement l'unité de masse (le kilogramme) du Système international d'unités (SI). Il est donc le seul à pouvoir fournir la traçabilité au SI aux laboratoires nationaux de métrologie qui détiennent des réalisations nationales du kilogramme. De plus, le projet de balance du watt du Bureau international permettra de contrôler les étalons de masse de niveau hiérarchique supérieur, de réaliser au long terme la nouvelle définition et d'assurer sa dissémination sous forme matérielle. Les représentants des laboratoires nationaux de métrologie dans les Comités consultatifs sont d'accord pour que le Bureau international s'engage à maintenir cette aptitude, à leur service, et ils demandent instamment que des ressources supplémentaires soient consacrées à la conservation de l'unité de masse du SI au moyen de la balance du watt et aux activités associées de la section Masse. Les Comités consultatifs ont attiré l'attention sur le fait qu'ils considèrent que ce travail n'est pas suffisamment financé. De plus, il semble probable que la réalisation macroscopique de la nouvelle définition du kilogramme nécessitera de disposer de plusieurs objets matériels de sources différentes. La masse de chacun d'entre eux sera déterminée avec une incertitude expérimentale significative et il sera nécessaire de les combiner afin d'obtenir une meilleure réalisation macroscopique du kilogramme. Une telle activité est parfaitement en accord avec le rôle traditionnel du Bureau international ; elle permettrait de délivrer le système mondial de mesure de masse aux États membres au moindre coût. Toute autre solution demanderait d'investir au moins le même niveau de ressources au niveau national et dupliquerait les dépenses si plusieurs laboratoires nationaux de métrologie estimaient nécessaire d'investir, pour les autres, dans des équipements de référence similaires pour les mesures de masse.

Activités du programme pour la masse

M-A1* Comparaisons de masse pour les laboratoires nationaux de métrologie et pour les besoins internes du Bureau international

Cette activité comprend :

- a) La comparaison et l'étalonnage d'artefacts de 1 kg en platine iridié et les comparaisons et les étalonnages d'étalons secondaires utilisant des balances de pointe.
- b) Les déterminations hydrostatiques du volume d'artefacts de 1 kg nécessaires pour appliquer la correction pour la poussée de l'air aux comparaisons de masse effectuées dans l'air ou d'autres gaz.
- c) Les étalonnages internes de sous-multiples du kilogramme nécessaires pour les étalons de masse du Bureau international ou pour ceux de ses sections de chimie et des rayonnements ionisants.
- d) Les étalonnages d'instruments pour la détermination de la masse volumique de l'air ou d'autres gaz pour la section Masse, ou pour d'autres sections du Bureau international.
- e) La détermination des propriétés magnétiques des étalons de masse. Cette activité a pris une importance accrue avec la mise au point d'expériences de balance du watt, dont certaines parties sensibles peuvent être exposées à des champs et des gradients magnétiques forts. De nombreux laboratoires nationaux de métrologie utilisent maintenant des équipements fournis par le Bureau international, ou dont la conception est fondée sur ceux du Bureau international, afin de déterminer les propriétés magnétiques de leurs étalons.

M-A2 Amélioration de la métrologie des masses au niveau du kilogramme

Les activités et services offerts comprennent :

- a) Une participation active au projet de coordination internationale Avogadro (IAC), afin de déterminer la masse de sphères de 1 kg en monocristal de silicium. Ce projet a pour but d'obtenir une nouvelle valeur de la constante d'Avogadro avec une incertitude relative de 20×10^{-9} en 2009.
- b) Le transfert de masses de l'air au vide, car le prototype international du kilogramme est conservé dans l'air alors que les expériences pour relier le kilogramme à des constantes fondamentales font appel à des mesures de masse des artefacts dans le vide.
- c) Les études des modifications de surface des étalons de masse.

M-A3 Fourniture de prototypes nationaux aux États membres

Le Bureau international étant l'unique fabricant de prototypes au monde, il continuera à fabriquer et à fournir des prototypes du kilogramme en platine iridié étalonnés à ses États membres.

M-A4 Activités de coordination

La section est responsable du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) et du Comité consultatif de thermométrie (CCT) ainsi que de leurs groupes de travail (au

* M fait référence à « Masse » et A à « Activité ».

nombre de onze pour le CCM et de neuf pour le CCT). Elle participe aussi à la réunion annuelle des équipes travaillant sur la balance du watt dans le monde entier. Les membres du personnel de la section contribuent aussi au travail de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML).

Services rendus et avantages

Le Bureau international a fourni 12 prototypes en platine iridié et a étalonné des prototypes et étalons de 1 kg pour 32 États membres au cours des dix dernières années.

Ressources

Le manque de personnel pendant la période couverte par le programme de travail en cours a occasionné un certain nombre de problèmes, qui ont eu un impact sur le service rendu aux États membres, en particulier :

- Le lancement de la comparaison clé CCM.M-K4 a pris du retard.
- L'automatisation de l'activité d'étalonnage des sous-multiples du kilogramme a pris du retard et continue à avancer moins vite que prévu.
- Nous avons cessé temporairement les travaux de mise au point de la station d'étalonnage de l'humidité relative et de mesure du point de rosée en attendant que des moyens soient disponibles.
- L'automatisation au moyen de LabView des données collectées pour le service d'étalonnage a pris du retard, malgré une amélioration substantielle du logiciel réalisée grâce à l'aide d'un physicien détaché du DFM, Danemark.

Le personnel actuel (un physicien à plein temps et deux à temps partiel, une assistante et une technicienne) est insuffisant pour faire face aux responsabilités scientifiques et de coordination approuvées pendant le précédent programme de travail. Ceci est dû en grande partie à l'affectation de 1,3 postes de physicien au projet sur la balance du watt du Bureau international et au remplacement d'un seul des deux techniciens qui ont pris leur retraite.

Le Comité international, lors de sa session d'octobre 2006, a approuvé le recrutement d'un technicien pour pourvoir le poste resté vacant en raison de restrictions budgétaires, afin que le personnel de la section soit d'un niveau suffisant pour délivrer le programme de base sans retards inacceptables. Même dans ces conditions, il est prévu que le nouveau technicien consacra une part considérable de son temps à la balance du watt.

Nouveau projet

M-P1* Conservation d'artefacts de 1 kg

Les deux projets explicités ci-dessous constituent une évolution naturelle du programme principal et sont motivés par la nécessité de faire face aux conséquences d'une éventuelle redéfinition du kilogramme. Sans ces projets, le Bureau international ne serait pas capable de

* M fait référence à « Masse » et P à « Projet ».

répondre aux changements importants liés à l'unité de masse et à sa dissémination pour de nombreuses décennies.

M-P1A Conservation d'un équipement pour la comparaison d'artefacts de 1 kg dans le vide ou en atmosphère inerte

Objectif

Une redéfinition du kilogramme signifierait que la masse du prototype international serait affectée d'une incertitude et que la mise en pratique pourrait découler de la formulation de la définition. Le projet a pour but de relier les masses des étalons en silicium et en platine iridié utilisés dans les balances du watt et pour le projet de l'IAC, artefacts qui sont conservés dans l'air, dans le vide ou dans l'atmosphère d'un gaz comme l'azote ou l'argon.

Quelle contribution unique le Bureau international peut-il offrir ?

Le Bureau international peut s'engager à maintenir ces équipements à long terme, au profit de la communauté internationale des masses ; c'est l'endroit naturel pour ce faire en raison de ses compétences et de son rôle de laboratoire de pointe pour les mesures de masse de la coordination internationale Avogadro. Les équipements de base existent déjà au Bureau international sous la forme d'une série unique de balances qui fonctionnent au niveau métrologique le plus élevé et qui sont le résultat de décennies d'investissements et de la compétence de métrologistes de classe internationale.

Programme

Des équipements de référence seront construits pour ce projet autour de la nouvelle balance de portée 1 kg dans le vide. Cette balance peut porter huit artefacts de 1 kg pouvant atteindre la taille d'une sphère en silicium ; elle a été conçue pour inclure des artefacts auxiliaires pour mesurer la poussée de l'air ou des gaz et les effets de surface. Un sas pour charger et décharger les artefacts en atmosphère contrôlée a déjà été conçu et installé.

Ce projet prévoira aussi des moyens pour le transport des artefacts, dans les conditions ambiantes désirées, entre les laboratoires nationaux de métrologie et le Bureau international.

Services rendus et avantages

Le nouvel équipement sera utile aux laboratoires nationaux de métrologie des États membres et à leurs décideurs. Il aidera à faire en sorte que la douzaine de laboratoires nationaux de métrologie qui ont investi dans des expériences sur la balance du watt et les mesures de diffraction du cristal de silicium aux rayons x n'auront pas la charge supplémentaire d'organiser et d'effectuer des comparaisons de masse.

Les détails de l'équipement proposé seront décidés après consultation du CCM et du Groupe de travail du Comité consultatif d'électricité et magnétisme sur l'utilisation de mesures électriques pour contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme. L'équipement répondra ainsi aux exigences des laboratoires de toutes tailles de toutes les organisations régionales de métrologie.

Ce que le Bureau international fournira :

- Une balance de travail dans le vide avec un sas de chargement, en 2009.
- Un service de comparaisons de masses de 1 kg entre le Bureau international et les laboratoires nationaux de métrologie, dans le vide ou dans une atmosphère spécifique, à partir de 2009.

M-P1B Conservation d'un groupe international d'une douzaine d'artefacts de 1 kg en atmosphère inerte

Objectif

Ce projet repose sur l'adoption du projet M-P1A et a pour but de conserver un groupe d'artefacts de 1 kg ayant la meilleure stabilité possible, fondés sur les progrès actuels de la science des matériaux et de la métrologie des surfaces. Il servira à compléter, éventuellement à remplacer les « témoins » (les copies officielles en platine iridié du prototype international), ce qui est une des options de la mise en pratique du kilogramme macroscopique.

Quelle contribution unique le Bureau international peut-il offrir ?

La contribution unique du Bureau international a déjà été présentée dans le cadre du projet M-P1A. Le Bureau international a une expérience inégalée dans la fabrication des étalons de masse et une compréhension approfondie de la science des surfaces nécessaire pour les améliorer. En plus des ressources du Bureau international, le choix et/ou la fabrication d'un groupe international d'artefacts exigeront une coordination entre les laboratoires nationaux de métrologie participant activement aux recherches et les experts dans le domaine de la science des matériaux et en métrologie des surfaces.

Services rendus et avantages

Les avantages de ce projet pour la communauté des masses macroscopiques et pour les laboratoires nationaux de métrologie seront substantiels, car ce projet pourrait permettre en fin de compte de remplacer le prototype international par un meilleur artefact.

Ce que le Bureau international fournira :

- La création du groupe international d'artefacts, en 2009.
- L'installation d'un équipement pour le nettoyage des éléments du groupe international, en 2010.
- Le contrôle des masses des éléments du groupe, à partir de 2009.
- Des comparaisons des étalons des laboratoires nationaux de métrologie à ceux du groupe international, à partir de 2012.

Les partenaires de cette activité comprendront des laboratoires nationaux de métrologie effectuant activement des recherches sur les artefacts, comme le LNE, le METAS, le NIST, le NMIJ, le NPL et la PTB.

Ressources globales

Pour la mise en œuvre des projets M-P1A et M-P1B, il faudra un nouveau technicien recruté sur un poste permanent pour assurer un soutien aux projets et pour effectuer les mesures supplémentaires de routine nécessaires aux projets. La direction scientifique des projets sur la masse sera confiée à un nouveau physicien.

5.1.2 *Balance du watt*

Introduction

En 2002, le Comité international a décidé que le Bureau international devait commencer à travailler sur une balance du watt de conception nouvelle, pouvant éventuellement permettre de réaliser de manière quantique l'unité de base de masse du SI. Ce projet est critique pour l'avenir du Bureau international en tant que gardien du prototype international du kilogramme. C'est aussi un complément vital au programme sur la masse pour les années 2009 à 2012, qui comprend la mise en pratique d'une éventuelle nouvelle définition de l'unité de masse. Le projet de balance cryogénique du Bureau international repose sur une approche différente de celle choisie par les autres laboratoires nationaux de métrologie ; il devrait accroître la confiance dans les mesures nécessaires à toute nouvelle définition du kilogramme. C'est un des projets de recherche de « première ligne » recommandés par le Comité international.

Objectifs et motivations

Ce projet a pour but de mettre au point une balance du watt capable de relier la masse du prototype international à la constante de Planck, avec une incertitude d'environ 1×10^{-8} en valeur relative.

Il rassemble actuellement du personnel de différentes sections du Bureau international. Le Bureau international collabore aussi avec d'autres laboratoires et recherche pour l'avenir des collaborateurs en détachement.

Comme il est possible que le kilogramme soit redéfini en 2011, il est essentiel que le Bureau international, pour remplir sa mission, ait de l'aide pour suivre l'évolution et les progrès du SI.

Quelle contribution unique le Bureau international peut-il offrir ?

Le Bureau international conserve le prototype international ; c'est donc l'endroit logique où investir à long terme dans une expérience de balance du watt pour réaliser la nouvelle définition du kilogramme. Le Bureau international possède actuellement un grand nombre des compétences essentielles nécessaires pour réaliser l'expérience et il collaborera avec d'autres laboratoires nationaux de métrologie pour les compléter ou pour faire appel à des compétences spéciales, si nécessaire. Au cours de ces dernières années, un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie ayant fait des expériences dans ce domaine y ont mis fin pour des raisons financières ou techniques. De plus, les autres laboratoires ne peuvent pas s'engager à maintenir un équipement pour la balance du watt pendant aussi longtemps que nécessaire – probablement des décennies. Le Bureau international peut, avec l'aide et grâce à l'engagement des États membres, fournir cet équipement à long terme pour le monde entier.

W-A1* Programme sur la balance du watt

C'est un projet de recherche qui comporte de nombreuses inconnues et il est difficile de le planifier de manière détaillée pour les années 2009 à 2012. Dans le cadre du programme de travail pour les années 2005 à 2008, le Bureau international étudie la faisabilité, en plusieurs étapes, des mesures simultanées statiques et dynamiques à la température ambiante. Les résultats initiaux sont encourageants, mais ils seront limités à un niveau d'incertitude relative d'environ 1×10^{-6} .

L'expérience des autres groupes dans ce travail montre que l'échéance est lointaine et les mesures difficiles. Nous pensons que le travail sur l'instrument à la température ambiante ne sera pas terminé avant 2008, mais les laboratoires nationaux de métrologie pourraient offrir des ressources extérieures, ce qui permettrait de réduire les délais. Le travail commencerait en parallèle sur les aspects cryogéniques du projet.

Services rendus et avantages

L'expérience du Bureau international fournirait tout d'abord une confirmation utile des résultats obtenus avec les autres balances du watt ainsi qu'une vérification indépendante de l'écart observé entre les résultats obtenus avec la balance du watt et avec l'étalon en silicium.

L'avantage à long terme pour la communauté des masses serait de fournir une balance du watt de pointe afin de contrôler les masses en platine iridié utilisées pour conserver le kilogramme et pour aider au projet de mise en pratique.

Ressources

Ce projet est actuellement réalisé par une équipe transversale composée de membres de trois sections du Bureau international (Masse ; Électricité ; Temps, fréquences et gravimétrie), équivalant à environ deux personnes à plein temps.

Afin de refléter la priorité élevée accordée par le Comité international à ce projet et afin de réaliser les progrès requis, il est fondamental de consacrer un nouveau physicien à plein temps à ce projet. Nous proposons en plus d'établir des collaborations et de faire appel à des personnes en détachement à court terme de laboratoires nationaux de métrologie.

Nouveaux moyens demandés pour la masse et la balance du watt : deux physiciens et un technicien.

Le responsable de la section Masse prendra sa retraite pendant la période couverte par le programme de travail et il sera remplacé.

5.2 Temps, fréquences et gravimétrie

La section Temps, fréquences et gravimétrie comprend trois groupes : un groupe consacré aux activités traditionnelles sur le temps, un autre groupe consacré à un nombre restreint d'activités

* W fait référence à la « Balance du watt » et A à « Activité ».

transférées après la fermeture de la section des longueurs en 2006, et un troisième consacré au travail sur la gravimétrie et l'interférométrie.

5.2.1 Temps

Objectifs et motivations

La principale motivation de ce travail est l'établissement des échelles de temps internationales, c'est-à-dire le Temps atomique international (TAI) et le Temps universel coordonné (UTC), une opération confiée au Bureau international par la Conférence générale en 1987. Les communautés de l'espace, des communications et des transports ont besoin que la précision et l'exactitude des mesures de temps soient améliorées au niveau mondial. L'émergence des horloges optiques est potentiellement intéressante pour le TAI, du point de vue scientifique, mais les systèmes actuels de comparaison de temps par satellite ne sont pas assez précis pour comparer les meilleures de ces nouvelles horloges. Cette question sera examinée au niveau international afin d'améliorer l'élaboration et la dissémination du TAI et de l'UTC.

Le Bureau international utilise et coordonne le travail effectué par environ 70 laboratoires nationaux de métrologie pour conserver le TAI et l'UTC et pour offrir l'accès à l'UTC, au moyen de leurs réalisations locales, aux États membres ou aux Associés à la Conférence générale. Ceci est réalisé principalement par la publication mensuelle de la *Circulaire T*. Pour produire le TAI et l'UTC, le Bureau international doit utiliser les données des laboratoires nationaux de temps, de services internationaux comme le Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence (IERS), l'International GPS Service for Geodynamics (IGS), et de systèmes satellitaires tels que le GPS, GLONASS et Galileo. La section contribue à réaliser des comparaisons de temps avec les meilleures techniques du moment et organise un service de comparaison et d'étalonnage pour les équipements de temps du GNSS, ceci étant nécessaire au succès et à l'amélioration de l'efficacité du TAI et de l'UTC.

Quelle contribution unique le Bureau international peut-il offrir ?

Le Bureau international s'est vu attribuer le rôle unique d'établir les échelles de temps international. Les bénéficiaires de ce service comprennent les laboratoires nationaux de métrologie, les administrations nationales, toutes les communautés qui ont besoin d'un temps précis (les scientifiques, la navigation terrestre et spatiale, les systèmes satellitaires, les communications etc.), et le temps civil. Aucun État membre n'a jamais offert de se charger de maintenir l'échelle mondiale de temps au service des autres utilisateurs. Dans tous les cas, les dépenses d'investissement représenteraient plusieurs fois les dépenses consacrées au soutien actuel accordé au Bureau international par les États membres. L'équipe actuelle du Bureau international assure un rôle directeur reconnu pour la métrologie du temps dans les laboratoires nationaux de métrologie et autres. L'étendue de ces compétences techniques n'existe nulle part ailleurs sous la même forme. Son rôle de coordination de plus d'une douzaine d'organismes internationaux ayant des responsabilités dans ce domaine n'est efficace qu'en raison de la compétence du personnel du Bureau international, compétence qui s'est développée grâce au travail pratique sur les échelles de temps et les comparaisons horaires. Par conséquent, il est régulièrement demandé au personnel du Bureau international de représenter la communauté des laboratoires nationaux de métrologie auprès de nombreux groupes et comités internationaux qui œuvrent au niveau international. La section a une longue tradition d'influence et d'activités de

liaison efficaces. En plus de ces contacts quotidiens avec les laboratoires nationaux de métrologie pour l'élaboration et la dissémination des échelles de temps, la section possède un réseau solide de dissémination d'informations aux laboratoires horaires dans le monde.

Programme d'activités dans le domaine du temps

Travail scientifique

- Algorithmes pour le TAI

Le maintien et la mise à jour de l'algorithme de calcul du TAI constituent des activités permanentes de la section et sont essentielles pour améliorer la stabilité en fréquence et l'exactitude de l'échelle de temps. Le TAI est caractérisé aujourd'hui par une stabilité en fréquence (écart-type d'Allan relatif) de $0,4 \times 10^{-15}$ pour des durées moyennes de un mois et par une exactitude de fréquence de quelques 10^{-15} .

- Liaisons horaires pour le TAI

L'échelle de temps de référence est fondée sur des comparaisons d'horloges au moyen de trois types de liaisons horaires : les observations au moyen de récepteurs du temps du GPS à un ou plusieurs canaux, à une seule fréquence ; les observations au moyen de récepteurs du GPS de type géodésique à canaux multiples, à deux fréquences ; et les comparaisons de temps et de fréquences par aller et retour sur satellite géostationnaire.

Ce travail a pour but de réduire l'incertitude des comparaisons d'horloges pour le TAI, fondées sur de nouveaux algorithmes et sur un logiciel conçu pour optimiser l'utilisation des données, en dessous du niveau actuel de la nanoseconde.

Les principales priorités du programme de travail pour les années 2009 à 2012 sont les suivantes :

- passer de la méthode de comparaison par les observations simultanées du GPS à la méthode de pointe des observations globales (« all in view ») du GPS, afin de réduire l'incertitude de type B des comparaisons d'horloges de 20-30 % ;
- réduire l'incertitude sur les comparaisons de temps en passant aux mesures de phase et de code du GPS ;
- utiliser des liaisons horaires redondantes afin d'améliorer les techniques actuelles de comparaisons d'horloges ; et
- utiliser les satellites du GLONASS et les systèmes d'augmentation de la précision du positionnement par satellites (SBAS), ainsi que Galileo, afin d'améliorer le calcul et le transfert du temps.

Activités dans le domaine du temps

T-A1^{*} Exactitude de la fréquence du TAI

L'exactitude de la fréquence du TAI s'améliorera au cours des dix prochaines années du fait de l'introduction de nouveaux étalons de fréquence. Pour le moment, environ cinq fontaines à

* T fait référence à « Temps » et A à « Activité ».

césium contribuent au TAI ; nous espérons qu'il y en aura deux fois plus en 2009. De plus, les horloges optiques devraient servir de base à une meilleure représentation de la seconde au niveau de 10^{-17} au cours des dix prochaines années.

Cependant, les méthodes actuelles de transfert de la fréquence ne fonctionnent pas à ces niveaux d'incertitude et il faut trouver de nouvelles solutions afin que les étalons de fréquence optique puissent contribuer à améliorer l'exactitude du TAI.

T-A2 Coordination, projets de transfert de connaissances et de technologie

La section Temps, fréquences et gravimétrie a la responsabilité permanente de piloter et de publier les résultats de la comparaison clé dans le domaine du temps, CCTF-K001.UTC. La section assure aussi le secrétariat exécutif du Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), du Comité consultatif des longueurs (CCL) et des quatre groupes de travail de ces deux comités.

La section organise régulièrement des ateliers, publie un rapport annuel et accueille, de temps à autre, des personnes en détachement et des chercheurs associés venant d'autres laboratoires.

T-A3 Campagnes d'étalonnage

La section pilote deux services d'étalonnage (sur le GNSS et les équipements de comparaison de temps et de fréquences par aller et retour dans les laboratoires nationaux de métrologie) qui étayent la cohérence du TAI par l'intégration de nouvelles techniques de comparaisons d'horloges.

T-A4 Services internes

La section continuera à fournir la fréquence de référence d'un maser à hydrogène de laboratoire pour les projets du Bureau international dans les domaines de l'électricité, des rayonnements ionisants et de la balance du watt.

T-A5 Activités de liaison

Le Bureau international travaille en liaison étroite avec les organismes internationaux et les organisations intergouvernementales suivantes :

- International GNSS Service (IGS) ;
- Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence (IERS) ;
- Union astronomique internationale (UAI) ;
- Union internationale des télécommunications, secteur radiocommunications (UIT-R) ;
- Time scales algorithms symposium (TSAS) ;
- International Committee for GNSS (ICG).

Ce que le Bureau international fournit :

- Une amélioration permanente de l'élaboration et de la dissémination du TAI avec des incertitudes réduites et une réponse aux laboratoires nationaux de métrologie 15 jours maximum après la réception au Bureau international de toutes les données d'horloges nationales.
- Des incertitudes sur les comparaisons d'horloges réduites de 20-30 %.
- La mise en place du système d'observations globales « all in view » du GPS pendant le programme de travail.
- La prise en compte de la prochaine génération de fontaines atomiques et, si possible, des horloges optiques dans le calcul du TAI.

Ressources

Les récents audits externes du Système Qualité ont critiqué le fait que le groupe ne soit composé que de cinq physiciens (trois à plein temps et deux à temps partiel) et de deux techniciens, ce qui le rend vulnérable en cas de perte d'une compétence critique. La crainte principale est l'impact que pourrait avoir sur la dissémination du TAI l'indisponibilité, pour une raison quelconque, de l'un des membres actuels du personnel. Il en résulterait, au minimum, pour le système du temps international, une augmentation substantielle des délais de publication de la *Circulaire T*, et donc des retards dans la capacité des laboratoires nationaux de métrologie à mettre à jour leur UTC local, ainsi qu'une dégradation probable de l'exactitude des échelles de temps internationales. Si, par exemple, le Bureau international perdait les compétences clés de son expert en informatique, il perdrait alors ses compétences fondamentales concernant les algorithmes de temps. L'impossibilité, pour des raisons budgétaires, de remplacer une personne partie à la retraite a amené la section à compenser, dans une certaine mesure, cette vulnérabilité, en rendant polyvalents les autres membres du groupe.

De plus, des réductions de personnel d'environ 30 % depuis 2000 ont empêché la section d'accomplir toutes les tâches prévues dans le programme de travail pour les années 2005 à 2008 et ont réduit l'effort consacré :

- à l'amélioration des algorithmes du TAI ;
- au calcul des incertitudes de dissémination de l'UTC ;
- aux programmes nécessaires à la publication de la *Circulaire T*, qui est maintenant assurée à temps partiel par un physicien ; et
- à l'incorporation de nouveaux systèmes de comparaison de temps dans le TAI.

Suite à une décision prise par le Comité international en 2006, un informaticien a été recruté pour combler le poste vacant et pour assurer le maintien des algorithmes du TAI, en cas de congé de maladie ou de départ d'un membre du personnel. Récemment, le groupe a réussi à attirer des collaborateurs à court terme et des étudiants. Cette pratique sera étendue, si possible, dans le programme de travail pour les années 2009 à 2012.

5.2.2 *Fréquences optiques*

Introduction

La responsabilité du travail du Bureau international liée à la comparaison clé BIPM.L-K11, dont le Bureau international assurait auparavant le rôle de laboratoire pilote, a été transférée en 2007 à un certain nombre de laboratoires chargés de l'organisation au niveau de leur région. La section a cependant besoin de développer ses capacités d'évaluation et de compréhension des techniques de fréquences optiques et des améliorations que pourraient apporter au TAI les horloges « optiques » à atomes ou à ions piégés. Le CCTF a donc approuvé un nouveau projet (FO-P1), qui sera mis en œuvre par un groupe de travail constitué de laboratoires nationaux de métrologie et coordonné par le Bureau international, pour savoir quelles sont les techniques les mieux adaptées à la comparaison de la nouvelle génération d'étalons de fréquence optique de haute exactitude.

Objectifs

Le premier objectif de cette activité est de maintenir les compétences et la connaissance au sein du Bureau international des étalons de fréquence optique de pointe et des techniques pour les comparer. Il est aussi nécessaire d'apporter un soutien aux activités du CCTF, en particulier en vue d'une redéfinition éventuelle de la seconde. Le second objectif est de répondre aux besoins internes du Bureau international en ce qui concerne l'étalonnage de sources laser asservies pour le condensateur calculable, la balance du watt, le gravimètre absolu, et pour les comparaisons internationales de gravimètres absolus (ICAG). Ce travail sera fondé sur les systèmes à peigne existants. Il ne sera effectué aucun travail de recherche.

Quelle contribution unique le Bureau international peut-il offrir ?

La majorité du travail constitue une part essentielle des compétences internes nécessaires pour organiser et jouer le rôle de laboratoire pilote d'un certain nombre d'activités, qui font partie des projets à long terme du CCL et du CCTF. La compétence du Bureau international et sa connaissance des activités menées dans les laboratoires nationaux de métrologie qui participent activement au travail sur les étalons de fréquence optique lui permettent d'évaluer avec impartialité les incertitudes actuelles des « horloges optiques » qui sont proposées comme représentations secondaires de la seconde. Ce travail est effectué par un groupe de travail commun au CCL et au CCTF, coordonné par le Bureau international. De plus, le groupe de travail a demandé au Bureau international de coordonner un projet collaboratif international afin d'évaluer comment les horloges optiques peuvent contribuer à l'amélioration de l'échelle de temps mondiale et à une éventuelle redéfinition de la seconde.

Bénéficiaires

Les laboratoires nationaux de métrologie sont les bénéficiaires directs de ce travail, car ils continuent à mettre au point des étalons de fréquence optiques jusqu'au stade où ceux-ci deviennent des candidats crédibles, que l'on peut utiliser comme représentations secondaires de la seconde.

Activités du programme de travail sur les fréquences optiques

FO-A1* Activités de coordination

La section assurera les ressources nécessaires au CCL et à ses groupes de travail et maintiendra la mise en pratique de la définition du mètre et les activités du CCTF. Elle apportera aussi son aide au Groupe de travail commun au CCL et au CCTF sur les représentations secondaires de la seconde et la mise en pratique de la définition du mètre, groupe qui examine les propositions faites par les laboratoires nationaux de métrologie d'ajouter de nouveaux étalons de fréquence optique à la liste recommandée des représentations secondaires de la seconde. Le personnel participera aussi au travail du CCTF lié aux étalons de fréquence optique.

La section apporte aussi une aide scientifique à la maintenance du système à peigne du Bureau international pour les besoins d'étalonnages internes nécessaires aux mesures de longueur par interférométrie optique pour la balance du watt, pour le condensateur calculable et pour le gravimètre absolu du Bureau international. La section effectue aussi les étalonnages nécessaires pour les comparaisons internationales de gravimètres absolus (ICAG) dont le Bureau international est le laboratoire pilote.

Le personnel de la section sera aussi impliqué dans la coordination du projet international sur les étalonnages à distance et les techniques de comparaisons de temps pour la prochaine génération d'étalons optiques.

FO-A2 Service de cuves à iode

Ce service est justifié par les besoins internes du Bureau international en cuves à iode nécessaires pour les lasers asservis utilisés pour le condensateur calculable et qui sont fabriqués selon nos plans par une société extérieure. De plus, ce service est offert aux laboratoires nationaux de métrologie qui n'ont pas la possibilité de produire des cuves à iode. Ces cuves sont utilisées comme références de fréquence pour les lasers étalons nationaux asservis qui réalisent le mètre au niveau primaire. Le Bureau international assure aussi un service payant à une société qui fabrique des lasers à He-Ne asservis à 633 nm selon les plans du Bureau international et à un fabricant commercial de gravimètres absolus.

Ce que le Bureau international fournit :

- Le secrétariat du CCL et de ses groupes de travail ainsi que les moyens d'évaluer les représentations secondaires de la seconde dans le cadre du Groupe de travail commun au CCL et au CCTF.
- Un service interne d'étalonnage de fréquence laser, fondé sur des équipements existants, afin de répondre aux besoins internes pour la balance du watt et le condensateur calculable.
- L'étalonnage de fréquence des lasers asservis des gravimètres absolus participant aux comparaisons internationales (ICAG).
- Tant que nous possédons cette compétence, et en fonction de nos possibilités, la réponse aux demandes des laboratoires nationaux de métrologie qui souhaitent avoir notre avis sur les applications du peigne et des lasers asservis à He-Ne.

* FO fait référence à « Fréquences optiques » et A à « Activités ».

- Un service de remplissage des cuves à iode pour faire face aux besoins internes et, en fonction des possibilités, pour des clients extérieurs.

Ressources

Nous ne demandons pas de moyens supplémentaires, mais une partie du temps de travail des deux physiciens transférés après la fermeture de la section des longueurs et environ 30 % du temps du technicien, lui aussi transféré, sera consacrée à ce travail. Il est actuellement impossible d'estimer ces proportions avec précision (sauf pour les activités du CCL et du groupe de travail commun au CCL et au CCTF).

Nouveau projet

FO-P1* Horloges optiques

Les améliorations des réalisations de la seconde au moyen de systèmes à atomes et à ions piégés ont fait l'objet de beaucoup d'attention. Un travail récent a montré que ces systèmes peuvent fonctionner avec des incertitudes meilleures que 10^{-17} et peuvent être comparés entre eux directement ou au moyen de peignes à impulsions femtosecondes à des niveaux d'incertitude similaires. De nombreux experts pensent que leurs performances pourraient être améliorées de près de deux ordres de grandeur. La question pratique à laquelle fait face la communauté du temps est d'identifier les techniques qui pourraient être utilisées pour comparer ces systèmes à distance et pour leur permettre de contribuer au TAI. Les meilleures techniques actuelles de comparaison de temps par satellite semblent limitées à quelques 10^{-17} en valeur relative ; elles ne semblent pas convenir aux « horloges optiques » car les temps de mesure de 100 à 200 jours nécessaires pour atteindre ce niveau seraient inacceptables. De plus, l'incertitude sur les variations du potentiel gravitationnel est de cet ordre de grandeur.

Le Bureau international s'est réuni à plusieurs reprises avec les laboratoires nationaux de métrologie concernés et tous ont convenu de la nécessité de traiter ce problème. Lors de sa réunion de septembre 2006, 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. Le but de ce projet est d'examiner les différentes possibilités techniques de comparaison, notamment : les liaisons par fibre optique, les étalons de fréquence optique transportables, les liaisons optiques par satellite et les liaisons micro-ondes améliorées. Le Comité n'a pas encore pris de décision quant à la meilleure manière d'effectuer ce travail scientifique. Le groupe de travail examinera donc :

- le meilleur moyen de fournir un équipement, ou un étalon voyageur, pour la comparaison internationale d'étalons de fréquence optique ;
- l'état actuel des systèmes par aller et retour sur satellite et leur amélioration éventuelle dans un proche avenir ;
- le choix d'un étalon voyageur présentant une incertitude relative de 10^{17} ou mieux ; et
- le rôle à long terme du Bureau international, le cas échéant, dans le projet.

* FO fait référence à « Fréquence optique » et P à « Projet ».

Le CCTF a demandé au Bureau international de coordonner ce travail dans le cadre de sa section Temps, fréquences et gravimétrie ; le personnel transféré de la section des longueurs sera impliqué dans ce travail.

5.2.3 Gravimétrie

Introduction

Cela fait quarante ans que le Bureau international maintient un programme en gravi-métrie, fondé sur un certain nombre de contributions scientifiques majeures dans le domaine. Il a déjà organisé sept comparaisons internationales de gravimètres absolus.

Objectifs et motivations

Le but de ce programme est d'améliorer l'aptitude des laboratoires des États membres à réaliser des étalons gravimétriques nationaux et à effectuer et comparer des mesures de la pesanteur avec une incertitude plus faible que l'incertitude actuelle, afin de dépasser les limites imposées par l'utilisation d'instruments du commerce.

Les principales motivations continuent à être les demandes de la communauté des géophysiciens concernant des applications pour :

- les sciences de la Terre ;
- les observations de la pesanteur dans des zones d'exploration de réserves d'hydrocarbures par l'étude des structures géologiques ; et
- la nécessité d'augmenter la précision des mesures du champ gravitationnel afin d'atteindre le niveau requis pour la localisation par les techniques de positionnement global.

Les gravimètres absolus actuels ont une incertitude de l'ordre de 6 μGal , alors que les applications mentionnées ci-dessus nécessitent une incertitude de 2 μGal à 3 μGal dans des conditions de laboratoire. Les résultats des mesures de la dernière comparaison internationale de gravimètres absolus ont mis en évidence une faiblesse des gravimètres proprement dits, laquelle limite leur incertitude de mesure.

La gravimétrie absolue est importante en raison de l'instabilité croissante du champ terrestre, en particulier dans les zones tectoniques actives, qui requièrent des mesures plus fréquentes ainsi que des ré-étalonnages des réseaux de contrôle. Les gravimètres absolus sont devenus des étalons primaires reconnus. Afin de fournir des résultats cohérents dans le monde entier, les réseaux gravimétriques doivent être reliés à un niveau de quelques microgals et ceci peut uniquement être fait au moyen de mesures absolues de la pesanteur et de comparaisons d'instruments. Il existe, toutefois, assez peu de gravimètres absolus dans le monde, et la plupart d'entre eux ont besoin d'être mieux caractérisés pour fonctionner de manière fiable. La majorité d'entre eux sont des gravimètres du commerce et nécessitent un travail supplémentaire pour être entièrement traçables au SI.

Quelle contribution unique le Bureau international peut-il offrir ?

Le Bureau international dispose d'équipements uniques afin d'assumer la responsabilité internationale des étalonnages de gravimètres. Il maintient un des meilleurs réseaux mondiaux, stable et bien caractérisé pour la comparaison de gravimètres absolus et relatifs. Il possède de

plus la capacité et les ressources pour faire face au nombre de plus en plus élevé de gravimètres qui y participent. Par rapport aux autres sites potentiels, il dispose de la capacité unique à étalonner les sources laser des gravimètres. De la même façon, le Bureau international est aussi bien placé pour coordonner les activités de plus de 50 laboratoires nationaux ayant des responsabilités dans le domaine de la gravimétrie. Il joue un rôle de tout premier plan en introduisant les mesures gravimétriques de pointe, traçables au SI, auprès des unions internationales et des organisations intergouvernementales.

Bénéficiaires

Les bénéficiaires directs de notre activité comprennent les laboratoires nationaux de métrologie, en particulier ceux impliqués dans les expériences sur la balance du watt, et d'autres organismes nationaux ayant une responsabilité dans les systèmes de référence gravimétriques nationaux, ainsi que l'Association internationale de géodésie (AIG) et l'Union géodésique et géophysique internationale (UGGI). L'avantage primaire est d'offrir des moyens sûrs et entièrement traçables au SI, facilitant la compatibilité et la comparabilité des systèmes nationaux.

Activités du programme de gravimétrie

G-A1* Gravimétrie

Le programme de travail pour les années 2005 à 2008 comprend une activité pour améliorer le gravimètre (absolu) de référence du Bureau international, fondé actuellement sur un gravimètre du commerce acheté en 1993. Ce travail, qui s'achèvera pendant le programme de travail pour les années 2009 à 2012, a bien progressé. Les éléments d'un système de conception nouvelle, ont été réalisés en collaboration avec l'INRIM (l'ancien IMG, à Turin) et avec le VNIIM (Saint-Petersbourg).

Ce que le Bureau international fournit :

Pendant le programme de travail pour les années 2009 à 2012, les services clés comprendront :

- Un gravimètre absolu capable de répondre aux plus hautes exigences actuelles, avec pour objectif de réduire l'incertitude à 2 μ Gal ou 3 μ Gal.
- Une activité de coordination internationale et l'organisation d'ICAG 2009, avec un logiciel d'analyse des données amélioré, et qui incorpore le nouveau gravimètre absolu du Bureau international. Ce travail fait appel à un des systèmes à peigne de fréquences du Bureau international pour des étalonnages de fréquence de lasers asservis internes.
- Un service d'étalonnages traçables au SI pour les gravimètres absolus sur les sites de référence du réseau gravimétrique du Bureau international contrôlés par le gravimètre absolu du Bureau international (la distribution interne de la fréquence issue du maser à hydrogène est nécessaire à ce travail).
- Les mesures de g nécessaires à la balance du watt du Bureau international. Ceci nécessite la construction d'un nouveau site dans le laboratoire de la balance du watt et la mise au point d'une méthodologie pour les mesures.

* G fait référence à « Gravimétrie » et A à « Activité ».

- L'assistance au Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie.
- La présidence et la coordination internationale du Groupe d'étude de l'AIG sur les comparaisons de gravimètres absolus.

Ressources

Nous ne demandons pas de moyens supplémentaires. Le programme exige la participation permanente d'une personne par an pour les quatre années à venir pour la gravimétrie, ainsi que pour apporter un soutien aux activités sur la balance du watt, le condensateur calculable, aux mesures de l'indice de réfraction de l'air pour la section Masse, et pour des activités de veille technologique et de développement sur la nanotechnologie. Une aide informatique est assurée pendant les comparaisons internationales de gravimètres, équivalant à 40 % du temps de travail d'un physicien travaillant sur le TAI. Ce service est actuellement assuré par un physicien transféré de la section des longueurs. Cette personne prendra sa retraite en 2009 et sera remplacée par transfert interne de personnel.

Ces moyens (1,4 personnes par an) sont augmentés, de temps à autre, en faisant appel à des chercheurs associés ou à des étudiants.

5.3 Électricité

Introduction

Dans le domaine des mesures électriques, le Bureau international assure un programme de base fondé sur 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.

Objectifs et motivations

Le programme proposé a pour but de fournir des équipements de référence et des étalons voyageurs pour la comparaison des étalons électriques fondamentaux de tension, de résistance et de capacité qui sont conservés dans les laboratoires nationaux de métrologie. Les étalons voyageurs et les artefacts uniques du Bureau international sont nécessaires pour plusieurs comparaisons clés du Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM) et pour apporter une aide directe à la mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM. Les étalons de tension de Josephson de haute exactitude et les étalons de résistance de Hall quantifiée sont essentiels pour les mesures de la balance du watt. De plus, un condensateur calculable, traçable aux étalons de capacité de 1 pF, est essentiel pour déterminer la constante de von Klitzing dans le SI.

Les programmes novateurs en métrologie électrique restent une activité fondamentale dans tous les laboratoires nationaux de métrologie. Parmi les principales tendances techniques sur ce sujet figurent des applications bien plus larges des réseaux de jonctions de Josephson, en particulier ceux de type programmable qui sont les plus stables. Les applications incluent aussi les étalons de tension en courant continu, les étalons de transfert courant alternatif/courant continu, les étalons de tension en courant alternatif, les mesures de puissance, les étalons voyageurs et les instruments de laboratoire. La mesure de la résistance de Hall quantifiée en courant alternatif et la mesure de la constante de von Klitzing au moyen du condensateur calculable ont attiré l'attention des plus grands laboratoires nationaux vers les étalons de précision en courant alternatif. Ceci intervient à un moment où les étalons de capacité de très grande qualité

deviennent disponibles dans le commerce. Les systèmes de mesure deviennent plus complexes, en particulier ceux qui incorporent de plus en plus de programmes informatiques.

Les études réalisées auprès des laboratoires nationaux de métrologie ne font apparaître aucune réduction de la demande de services au Bureau international pendant la période couverte par le programme de travail.

Bénéficiaires

Les laboratoires nationaux de métrologie de pratiquement tous les États membres continuent à être les principaux bénéficiaires des services de comparaison, de transfert de technologie, de transfert de compétences et de formation.

Quelle contribution unique le Bureau international peut-il offrir ?

Le Bureau international occupe un rôle unique en fournissant des étalons voyageurs dont les caractéristiques sont extrêmement bien déterminées et il est prêt à s'engager sur le long terme à être le laboratoire pilote des comparaisons clés du Bureau international en continu. Aucun autre laboratoire national de métrologie n'a offert de prendre en charge cette responsabilité et le coût associé. On vérifie régulièrement que ces comparaisons restent nécessaires en envoyant des questionnaires aux laboratoires nationaux de métrologie concernés qui répondent favorablement. Les équipements du Bureau international pour les mesures de capacité sont parmi les meilleurs au monde et la plupart des principaux laboratoires nationaux de métrologie les utilisent pour les étalonnages et les mesures des variations de capacité en fonction des paramètres liés à l'environnement.

Une compétence fondamentale en métrologie électrique est aussi un élément essentiel au projet sur la balance du watt.

Activités du programme d'électricité

E-A1* Conservation d'une représentation du volt, comparaisons inter-nationales et étalonnages

Les réseaux de jonctions de Josephson de 1 V et de 10 V fournissent les étalons de référence de base pour les mesures de tension en courant continu de quatre comparaisons clés du Bureau international en continu et, grâce aux équipements mis au point à cet effet, pour les étalonnages. Au cours des dernières années, le nombre moyen de comparaisons a augmenté de quatre à six par an. Ces comparaisons continueront pendant les années 2009 à 2012.

Les réseaux programmables facilitent considérablement l'utilisation des étalons de Josephson et nous espérons qu'un plus grand nombre de laboratoires nationaux de métrologie les adopteront. Afin de répondre à la demande accrue de comparaisons, nous simplifierons certains étalons voyageurs et nous chercherons à réduire le coût des comparaisons grâce à l'Internet.

Les séries de comparaisons bilatérales utilisant des étalons à diode de Zener du Bureau international dont les caractéristiques ont été déterminées de manière remarquable se poursuivront pour les laboratoires nationaux de métrologie qui ne possèdent pas de jonctions de

* E fait référence à « Électricité » et A à « Activité ».

Josephson comme étalons de référence. Environ trois comparaisons par an sont demandées actuellement.

Ce que le Bureau international fournira :

- Un programme en continu de comparaisons clés sur site d'étalons de Josephson dans le cadre du programme de travail du CCEM.
- Un réseau de Josephson étalon compact programmable transportable à 10 V d'ici 2009.
- Le maintien de séries de comparaisons clés bilatérales en continu fondées sur des diodes de Zener dans le cadre du programme de travail du CCEM, et comme activité fondamentale étayant l'Arrangement du CIPM.

E-A2 Conservation d'une représentation de l'ohm, comparaisons inter-nationales et étalonnages

Les étalons de résistance de Hall quantifiée du Bureau international sont les étalons de référence fondamentaux pour trois comparaisons clés en continu au plus haut niveau d'exactitude et pour les étalonnages.

Nos étalons de résistance à effet Hall quantique sont aussi indispensables pour les activités sur la balance du watt du Bureau international. Le programme de comparaisons sur site d'étalons à effet Hall quantique se poursuivra à raison d'environ une par an mais ne sera pas approfondi, en raison de la difficulté technique inhérente à ces comparaisons et au nombre relativement restreint de laboratoires nationaux de métrologie qui possèdent la technologie nécessaire.

Les bons étalons de résistances bobinées classiques, comme ceux du Bureau international, sont cependant suffisamment stables pour être utilisés comme étalons voyageurs afin de mettre en œuvre des comparaisons clés utiles à 1 Ω et à 10 k Ω avec les laboratoires nationaux de métrologie qui utilisent des étalons à résistance de Hall quantifiée vendus clés en main ou avec ceux qui ne possèdent pas d'étalons à résistance de Hall quantifiée.

Pendant la période couverte par le programme de travail, nous examinerons le niveau exigé pour ces comparaisons et nous déciderons si les réseaux de résistances étalons à effet Hall quantique ne constitueraient pas un meilleur étalon voyageur.

Ce que le Bureau international fournira :

- Les comparaisons d'étalons de résistance de Hall quantifiée sur site et les comparaisons clés en continu du Bureau international d'étalons de résistance voyageurs à 1 Ω et à 10 k Ω prévues dans le programme de travail du CCEM.
- Une étude pour le CCEM sur l'utilisation éventuelle des réseaux de résistance étalons à effet Hall quantique au Bureau international d'ici 2010.
- Une nouvelle mesure de la constante de von Klitzing au moyen du système à effet Hall quantique et du condensateur calculable, avant la révision des valeurs recommandées de CODATA en 2010.

E-A3 Étalons de capacité dérivés de la résistance de Hall quantifiée

Depuis 1998, le Bureau international conserve des étalons de capacité dérivés de la résistance de Hall quantifiée au moyen d'une chaîne de ponts d'impédance, comme équipements de référence de routine pour les laboratoires nationaux de métrologie.

Ces étalons servent de fondement à deux comparaisons clés en continu du Bureau international, à 10 pF et à 100 pF, ainsi qu'à des étalonnages de capacité. La demande pour ces services a récemment augmenté jusqu'à atteindre plus de 20 étalonnages par an.

Ce que le Bureau international fournira :

- Un programme en continu d'étalonnages au moyen des équipements de référence du Bureau international.
- L'organisation de deux comparaisons clés du BIPM dans le cadre du programme de travail du CCEM.
- Un examen, d'ici 2010, de l'état d'avancement des expériences sur l'effet tunnel monoélectronique dans les laboratoires nationaux de métrologie et dans d'autres laboratoires, et de leur mise en œuvre éventuelle au Bureau international comme référence.

E-A4 Condensateur calculable

La construction d'un condensateur calculable, en collaboration avec le NMIA (Australie), progresse. Le condensateur calculable du Bureau international devrait être en fonctionnement en 2008 ; il sera alors utilisé, avec l'étalon à résistance de Hall quantifiée, pour mesurer la constante de von Klitzing avant l'ajustement par CODATA de la liste des constantes fondamentales de 2010. Si les changements au SI actuellement en discussion sont approuvés par la Conférence générale, le condensateur calculable du Bureau international servira à la mise en pratique du farad, ce qui nous permettra de faciliter le travail de conservation des étalons de capacité. Il n'existe que deux autres équipements de ce type dans le monde, au niveau de performances requis. Il est bien connu que les condensateurs calculables sont difficiles à mettre en œuvre et l'activité continue du Bureau international dans ce domaine garantira que ce savoir-faire sera disponible pour les autres laboratoires nationaux de métrologie qui pourraient en avoir besoin, par exemple, en cas de changement de personnel.

Ce que le Bureau international fournira :

- Une nouvelle mesure de la constante de von Klitzing d'ici 2010.
- Le travail préliminaire nécessaire pour mettre en œuvre le condensateur calculable, l'une des options pour le projet de mise en pratique du farad d'ici 2010.

E-A5 Coordination

La section est responsable du Comité consultatif d'électricité et magnétisme et du Comité consultatif de photométrie et radiométrie, et de leurs groupes de travail. Elle maintient aussi des relations avec l'Union radioscopique internationale pour les questions électriques, et avec l'Organisation météorologique mondiale pour la radiométrie et la traçabilité.

Ressources

Nous ne proposons pas de modifier les moyens affectés à ce travail, à savoir quatre physiciens et deux techniciens par an, une grande partie du temps du personnel étant consacrée aux travaux sur la balance du watt et sur le condensateur calculable.

5.4 Rayonnements ionisants

Introduction

Le programme couvrira un certain nombre d'activités en évolution et des développements résultant de changements dans les programmes des laboratoires nationaux de métrologie, de la technologie, et de la législation nationale et internationale.

Les deux principaux domaines de travail de la section des rayonnements ionisants sont la dosimétrie et les mesures de radionucléides. Les propositions pour le programme de travail à venir du Bureau international présentées au Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) ont été modifiées par la suite et approuvées.

Objectifs

Le but et le rôle principal de la section des rayonnements ionisants sont d'assurer l'équivalence des étalons de mesure de dosimétrie et de radionucléides partout dans le monde. Ceci est réalisé au moyen des comparaisons clés du CIPM qui reposent sur les équipements de référence et les étalons primaires du Bureau international. Ceux-ci sont régulièrement améliorés.

Quelle contribution unique le Bureau international peut-il offrir ?

Depuis de nombreuses années, le Bureau international fait fonctionner et met à niveau ses équipements uniques de référence internationaux à coût partagé afin de répondre à l'évolution des exigences des laboratoires nationaux de métrologie. Il n'existe pas d'équipements similaires ailleurs dans le monde, qui présentent une telle tradition de stabilité et qui soient l'objet d'améliorations permanentes. Ils fournissent les meilleurs équipements de comparaisons de dosimétrie et de mesures de radionucléides. Le coût de leur duplication correspondrait à plusieurs fois la dotation totale du Bureau international. Sans ces équipements, le monde perdrait les moyens d'assurer la traçabilité et la confiance dans les incertitudes associées aux services délivrés au niveau national. Les équipements du Bureau international en dosimétrie ont permis aux laboratoires nationaux de métrologie de réduire leurs incertitudes, au moyen de comparaisons régulières pour le plus grand bénéfice des systèmes de santé et des patients. Dans le domaine de la radioactivité, les équipements du Bureau international sont uniques et ils ont contribué à établir la confiance dans les mesures de radioactivité dans les secteurs de la santé, des mesures de l'environnement et pour la sécurité internationale.

Bénéficiaires

Les utilisateurs directs sont les laboratoires nationaux de métrologie qui conservent des équipements nationaux. Actuellement, vingt-huit laboratoires nationaux de métrologie utilisent les équipements du Bureau international pour les mesures d'activité de radionucléides, vingt-deux participent aux comparaisons de dosimétrie et vingt-trois bénéficient d'étalonnages en

dosimétrie. Dix autres assurent leur traçabilité par l'intermédiaire de l'Agence internationale de l'énergie atomique (AIEA), pour laquelle nous assurons des étalonnages dans le SI.

Ce travail permet aux États membres de répondre aux réglementations et aux normes internationales ou nationales.

Activités du programme dans le domaine des rayonnements ionisants

RI-A1* Dosimétrie

Le Bureau international fournit un cadre international pour démontrer l'équivalence et la cohérence des mesures nationales. Ensuite, des étalonnages traçables sont fournis aux laboratoires accrédités et aux utilisateurs finaux pour un usage médical, industriel et académique des rayonnements, pour la santé humaine et la sécurité, et pour la protection de l'environnement. Chacune de ces utilisations est réglementée par la législation nationale, à laquelle la traçabilité et l'assurance de qualité sont nécessaires.

Le domaine des mesures de rayonnement en médecine opère à la limite des possibilités scientifiques. Il fait l'objet d'une pression permanente pour réduire les incertitudes afin de diminuer le nombre de décès dus aux cancers et à d'autres maladies. L'évolution est rapide et de nombreuses techniques actuellement utilisées sont remplacées par d'autres, novatrices, pour lesquelles la collaboration internationale est nécessaire afin d'établir la confiance en termes de sécurité et de succès de leur mise en œuvre.

Le programme est centré sur les comparaisons d'étalons primaires de dosimétrie des laboratoires nationaux de métrologie et sur les étalonnages, assurant la traçabilité au SI, d'instruments de transfert utilisés comme étalons nationaux par les laboratoires nationaux de métrologie qui possèdent des étalons secondaires.

La dosimétrie du ⁶⁰Co restera une activité fondamentale pour les dix années à venir au moins et il faudra remplacer la source de cobalt du Bureau international peu après 2011.

Les activités spécifiques et les services fournis par le Bureau international pour le programme en dosimétrie comprennent :

- La maintenance des équipements aux rayons x aux basses et aux moyennes énergies et des nouveaux équipements aux rayons x pour la mammographie pour les comparaisons en continu du Bureau international.
- La maintenance des équipements de faisceaux de ⁶⁰Co et de ¹³⁷Cs et des étalons pour les comparaisons en continu du Bureau international aux énergies plus élevées.
- La maintenance du nouveau calorimètre à graphite du Bureau international en tant qu'étalon primaire indépendant, avec une incertitude plus faible que celle de l'étalon ionométrique du Bureau international pour la dose absorbée dans l'eau du ⁶⁰Co. Ces deux techniques aideront conjointement à réduire les incertitudes et à améliorer la robustesse des résultats des comparaisons clés.
- La maintenance du nouvel étalon de transfert en curiethérapie pour les comparaisons en continu du Bureau international.

* RI fait référence à « Rayonnements ionisants » et A à « Activité ».

- La mise au point d'un étalon de dose absorbée pour les rayons x aux moyennes énergies pour les comparaisons en continu du Bureau international.

Ces moyens permettront de répondre aux besoins fondamentaux des laboratoires nationaux de métrologie en matière de comparaisons internationales et, dans le dernier cas, aideront à réduire les incertitudes des comparaisons internationales de dosimétrie d'environ 3 % à 1 %, voire mieux. Cette amélioration sera directement transférée à tous les laboratoires nationaux qui possèdent des équipements pour la dose absorbée, et par conséquent aidera à mieux contrôler les doses de rayonnement thérapeutique délivrées aux patients.

RI-A2 Radionucléides

La métrologie des radionucléides est globalement utile aux industries médicales et nucléaires, à la santé et à la sécurité des rayonnements, y compris la sécurité intérieure, et au contrôle de l'environnement. Dans ce dernier domaine, les nouvelles recommandations internationales sur les limites de la contamination constituent une des motivations principales, en particulier pour les biens et produits destinés aux consommateurs, et confirment la nécessité de réduire les incertitudes de mesure.

Le Système international de référence pour les mesures d'activité d'émetteurs de rayons gamma (SIR) est le principal équipement de référence au Bureau international. Il n'existe nulle part ailleurs dans le réseau de laboratoires nationaux de métrologie d'équipement similaire aussi bien caractérisé et stable ; le SIR est utilisé pour 59 comparaisons du Bureau international en continu et contient plus de 900 mesures individuelles avec une mise à jour régulière des résultats. Pendant le présent programme de travail, nous étendrons la méthodologie afin de travailler avec des émetteurs de rayonnement bêta purs.

Les activités spécifiques et les services fournis par le Bureau international pour le programme en métrologie des radionucléides pour les années 2009 à 2012 comprennent :

- La maintenance du SIR et son extension aux émetteurs de rayonnement bêta pour les comparaisons clés en continu (environ 20 par an) dont les résultats sont publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, ainsi que son extension aux émetteurs de rayonnement alpha ;
- La maintenance des équipements pour la spectrométrie des rayonnements gamma pour l'analyse des impuretés et l'application du nouveau modèle mathématique pour la courbe d'efficacité des chambres d'ionisation du SIR afin de réduire l'incertitude sur les corrections pour les impuretés.
- L'utilisation des résultats du SIR afin d'étayer et de documenter de manière unique les données nucléaires publiées périodiquement dans la *Monographie BIPM-5*.
- La maintenance du nouvel instrument de transfert du SIR pour les mesures d'activité du radionucléide $^{99}\text{Tc}^m$ et son adaptation à d'autres radionucléides à courte durée de vie, par exemple le ^{18}F utilisé pour le diagnostic du cancer, ou d'autres radionucléides utiles pour les procédures antiterroristes. Ceci permettra aux laboratoires nationaux de métrologie éloignés géographiquement du Bureau international de participer aux comparaisons.
- L'organisation des comparaisons clés de la Section II du CCRI approuvées dans le programme décennal, en particulier pour le ^{35}S , le ^{109}Cd , le ^{228}Th et le ^{222}Rn , et l'analyse de leurs résultats.

- La maintenance des méthodes primaires de mesure d'activité des radionucléides du Bureau international et l'établissement d'un nouvel équipement primaire au Bureau international afin d'assurer des résultats de comparaison robustes avec des incertitudes réduites.
- L'étude et la publication de recommandations sur l'évaluation des incertitudes de mesure d'activité des radionucléides et les moyens de les réduire, tant au Bureau international que dans les laboratoires nationaux de métrologie.

RI-A3 Activités de transfert de connaissances et de technologie

Ces activités comprennent :

- La formation, l'aide et les conseils aux participants, pendant et après les comparaisons, en particulier lorsque les résultats sont en désaccord.
- L'accueil de chercheurs associés et de visiteurs pour de courtes durées, en particulier lorsque nous pouvons les aider à améliorer les étalons qu'ils apportent au Bureau international.
- Le soutien et l'aide aux laboratoires nationaux de métrologie au moyen de comparaisons qui utilisent des étalons voyageurs.
- Des publications en commun (70 % des publications dans le domaine des rayonnements ionisants ont pour co-auteurs des laboratoires nationaux de métrologie).
- Des ateliers scientifiques conçus pour partager les connaissances en dosimétrie et pour les activités concernant les radionucléides.

RI-A4 Coordination

La section continuera à assumer la responsabilité du CCRI, du Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV) et du Groupe de travail 1 sur le Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM) du Comité commun pour les guides en métrologie (JCGM) et à être représentée au niveau international auprès de l'International Commission on Radiation Units and Measurements, de l'International Committee for Radionuclide Metrology et de l'Agence internationale de l'énergie atomique.

Ressources

Le travail proposé peut être réalisé avec le personnel actuel composé de quatre physiciens et techniciens dans le domaine de la métrologie des radionucléides et de quatre physiciens et techniciens pour la dosimétrie des rayonnements, plus la responsable de la section qui apporte son soutien dans tous les domaines. Nous ne demandons pas de ressources supplémentaires pour les dépenses d'investissement, car nous avons déjà mis à niveau les équipements pour la dosimétrie. Nous ferons tout notre possible pour attirer du personnel supplémentaire en détachement des laboratoires nationaux de métrologie pour des activités spécifiques.

Nouveau projet

RI-P1* Équipement à faisceau d'électrons et de rayons x de un mégavolt pour les étalons de dose absorbée

Introduction

Le Comité international a discuté du projet proposé en octobre 2006. La proposition actuelle sort de l'ordinaire, car elle concerne les programmes de travail pour les deux prochaines Conférences générales. Il y a de bonnes raisons pour que le projet dans son intégralité commence dès que possible. Toutefois, le Comité international pense que la 23^e réunion de la Conférence générale pourrait souhaiter indiquer son accord au projet, mais repousser à plus tard l'important investissement requis, jusqu'aux années 2013 à 2016.

Objectifs et motivations

La référence internationale du Bureau international de dose absorbée dans l'eau pour la dosimétrie en radiothérapie est fondée depuis 1990 sur des mesures directes dans les faisceaux de photons du ^{60}Co (1,25 MeV). Cependant, dans de nombreux pays, la radiothérapie utilise de moins en moins des faisceaux de ^{60}Co et de plus en plus des faisceaux de photons d'accélérateurs linéaires (de 3 MV à 20 MV), ceci pour deux raisons :

- Ces techniques ont l'avantage de permettre de moduler l'intensité des traitements. Il est ainsi possible de cibler plus efficacement la tumeur grâce à des images tridimensionnelles simultanées et donc de délivrer une dose bien adaptée à la tumeur, de moins endommager les tissus sains et, par conséquent, d'améliorer le taux de survie.
- Les problèmes liés à la réglementation sur le transport des sources de cobalt sont en augmentation et celles-ci doivent être fréquemment rechargées.

La dosimétrie de référence du ^{60}Co continuera à être nécessaire dans un avenir prévisible. Le CCRI a cependant reconnu la nécessité d'équipements de référence internationaux pour la dosimétrie pour les faisceaux de photons aux hautes énergies.

Les dispositifs actuels n'atteignent pas les niveaux d'incertitude nécessaires aux laboratoires nationaux de métrologie et à leurs services hospitaliers de thérapie. En 1998, pour établir les limites actuelles, le CCRI avait lancé une comparaison fondée sur une série d'étalons voyageurs, afin de confirmer la dissémination des étalons de dose absorbée dans les faisceaux d'accélérateurs de six laboratoires nationaux de métrologie. Ceci s'est avéré difficile à réaliser au niveau d'incertitude requis de 1 %, principalement en raison des grandes différences entre les faisceaux des accélérateurs utilisés dans les laboratoires nationaux de métrologie. L'incertitude correspondante était d'environ 2 %. Un équipement installé au Bureau international permettrait d'effectuer des comparaisons dans le même faisceau de rayonnement, ce qui réduirait l'incertitude au niveau nécessaire pour améliorer la dosimétrie appliquée au traitement du cancer.

Les machines des laboratoires nationaux de métrologie sont déjà lourdement sollicitées et s'il est possible, à court terme, d'effectuer une comparaison au moyen d'une machine installée hors du

* RI fait référence à « Rayonnements ionisants » et P à « Projet ».

Bureau international, il faudrait y consacrer près de la moitié du temps annuel disponible. Ce ne serait pas une solution acceptable à long terme. Notre proposition consiste donc à installer finalement un équipement à coûts partagés au Bureau international, dédié au travail de comparaison et d'étalonnage, dont l'accès serait offert aux moments convenables aux laboratoires nationaux de métrologie.

Commentaires des laboratoires nationaux de métrologie (les bénéficiaires)

L'équipement pour les hautes énergies proposé au Bureau international bénéficie du soutien fort de l'ARPANSA, de l'ENEA, du LNE-LNHB, du METAS, du NIST, du NPL, du NRC et de la PTB, qui sont tous représentés au CCRI et dont certains sont actuellement équipés de nouveaux accélérateurs linéaires de type clinique. L'avantage immédiat pour chaque laboratoire national de métrologie serait d'avoir la possibilité de comparer ses étalons primaires directement avec une référence internationale installée au Bureau international. Cela augmenterait la confiance dans les techniques de mesure, réduirait les incertitudes au niveau international, et assurerait l'équivalence des mesures.

Impact

L'équipement proposé pour le Bureau international donnerait confiance dans les incertitudes des services d'étalonnage fondés sur des accélérateurs nationaux à un niveau similaire à celui des machines au ⁶⁰Co utilisées pour le traitement des patients.

Une étude récente au Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord a montré que les économies résultant des vies sauvées grâce à l'utilisation d'accélérateurs linéaires se situeraient entre 12 millions et 320 millions de dollars américains par an pour environ 200 000 traitements du cancer chaque année. Cette étude est fondée sur la relation établie entre l'incertitude et le contrôle des doses d'une part, et la réduction des dommages occasionnés aux tissus sains dans le traitement des cancers qui en résulte. En extrapolant cette estimation aux 5 millions de traitements du cancer dans le monde utilisant des faisceaux aux hautes énergies, on pourrait obtenir une économie située entre 240 millions et 6 400 millions de dollars. Un équipement du Bureau international aurait pour but de réduire la dispersion entre les mesures nationales de dosimétrie aux hautes énergies de 3 % actuellement à 1 % ; ce chiffre est proche de l'incertitude actuellement atteinte au moyen de la thérapie au cobalt. En supposant que l'équipement du Bureau international n'entraîne qu'une augmentation de 10 % des économies réalisées au niveau national, ce projet induirait une économie de 24 millions à 640 millions de dollars américains pour un investissement en capital de 2,5 millions à 2,8 millions d'euros (3 millions à 3,5 millions de dollars américains) (voir ci-dessous) – soit un retour sur investissement situé entre 200 % et 5 000 %.

Les bénéfices ultérieurs seront accrus pour les laboratoires nationaux de métrologie traçables aux huit laboratoires nationaux de métrologie primaires qui fournissent des services de dosimétrie pour les hautes énergies ou au Bureau international. Un autre avantage non quantifiable serait d'accroître la confiance dans l'équivalence des essais cliniques internationaux, ce qui en dernière instance entraînerait une meilleure compréhension de la réponse des tumeurs à la radiothérapie.

L'accélérateur serait aussi utilisé pour les comparaisons aux doses élevées, qui pourraient alors être organisées plus aisément en réponse aux exigences de traçabilité des laboratoires nationaux de métrologie pour leurs utilisateurs industriels. Cet aspect est particulièrement important dans le domaine de la stérilisation des instruments médicaux.

Si l'on ne soutient pas ce projet, il en résultera que non seulement le Bureau international ne pourrait que continuer à effectuer des comparaisons indirectes au moyen d'étalons de transfert, mais de plus les incertitudes ne seraient pas réduites et les progrès pour fournir un meilleur traitement du cancer seraient moins rapides.

Ce que le Bureau international fournira :

- Le cahier des charges concernant l'équipement et les exigences en matière de radioprotection d'ici la fin de 2012.
- L'installation de l'équipement et du bâtiment de protection nécessaire, ainsi que les essais et la détermination des caractéristiques de l'accélérateur pendant le programme de travail pour les années 2013 à 2016.
- Un équipement opérationnel vers la fin de 2014, prêt pour la première comparaison. Il devrait être possible d'effectuer environ trois comparaisons primaires chaque année. Cinq comparaisons devraient être terminées d'ici la fin de 2016.
- L'utilisation d'équipements d'irradiation de référence pour les comparaisons à dose élevée vers la fin du programme de travail pour les années 2013 à 2016.

Ressources

Ce projet implique des dépenses d'investissement et des coûts de fonctionnement importants :

- Un accélérateur neuf coûterait environ 1,9 millions d'euros ; un appareil d'occasion coûterait environ un million d'euros.
- Un laboratoire préfabriqué de protection pourrait être installé sur des fondations appropriées à l'arrière du bâtiment actuel des rayonnements ionisants, pour un coût de 1,3 millions d'euros.
- Les dépenses de fonctionnement comprendraient des frais de maintenance de l'ordre de 20 000 euros par an.

L'estimation actuelle des dépenses d'investissement pour ce projet est de l'ordre de 2,3 millions d'euros. Les réserves du Bureau international ne peuvent pas permettre de le financer et il ne peut pas non plus être financé sur la dotation normale.

Afin de voir si le Bureau international pouvait bénéficier d'une subvention pour couvrir tout ou partie des dépenses d'investissement, le Bureau a contacté une organisation caritative internationale pour lui demander de l'aide, laquelle a été refusée. Les priorités de ces organisations tendent à être dirigées vers l'aide directe contre la pauvreté ou pour le traitement de maladies comme la tuberculose et la malaria dans les pays en voie de développement.

Un nouveau physicien serait recruté pendant les années 2013 à 2016 ou, si les moyens le permettent, à la fin du programme de travail pour les années 2009 à 2012, si la 23^e réunion de la Conférence générale approuve ce projet et si cet accord est confirmé par la 24^e réunion de la Conférence générale. Le physicien travaillerait initialement en collaboration avec un ou plusieurs laboratoires nationaux de métrologie possédant déjà des accélérateurs linéaires, qui ne seraient pas utilisés à plein temps. Ainsi, il serait possible d'acquérir de l'expérience en utilisant le calorimètre du Bureau international. Ce travail ouvrirait la voie aux comparaisons en utilisant l'équipement dédié installé au Bureau international qui serait construit pendant les années 2013 à

2016. En l'absence d'autre source de financement, il sera demandé aux États membres de contribuer à une dotation supplémentaire exceptionnelle pendant les années 2013 à 2016 afin d'installer l'accélérateur linéaire.

En plus des dépenses d'investissement, il faudra un technicien supplémentaire, recruté pendant les années 2013 à 2016, afin d'assurer le fonctionnement quotidien de l'équipement.

Il faudra aussi remplacer la chef de section, qui prendra sa retraite au début de la période couverte par le programme de travail pour les années 2013 à 2016.

5.5 Chimie

Introduction

Le programme de métrologie en chimie a été établi au Bureau international en 2000 ; le programme pour les années 2005 à 2008 comprend trois projets majeurs :

- Des comparaisons internationales pour les étalons de référence mesurant l'ozone au niveau du sol pour étayer les réseaux nationaux de contrôle de la qualité de l'air et les règlements, et pour le Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM).
- Un équipement pour déterminer les caractéristiques des calibrateurs primaires organiques et pour la coordination des comparaisons de calibrateurs primaires en chimie clinique et en médecine de laboratoire afin d'aider le CCQM et le Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM).
- Une aide globale aux activités du CCQM et du JCTLM ainsi qu'aux activités de liaison avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux.

Objectifs

Le programme pour les années 2009 à 2012 a été élaboré avec trois objectifs :

- L'équivalence internationale des étalons de gaz pour le contrôle de la qualité de l'air et le changement climatique global.
- Fournir des références primaires pour l'analyse organique afin d'étayer les systèmes de mesure pour des applications dans l'alimentation, la santé et la médecine légale.
- Des projets de liaison et de coordination internationales.

Quelle contribution le Bureau international peut-il offrir ?

Le programme a été mis au point en conformité avec les critères établis par le Comité international. Le Bureau international maintient les équipements et met au point les méthodes de référence pour les comparaisons du CCQM correspondant à des grandeurs de la chimie hautement prioritaires utiles pour les questions globales concernant la qualité de l'air, les gaz à effet de serre et le changement climatique, la médecine de laboratoire, ainsi que pour la médecine légale et l'analyse en alimentation. Les bénéficiaires spécifiques dans ces domaines seront identifiés dans chaque secteur.

Sans le programme en chimie du Bureau international, les laboratoires nationaux de métrologie devraient organiser 60 à 70 comparaisons de mesures d'ozone et d'analyse de gaz pour les

mesures liées à l'environnement et pour l'analyse organique pour les études sur l'alimentation, la médecine légale et clinique. Le Bureau international a aussi établi un rôle important et influent de liaison internationale au service de ses États membres. Ses relations directes avec l'Organisation mondiale de la santé, avec la Commission du Codex Alimentarius et avec l'Organisation mondiale antidopage, par exemple, ont aidé à ouvrir des opportunités entièrement nouvelles d'effectuer des mesures traçables au SI dans les domaines d'application concernés et ont stimulé les débats sur la manière d'améliorer la traçabilité dans des domaines où la traçabilité au SI n'est pas encore possible. Une étape a été franchie pour améliorer la prise de conscience de nombreuses organisations intergouvernementales et d'organismes internationaux quant à la valeur de la traçabilité, de l'évaluation de l'incertitude et des comparaisons. La section de chimie a aussi participé activement aux discussions avec les agences de réglementation et les législateurs sur des questions relatives aux mesures et pour réduire les obstacles techniques au commerce. Le travail de la section est aussi d'un grand intérêt pour les pays en voie de développement qui ont un intérêt particulier dans les questions sanitaires et phytosanitaires et devrait ainsi aider à attirer de nouveaux Associés à la Conférence générale ou de nouveaux États membres.

Programme

Les propositions pour le programme de travail pour les années 2009 à 2012 sont présentées en deux parties :

- un programme de base qui poursuit globalement les activités établies au cours des précédents programmes de travail ; et
- de nouveaux projets qui viendront s'ajouter aux activités actuelles.

Les ressources nécessaires à ces activités et projets sont indiquées.

En établissant les propositions pour le programme de travail pour les années 2009 à 2012, le Bureau international s'est fondé sur une évaluation :

- a) Des motivations et facteurs de déclenchement de ces activités, fondés sur une analyse des besoins, sur l'avis des laboratoires nationaux de métrologie sondés à plusieurs reprises (en particulier lors de visites), et sur les réactions des groupes de travail du CCQM.
- b) Des réponses de trente-deux laboratoires nationaux de métrologie ou laboratoires désignés au questionnaire du Bureau international de 2006 sur le programme en métrologie en chimie et en biologie.
- c) Des bénéficiaires potentiels, comme les laboratoires nationaux de métrologie, les organismes internationaux et les communautés d'utilisateurs spécialisés.
- d) Des retombées prévues du travail.
- e) Des critères établis par le Comité international pour les programmes du Bureau international, y compris en ce qui concerne leur aptitude à fournir une contribution unique.

Activités poursuivies dans le programme pour les années 2009 à 2012

C-A1* Programme sur les étalons de référence mesureurs d'ozone au niveau du sol

Ce projet a pour objet de maintenir et de contrôler la comparabilité d'un réseau mondial d'étalons primaires de référence mesureurs d'ozone traçables par la coordination de comparaisons en continu de ces équipements. Ce service répond aux exigences de traçabilité pour les réglementations nationales et internationales sur la qualité de l'air, par exemple les directives de l'Union européenne sur la qualité de l'air, l'US Clean Air Act et les législations liées.

Il bénéficie aux laboratoires nationaux de métrologie et aux laboratoires de référence nationaux sur la qualité de l'air, qui maintiennent des étalons de référence mesureurs d'ozone, et au centre d'étalonnage de l'ozone au niveau du sol de l'Organisation météorologique mondiale, ainsi qu'à un certain nombre d'autres réseaux de contrôle nationaux et internationaux de la qualité de l'air. Il est réalisé en étroite collaboration avec les laboratoires nationaux de métrologie et s'étend à des comparaisons régionales liées.

L'équipement du Bureau international pour la comparaison de photomètres de référence mesureurs d'ozone est composé d'une série de photomètres étalons de référence, dont la stabilité et la cohérence sont contrôlés au moyen de méthodes de référence fondées sur le titrage en phase gazeuse et sur un photomètre utilisant un laser.

Ce que le Bureau international fournira :

- 48 comparaisons bilatérales ;
- 2 comparaisons au moyen du système de titrage en phase gazeuse ; et
- 2 comparaisons au moyen du système à laser.

Sans cet équipement et sans le service de comparaison, il faudrait créer un autre service de référence international similaire, dans un autre laboratoire national de métrologie ou dans un laboratoire international, afin de répondre aux besoins globaux en matière de traçabilité et pour améliorer les spectrophotomètres mesureurs d'ozone.

C-A2 Étalons primaires de gaz et méthodes de haute exactitude pour les comparaisons d'étalons de gaz

Ce projet a pour objet de maintenir un équipement primaire pour la préparation d'étalons de gaz réactifs. C'est une aide fondamentale à la méthode de référence utilisée pour les mesures d'ozone et fondée sur le titrage en phase gazeuse. Le Bureau international est l'un des deux seuls laboratoires au monde équipés de ce dispositif.

Si l'on mettait fin à ce programme, les activités de comparaisons internationales d'étalons mesureurs d'ozone du Bureau international seraient en danger et ceci stopperait en fait toute activité de recherche et développement au Bureau international dans le domaine de la métrologie des gaz.

Les activités spécifiques durant le programme de travail comprennent :

* C fait référence à « Chimie » et A à « Activité ».

- La maintenance d'un système de balance à suspension magnétique pour la préparation dynamique d'étalons de dioxyde d'azote.
- Des études sur la pureté des gaz au moyen de l'analyse de la spectrométrie infrarouge par transformée de Fourier, études nécessaires pour assigner une valeur aux étalons de gaz de dioxyde d'azote, et pour les essais sur la stabilité des cylindres.
- La maintenance d'un équipement pour la comparaison d'étalons de gaz réactifs au cours de deux campagnes de mesures sur une durée de quatre ans.

Ce projet bénéficie aux laboratoires nationaux de métrologie et aux laboratoires nationaux de référence sur la qualité de l'air, qui maintiennent des étalons de référence mesurés d'ozone.

Ce que le Bureau international fournit :

- Une source de traçabilité pour les mesures de titrage en phase gazeuse du dioxyde d'azote et du monoxyde d'azote, afin d'étayer le programme d'étalons de référence mesurés d'ozone.
- Une étude de la stabilité des cylindres de gaz.
- Un système de référence pour assigner des valeurs traçables de la fraction massique du monoxyde d'azote pour le titrage en phase gazeuse.
- Un rapport sur la cohérence d'un ensemble d'étalons primaires de gaz réactifs.
- Deux comparaisons de titrage en phase gazeuse et de méthodes de référence sur l'absorption des ultraviolets par l'ozone.
- Une comparaison bilatérale avec un laboratoire national de métrologie, afin de valider les performances de l'équipement de mesure du dioxyde d'azote.

C-A3 Calibrateur primaire organique

Ce projet a pour objet de maintenir un équipement servant à assigner une valeur exacte aux matériaux primaires organiques. Il sera aussi utilisé pour mettre au point des méthodes de caractérisation des matériaux calibrateurs primaires organiques, sélectionnés afin d'étayer le programme correspondant de comparaisons du CCQM. Ce projet sera centré sur les substances à analyser hautement prioritaires, notamment pour la chimie clinique et la médecine de laboratoire, les résidus alimentaires, pour l'analyse des contaminants et des additifs alimentaires et pour la médecine légale.

L'équipement est dédié à la mise au point de méthodes robustes à long terme afin d'assigner des valeurs exactes aux calibrateurs primaires. Il est aussi fondamental pour coordonner le programme à long terme du CCQM de comparaisons de matériaux organiques purs et de solutions d'étalonnage.

Une fois validées, les méthodes mises au point dans le cadre de ce projet étayeront la mise en œuvre des réglementations internationales, des étalons et des recommandations, par exemple :

- La directive européenne sur le diagnostic *in vitro* (EC IVDD, 98/79/EC). Une des exigences fondamentales de cette directive est que la traçabilité des valeurs assignées aux calibrateurs et/ou aux matériaux de contrôle doit être assurée au moyen des procédures de mesure de référence et/ou de matériaux de référence de rang hiérarchique supérieur disponibles.

- Le rapport du groupe de travail “Residues of Veterinary Drugs without ADI/MRL” du “Codex Committee on Residues of Veterinary Drugs in Foods” (CX/RVDF 06/16/13, octobre 2005).
- La législation américaine sur les compléments alimentaires et diététiques [Infant Formula Act (1980), Nutritional Labelling and Education Act (1990), Dietary Supplement Health and Education Act (1994)].
- La directive 96/22/EC du Conseil de l’Union européenne concernant l’interdiction de l’utilisation dans les nourritures pour le bétail de certaines substances ayant une action hormonale, thyrostatique et de bétabloquants.
- La directive 96/23/EC du Conseil de l’Union européenne concernant les mesures de contrôle de certaines substances et résidus présents dans les animaux vivants et les produits animaliers.
- Les recommandations des réunions de 2003 et 2004 du groupe du CCQM sur les systèmes de mesures de référence pour l’analyse en alimentation.

Les organisations qui bénéficieraient de ce projet comprennent :

- les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires nationaux qui certifient des matériaux calibrateurs primaires pour la chimie clinique, les contaminants alimentaires, les résidus et les additifs nutritionnels ;
- les laboratoires qui exploitent des procédures de mesure de référence pour la mesure des contaminants alimentaires, des résidus et des additifs nutritionnels ; et
- les laboratoires de mesure de référence pour la chimie clinique et la médecine légale qui ont besoin de matériaux calibrateurs primaires certifiés afin d’étayer leurs services de mesure de référence.

Ce que le Bureau international fournit :

- Des méthodes validées et un guide de bonne pratique pour la détermination des caractéristiques de calibrateurs primaires pour quatre substances à analyser dans le cadre des comparaisons du CCQM.
- Une étude et un rapport sur l’exactitude et sur la possibilité d’appliquer les nouvelles techniques spectrométriques pour l’identification et la quantification des impuretés.
- Une collaboration avec les laboratoires nationaux de métrologie pour la fourniture de matériaux à étudier.
- Une étude de nouvelles techniques spectrométriques pour l’identification et la quantification des impuretés, et pour déterminer les performances des techniques.

C-A4, C-A5, C-A6 Coordination, transfert de technologie et liaison

La section assume la responsabilité de :

- L’organisation, chaque année au Bureau international, de la réunion du CCQM et celles de ses sept groupes de travail (C-A4).
- La vérification d’une sélection de rapports finaux de comparaisons clés et d’études pilotes du CCQM (C-A4).

- L'aide à l'organisation d'ateliers et d'opportunités de transfert de connaissances, en commun avec des organisations régionales de métrologie, après les comparaisons, afin d'aider les laboratoires qui obtiennent des résultats aberrants ou ceux moins expérimentés à améliorer leurs aptitudes de mesure (C-A6).
- L'aide aux quatre réunions du JCTLM et aux réunions du conseil du JCTLM en assurant le secrétariat exécutif, la fonction de rapporteur et le secrétariat du JCTLM, et en maintenant les bases de données de matériaux de référence, de méthodes et de services de mesure de référence du JCTLM (C-A5).
- Les activités de liaison incluent déjà l'ISO REMCO, l'ISO TC 212, le Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur la métrologie des matériaux, la Commission du Codex Alimentarius, l'Organisation météorologique mondiale, l'Inter-agency meeting, l'Organisation mondiale de la santé, l'Agence mondiale antidopage et les laboratoires scientifiques de médecine légale (C-A6).

Pendant le programme en cours, nous avons établi avec succès de nombreuses collaborations et élevé le niveau de prise de conscience du travail accompli sous les auspices de la Convention du Mètre et de la métrologie en général. Dans plusieurs cas, nous avons activement promu l'utilisation de l'Arrangement du CIPM auprès d'organisations intergouvernementales qui font elles-mêmes la promotion au niveau national. La crédibilité du personnel du Bureau international dépend de façon critique de la compétence acquise dans la participation à des projets de laboratoire choisis avec soin.

Nouveaux projets

C-P1* Équipements de haute exactitude et comparaisons de mesure de teneur en gaz pour le contrôle de la qualité de l'air et du changement climatique global

Objectifs et motivations

Le projet a pour objectif :

- de mettre au point des méthodes et de coordonner des comparaisons afin de démontrer le degré d'équivalence des moyens nationaux de préparation des étalons de gaz pour le contrôle de la qualité de l'air et des gaz à effet de serre ; et
- de mettre au point des méthodes de comparaison des étalons nationaux de gaz réactifs et des dispositifs de contrôle de la qualité de l'air.

Les méthodes de référence gravimétriques servent généralement de fondement aux équipements nationaux pour la préparation des étalons de gaz et étayent une vaste série d'aptitudes en matière de mesure et d'étalonnages en métrologie des gaz. Il est possible d'effectuer des comparaisons utiles et rentables de dispositifs de préparation par gravimétrie lorsque les cylindres de tous les pays participants sont comparés dans un même laboratoire dans des conditions de répétabilité. Les espèces intéressantes et utiles pour les études sur la qualité de l'air et les gaz à effet de serre comprennent, notamment : le monoxyde de carbone (qualité de l'air) ; le dioxyde de carbone (fraction molaire de 400 $\mu\text{mol/mol}$ – gaz à effet de serre) ; l'oxygène (fraction molaire de 50 mmol/mol – niveau d'émission de référence) et le méthane (fraction molaire de 2 $\mu\text{mol/mol}$ – gaz à effet de serre). L'établissement de priorités pour les gaz à mesurer et le choix des valeurs

* C fait référence à « Chimie » et P à « Projet ».

nominales des fractions molaires seront effectués en consultation avec le Groupe de travail sur l'analyse des gaz du CCQM.

Dans le cas des gaz réactifs et des étalons de gaz à basse concentration, il se peut que la préparation gravimétrique statique ne soit pas adaptée, en raison de la stabilité limitée des échantillons de gaz dans les cylindres ; la préparation dynamique fournit alors une méthodologie alternative. Les gaz importants pour la qualité de l'air relèvent souvent de cette catégorie. La réduction de la concentration des gaz polluants dans l'air est une composante majeure de la stratégie d'air propre aux États-Unis, en Europe et en Asie, ce qui implique leur contrôle et l'équivalence internationale des étalons de gaz auxquels les mesures sont traçables. Les gaz intéressants sont, entre autres, les oxydes d'azote, le formaldéhyde, l'ammoniac et le diméthylsulfide.

La justification de l'activité du Bureau international

Les comparaisons de dispositifs de préparation fournissent un moyen dédié à la coordination des comparaisons sélectionnées par le CCQM, dans le cadre de son plan à long terme concernant les étalons de gaz pour la qualité de l'air et le changement climatique global. Ce projet assurera un engagement à long terme pour les comparaisons de dispositifs de préparation par gravimétrie. Il bénéficiera de la neutralité du Bureau international, la valeur de référence étant assignée à partir de l'ensemble des étalons mesurés.

Le contrôle des gaz réactifs dans l'atmosphère est d'une importance croissante au niveau international ; l'Organisation météorologique mondiale a demandé à la communauté internationale d'aider au développement d'étalons primaires de composés organiques volatils. L'activité du Bureau international de mise au point de la méthode de comparaison d'étalons de gaz réactifs servira à établir des procédures afin de permettre la maintenance de l'équivalence internationale et le contrôle à plus long terme de ces étalons de gaz.

Avantages et impact du projet

Le projet a pour objet d'offrir des moyens rentables pour organiser des comparaisons qui étayent les moyens de préparation par gravimétrie d'étalons de gaz des laboratoires nationaux de métrologie et leurs aptitudes associées en matière de mesures et d'étalonnage. Il facilite donc l'obtention de résultats fiables qui seront importants pour déterminer les politiques gouvernementales futures sur l'énergie, le transport et les émissions de gaz.

Les équipements pour les gaz réactifs et les études sur les étalons de transfert mis au point dans le cadre de ce projet bénéficieront aux laboratoires nationaux de métrologie et aux laboratoires nationaux de référence sur la qualité de l'air qui participeront aux futures comparaisons. Le projet bénéficiera aussi au programme de veille de l'atmosphère globale de l'Organisation météorologique mondiale, dont le réseau de contrôle s'étend aux échantillons de gaz réactifs et qui demande le développement et la maintenance d'étalons de gaz primaires, de transfert et de travail.

Ce que le Bureau international fournit :

- Un équipement de mesure validé pour la comparaison d'étalons de gaz stables dans des conditions de répétabilité, en consultation avec le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz.
- Un équipement primaire validé pour la génération dynamique et pour la mesure d'échantillons de gaz réactifs appropriés au contrôle de la qualité de l'air et une étude sur la stabilité d'une série d'étalons de transfert pour les comparaisons.
- Des méthodes et une comparaison du CCQM d'étalons produits par gravimétrie, dans des conditions de répétabilité, pour un échantillon de gaz approprié au contrôle de la qualité de l'air et du changement climatique.
- Un équipement au Bureau international et des méthodes aux incertitudes validées pour la comparaison d'échantillons et d'équipements étalons de gaz réactifs appropriés au contrôle de la qualité de l'air, jugés prioritaires par le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse des gaz.
- Un rapport sur la conception et la stabilité des étalons de transfert pour les comparaisons d'étalons de gaz réactifs.

C-P2 Comparaison internationale d'étalons de gaz de dioxyde d'azote

Objectifs et motivations

Le projet a pour objet de coordonner une comparaison sur l'équivalence internationale d'étalons de dioxyde d'azote dans l'air à basses concentrations pour le contrôle de la qualité de l'air.

La réduction de la quantité d'oxyde d'azote dans l'atmosphère constitue une haute priorité internationale. Le niveau actuel des émissions autorisées se situe typiquement entre 50 $\mu\text{mol/mol}$ et 100 $\mu\text{mol/mol}$, mais l'on espère que cette limite sera abaissée à l'avenir. Actuellement, les réglementations demandent aussi que la fraction molaire de l'oxyde d'azote dans l'air ambiant soit de l'ordre de 0,2 $\mu\text{mol/mol}$. La production d'étalons exacts à ces fractions molaires demande soit la dilution d'un étalon de gaz stable de plus haute concentration, soit leur production par une technique dynamique, par exemple, une technique fondée sur des tubes à perméation. Des étalons à 10 $\mu\text{mol/mol}$ sont actuellement en cours de fabrication dans un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie ; leur comparabilité sera démontrée grâce à ce projet.

Justification de l'activité du Bureau international

Ce projet fournit un équipement dédié, à coûts partagés, avec un engagement à long terme du Bureau international à coordonner les comparaisons d'étalons d'oxyde d'azote. Le projet demandera de caractériser la stabilité d'étalons voyageurs au moyen de la méthodologie mise au point dans le cadre de l'activité C-A2.

Avantages et impact

Le projet bénéficiera aux laboratoires nationaux de métrologie qui fournissent des étalons d'oxyde d'azote ou des services de mesure pour étayer les réglementations sur les émissions de gaz ou sur la qualité de l'air. Parmi les exemples de réglementations, nous pouvons mentionner les directives européennes sur la qualité de l'air ambiant, l'incinération des déchets et les

centrales à combustion ; l'US Clean Air Act et les normes sur les émissions de gaz de l'agence de protection de l'environnement (EPA) aux États-Unis d'Amérique pour les installations électriques et les véhicules à moteur.

Ce que le Bureau international fournit :

- Une comparaison clé et une étude pilote du CCQM.
- Une collaboration avec un laboratoire national de métrologie pour la fourniture d'étalons de gaz.

C-P3 Mesures de sections efficaces d'absorption de l'ozone

Objectifs

Ce projet a pour objectif de résoudre l'écart relatif de 2 % observé entre les mesures de l'ozone utilisant des méthodes par absorption d'ultraviolets et des méthodes de référence fondées sur le titrage en phase gazeuse, et de réduire l'incertitude associée à la section efficace d'absorption de l'ozone à 253,7 nm.

Justification de l'activité du Bureau international

Le Bureau international a une compétence considérable en matière de mesures d'ozone ; il maintient des méthodes de référence indépendantes de mesures primaires d'ozone, ce qui le place dans une position unique pour entreprendre ce projet de recherche.

Dans ce projet, le photomètre à laser du Bureau international sera utilisé pour la redétermination des sections efficaces d'absorption de l'ozone à différentes longueurs d'onde dans l'ultraviolet. Cela permettra d'effectuer une comparaison de mesures fondée sur l'absorption de la raie du mercure. L'expérience permettra au système à laser d'être comparé à d'autres méthodes de référence pour l'ozone et de vérifier s'il convient comme étalon primaire de référence.

Si le Bureau international n'entreprend pas cette activité, tout progrès ultérieur pour améliorer l'exactitude des mesures d'ozone dépendra du financement de la recherche pour ces projets dans les universités et les laboratoires de recherche.

Les avantages de ce projet sont de fournir une meilleure cohérence des résultats de mesures de l'ozone dans l'atmosphère afin de permettre une évaluation exacte à long terme de l'impact des concentrations d'ozone sur le changement climatique global et la qualité de l'air.

Ce que le Bureau international fournit :

- Des mesures des sections efficaces d'absorption de l'ozone, avec des incertitudes bien définies, à quatre longueurs d'onde dans l'ultraviolet.
- Une réduction de l'incertitude du photomètre primaire du Bureau international.
- La collaboration avec un groupe de recherche d'une université ayant de l'expérience dans les mesures de section efficace d'absorption de l'ozone.

C-P4 Comparaisons de références primaires pour l'analyse organique

Objectifs et motivations

Le projet a pour objectif de coordonner et d'étendre les comparaisons du CCQM des aptitudes nationales à assigner des valeurs exactes aux calibrateurs primaires et aux solutions d'étalonnage afin d'étayer les systèmes de mesure de référence en chimie clinique, pour l'analyse en alimentation et pour la médecine légale.

Des matériaux et méthodes de référence aux incertitudes clairement établies sont nécessaires pour étayer un vaste domaine d'analyses en alimentation, afin de mesurer les niveaux de substances interdites, provenant de l'utilisation incorrecte d'engrais ou de pesticides jusqu'aux drogues vétérinaires et à la contamination non intentionnelle pendant la procédure de production. Un grand nombre de ces mesures sont réglementées et l'utilisation de calibrateurs primaires exacts assure que les limites maximales de résidus, établies par la Commission du Codex Alimentarius, ne sont pas dépassées.

Les innovations dans les procédures de mesure de référence pour des médicaments, des métabolites et des substrats, ainsi que des hormones non peptidiques, montrent qu'il devrait être possible de réduire les incertitudes de mesure actuelles des calibrateurs d'au moins un facteur quatre, de manière à ce qu'ils ne soient pas les principaux contributeurs à l'incertitude de la méthode de référence. Des exigences similaires existent dans le domaine de la médecine légale.

Justification de l'activité du Bureau international

Cette activité étaye les plans à long terme du CCQM d'étendre son programme de comparaison à des substances à analyser choisies dans les domaines des contaminants alimentaires, de la médecine légale et des substances cliniques.

En localisant cette activité au Bureau international, le choix de la substance chimique à étudier dépendra moins du matériau choisi parmi les projets de développement des matériaux de référence certifiés dans les laboratoires nationaux de métrologie et offrira donc plus de choix au CCQM pour sélectionner des comparaisons.

Dans ce projet, le Bureau international coordonnera une comparaison de matériaux calibrateurs primaires et de solutions d'étalonnage, dont la pureté sera vérifiée dans le cadre de l'activité C-A3. Les matériaux pour l'étude seront classés par priorité par le Groupe de travail du CCQM sur l'analyse organique. Le choix inclut : les substances ayant des effets anaboliques, les substances antibactériennes, les drogues vétérinaires, les contaminants de l'environnement et les mycotoxines, ainsi que les substances à analyser pour la chimie clinique et la médecine légale.

Les organisations qui bénéficieront directement de cette activité comprennent les laboratoires nationaux de métrologie et les laboratoires nationaux de référence qui ont besoin de démontrer leurs aptitudes techniques pour l'analyse des résidus, des contaminants et des composants nutritionnels dans les aliments, dans le cadre de la chimie clinique ou de la médecine légale. Il bénéficiera aussi aux laboratoires nationaux de métrologie et aux laboratoires nationaux de référence qui produisent des solutions d'étalonnage, développent des méthodes de référence, approuvent les méthodes validées comme méthodes de référence, organisent des essais comparatifs pour les laboratoires de référence, la chimie clinique et la médecine légale.

En dernier lieu, ce projet bénéficiera aux gouvernements, aux organismes de réglementation, aux réseaux de laboratoires d'analyse qui ont besoin d'avoir confiance dans l'infrastructure de mesure qui étaye les analyses en alimentation, dans le secteur clinique et en médecine légale.

Ce que le Bureau international fournit :

- Trois comparaisons du CCQM sur les références primaires pour l'analyse organique.
- Un guide de bonne pratique pour la préparation des solutions d'étalonnage et l'assignation des valeurs.
- La collaboration avec un laboratoire national de métrologie afin de développer et de confirmer la méthodologie de caractérisation des matériaux et pour la fourniture de matériaux appropriés aux études.

C-P5 Collaboration avec des organismes nationaux et internationaux et avec des organisations intergouvernementales ayant des activités dans le domaine de la bioanalyse en métrologie**Objectifs et motivations**

La bioanalyse est fondamentale pour la santé, l'alimentation, la thérapeutique et les diagnostics, mais il n'y a pas de consensus quant aux priorités pour les activités de métrologie internationale dans ce domaine. En établissant des collaborations avec des organismes internationaux et nationaux actifs dans les activités de mesure en biologie, en biotechnologie et en bioanalyse, et en présentant des rapports sur les exigences en matière de matériaux de référence, de méthodes de mesure de référence et de comparaisons interlaboratoires, le projet fera progresser l'établissement d'une infrastructure de mesure internationale traçable pour ces domaines.

Justification de l'activité du Bureau international

Le Bureau international est idéalement placé pour collaborer avec des organisations intergouvernementales et avec des organismes internationaux et régionaux afin de faciliter cette procédure et de coordonner les interactions avec les laboratoires nationaux de métrologie et autres dans ce domaine.

Dans ce projet, le Bureau international établira des collaborations avec des laboratoires et des réseaux nationaux et internationaux et fera un rapport sur les exigences en matière de comparaisons de mesure, de méthodes de référence et de matériaux de référence certifiés nécessaires pour établir et maintenir une infrastructure internationale de mesure pour la bioanalyse, notamment en liaison avec les mesures des gènes et des protéines.

Ce que le Bureau international fournira et avantages :

Ce que le Bureau international fournira et les avantages de ce projet seront une description à jour des activités en cours en ce qui concerne la normalisation des mesures liées aux gènes et aux protéines, ainsi qu'un rapport au Comité international et à la Conférence générale en 2011 afin de préparer les propositions du programme de travail pour les années 2013 à 2016. Ce projet établira quelles sont les exigences en matière de comparaisons de mesure, de méthodes de référence et de matériaux de référence certifiés, et formulera des recommandations sur les activités requises pour développer une infrastructure internationale de mesure.

Partenaires pour une collaboration

Des collaborations seront établies avec des organisations intergouvernementales, gouvernementales et non gouvernementales actives dans la normalisation des mesures des gènes et des protéines : la Commission du Codex Alimentarius ; les consortiums de fabricants ; les fournisseurs d'essais d'aptitudes ; les agences d'accréditation ; les agences de réglementation ; les organisations scientifiques de médecine légale et les réseaux appropriés.

Commentaires des Comités consultatifs

La proposition a bénéficié d'une large consultation et des conseils du CCQM, en particulier de son groupe de travail chargé spécifiquement de conseiller le Bureau international sur son programme de travail. Les propositions du programme ont été révisées en fonction de leurs commentaires. En particulier, le groupe de travail a recommandé d'identifier les priorités pour la bioanalyse au niveau international avant d'examiner toute activité de laboratoire et que les activités scientifiques dans les domaines des gaz et de la chimie organique soient renforcées. La version actuelle a l'entière approbation du groupe de travail et du CCQM.

Ressources pour les nouveaux projets proposés par la section de chimie

La section comprend actuellement cinq chimistes et deux techniciens. Pour délivrer les activités et les projets établis dans le programme de travail pour les années 2009 à 2012, le Bureau international aura besoin en plus :

- d'un technicien pour les activités et les projets en métrologie des gaz (A1, A2, P1, P2, P3) ;
- d'un technicien pour les activités et les projets en analyse organique (A3, P4) ; et
- d'un chimiste en détachement d'un laboratoire national de métrologie pour une année pour les programmes de collaboration internationale (A4, A5, A6, P5).

En plus des détachements à court terme des laboratoires nationaux de métrologie, le Bureau international aura besoin de recruter deux chercheurs associés post-doctorat.

5.6 Coordination et collaborations internationales

Au cours de ces dernières années, les activités de coordination et de collaboration internationale ont augmenté, avec en particulier trois objectifs à l'esprit :

- créer des opportunités d'étendre l'utilisation du SI et de meilleures pratiques métrologiques dans les nouveaux domaines d'application ;
- soutenir et développer le système métrologique mondial ; et
- aider à l'extension de l'Arrangement du CIPM, en particulier dans le cadre des activités du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM.

Lors des réunions des précédentes Conférences générales, les États membres ont poussé le Bureau international à étendre et à développer son travail de coordination internationale, mis en œuvre par les sections scientifiques et par toute l'organisation. Le Bureau international a déjà répondu à ce défi, alors que les précédentes Conférences générales n'avaient pas fourni les ressources financières nécessaires pour entreprendre la totalité du programme de travail. Une grande partie du travail de collaboration scientifique est présentée dans les autres chapitres de ce programme de travail.

Dans le programme de travail pour les années 2005 à 2008, le Bureau international, par exemple, a renforcé son rôle de coordination avec deux organisations en particulier :

- l'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), qui collabore avec le Bureau international à un certain nombre de déclarations de politiques communes ; et
- l'Organisation internationale de normalisation (ISO), au sein de laquelle le Bureau international a accru sa représentation et son suivi d'un certain nombre de comités de normalisation.

Le travail de l'Organisation internationale de métrologie légale (OIML) est en rapport avec la mission du Bureau international. Le BIPM et l'OIML ont donc accru le nombre de leurs réunions régulières et ont lancé un certain nombre de collaborations techniques dans le but de présenter une image plus cohérente de la métrologie au monde extérieur.

En accord avec les critères utilisés par le Comité international pour établir le travail du Bureau international, l'approche générale pour établir les priorités du travail de collaboration et de coordination internationales est donc déterminée par :

- Le degré d'impact susceptible de résulter d'un effort soutenu.
- Le degré à partir duquel les efforts du Bureau international créent une opportunité d'expansion majeure de l'utilisation du SI ou du développement de la traçabilité dans un nouveau domaine d'application.
- Le niveau existant du soutien et de l'aide apportés par une organisation partenaire pour mettre en pratique les buts et objectifs de la Convention du Mètre.
- La possibilité que, après une période initiale, le travail puisse être repris par l'organisation concernée ou par des groupes de laboratoires nationaux de métrologie, par exemple, les organisations régionales de métrologie.
- Les considérations politiques et les souhaits exprimés par le Comité international ou par la Conférence générale.

Dans le programme de travail pour les années 2009 à 2012, le Bureau international augmentera les ressources allouées à la promotion de la Convention du Mètre et de l'Arrangement du CIPM. Les activités pour aller au devant des besoins des utilisateurs potentiels seront favorisées par la proposition à la Conférence générale d'établir une catégorie de correspondant du Bureau international ouverte aux laboratoires nationaux de métrologie. Cette initiative devrait aider à attirer de nouveaux Associés et de nouveaux États membres, mais le temps nécessaire pour que les gouvernements s'engagent dans cette procédure est considérable. Cela pourrait prendre plus de temps encore si les responsabilités des personnalités clés venaient à changer. L'action du Bureau international peut prendre de nombreuses formes, telles que l'accès à des informations techniques et économiques pouvant aider les laboratoires nationaux à présenter des arguments favorables auprès de leur gouvernement, ou d'ateliers organisés au niveau local sous les auspices des organisations régionales de métrologie, ou d'organismes internationaux d'aide ou de développement.

Ressources

Ce travail est essentiellement de la responsabilité du directeur et du secrétaire exécutif du JCRB – un poste qui jusqu'à présent a été pourvu par détachement de personnel de trois laboratoires nationaux de métrologie.

Compte tenu de l'accroissement de la charge de travail et de son importance, le Comité international a approuvé, lors de sa session de 2006, d'examiner la possibilité de recruter une personne supplémentaire pour occuper un poste dédié à ce travail lors de sa réunion de 2008. La position du Comité international est que cette décision dépend clairement du fait que la Conférence générale décide ou non d'affecter des ressources supplémentaires dans ce domaine dans le programme de travail pour les années 2009 à 2012. Le poste de secrétaire exécutif du JCRB continuera à être pourvu par détachement de personnel des laboratoires nationaux de métrologie.

5.7 Services généraux et scientifiques des laboratoires

5.7.1 Atelier de mécanique

L'atelier est fondamental au bon fonctionnement des programmes de laboratoire du Bureau international ainsi qu'au fonctionnement efficace et à l'aide aux comparaisons. Dans ce dernier cas, le personnel de l'atelier est toujours disponible pour réparer des artefacts endommagés ou pour fabriquer des pièces supplémentaires nécessaires pour adapter les étalons des laboratoires nationaux de métrologie aux équipements de référence du Bureau international. L'atelier est installé depuis 2001 au Pavillon du Mail et il a bénéficié de la mise à niveau de la machine d'usinage verticale à commande numérique, d'un nouveau tour à commande numérique, et d'une machine à électro-érosion d'occasion qui a permis de fabriquer des pièces spéciales pour la balance du watt, le condensateur calculable et pour d'autres activités. L'atelier fonctionne pratiquement à pleine capacité.

5.7.2 Publications et informatique

Depuis janvier 2004, l'équipe constituée de deux informaticiens est dirigée par le responsable des publications, qui supervise aussi le travail de la webmestre, membre à plein temps de la section et qui apporte aussi son aide pour noter et rédiger les comptes rendus de réunions, d'une secrétaire à temps partiel, et de la bibliothécaire, qui apporte aussi une aide aux publications.

Les responsabilités de la section sont les suivantes :

- Produire les publications du Bureau international, comme les comptes rendus de Comités, ceux de la Conférence générale, la Brochure sur le SI et le Rapport du directeur. Le responsable de la section représente aussi le Bureau international dans les discussions sur la production de documents imprimés et au format électronique pour diverses publications du Comité commun pour les guides en métrologie.
- Assumer la responsabilité des pages Web du Bureau international et mettre en valeur le site Web comme moyen de promotion du Bureau international et de la métrologie en général.
- Gérer les différents aspects éditoriaux de *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 le personnel scientifique à préparer les articles à publier ou à soumettre pour des conférences.

- L'équipe informatique est responsable du maintien efficace et sécurisé des services internes du Bureau international et de ses connexions externes essentielles, notamment pour la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, pour les bases de données du JCTLM et pour l'accès aux données de la section Temps, fréquences et gravimétrie. L'équipe n'est composée que de deux personnes à plein temps et le système risque d'être vulnérable en cas d'absence ou de panne. Le travail de cette équipe a augmenté et est indispensable au bon fonctionnement des sites Web des comités, aux nouvelles bases de données, au renforcement de la sécurité et des moteurs de recherche, aux services rendus aux participants à un nombre de plus en plus élevé de réunions. Le recrutement d'un technicien supplémentaire a été envisagé, mais le recours à des services extérieurs ou sous contrat pour certaines tâches semble pour l'avenir une solution mieux appropriée aux besoins informatiques immédiats du Bureau international.

5.7.3 *La base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB) et la base de données du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire (JCTLM)*

Ces deux bases de données sont au cœur de l'interface publique de l'Arrangement du CIPM et du travail du Comité commun pour la traçabilité en médecine de laboratoire. La KCDB contient (au moment de la rédaction du présent document) plus de 19 000 aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) provenant de plus de 150 laboratoires nationaux de métrologie et laboratoires désignés. L'annexe B, la principale source de rapports de comparaisons utilisés pour étayer et justifier les déclarations d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages, contient plus de 400 rapports. Elle avait initialement été conçue pour répondre aux besoins et aux intérêts des métrologistes professionnels et des laboratoires nationaux de métrologie. Comme elle est devenue par la suite mieux connue des agences d'accréditation, de réglementation et des industriels, les moteurs de recherche qu'elle proposait sont devenus moins bien adaptés aux besoins. Pendant la dernière partie du programme de travail pour les années 2005 à 2008, un investissement important a été fait dans un moteur de recherche par mots clés, afin de faciliter l'accès à la base de données et de la rendre plus utile à ces communautés. Dans le programme de travail pour les années 2009 à 2012, nous pensons que le travail se poursuivra à un niveau similaire.

5.7.4 *Le Système Qualité du Bureau international*

Le Bureau international a un Système Qualité auto-déclaré qui répond aux exigences de la norme ISO/CEI 17025 en ce qui concerne son activité de mesurage. Il sera maintenu et renforcé dans le programme de travail proposé.

5.7.5 *Santé et sécurité au Bureau international*

Pendant le programme de travail pour 2005-2008, un effort majeur a été fait pour améliorer les procédures liées à la santé et à la sécurité du Bureau international. La nouvelle structure en matière de santé et sécurité au Bureau international comprend un Comité santé et sécurité composé de membres bien formés des sections scientifiques du Bureau et des sections de

soutien. Le comité organisera des audits périodiques et des vérifications de la mise en œuvre de la politique de santé et de sécurité au Bureau international. La responsabilité de ce travail a été ajoutée aux autres responsabilités du membre du personnel responsable de la qualité.

5.8 Finances et administration

Une petite équipe efficace de 5,5 personnes (équivalent temps plein) est responsable de la gestion financière et administrative du Bureau international, qui comprend :

- l'établissement des comptes annuels du Bureau international, 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 sections scientifiques ;
- la gestion des ressources humaines, y compris la paye, la formation, la gestion du système d'assurance maladie du Bureau international, le contrôle et le remboursement des dépenses de voyage ;
- la gestion de toutes les questions juridiques, y compris celles relatives au Statut du personnel et au Règlement de la Caisse de retraite, aux accords tels que les protocoles d'accord et les contrats d'achat, au droit des organisations internationales et au droit international ;
- toutes les questions relatives aux achats au Bureau international, y compris les négociations de prix ;
- les relations avec les États membres et les Associés en ce qui concerne les affaires financières, juridiques et administratives ;
- les questions logistiques, y compris les opérations douanières et les questions liées à la maintenance du site ;
- l'organisation logistique, en collaboration avec le secrétariat, des réunions, conférences, écoles d'été et autres événements au Bureau international.

La mise en œuvre des tâches engendrées par les activités et les projets présentés dans le présent programme de travail implique : du personnel scientifique supplémentaire, une augmentation des transports et des opérations de douane relatifs aux équipements utilisés dans les comparaisons avec les laboratoires nationaux, un nombre croissant de réunions au Bureau international et, potentiellement, un nombre croissant d'États membres et d'Associés.

L'augmentation corrélative de la charge de travail de la section Finances et administration sera telle qu'il sera nécessaire de recruter un(e) comptable supplémentaire.

5.9 Secrétariat

5.9.1 Secrétariat

Le secrétariat du Bureau international est composé de 4,5 personnes (équivalent temps plein) ; il apporte son soutien à l'organisation des réunions, dont le nombre est en augmentation spectaculaire au Bureau international. Nous ne proposons cependant pas d'augmenter le nombre de personnes travaillant à titre permanent ou à plein temps au secrétariat pendant le programme de travail pour les années 2009 à 2012.

Pendant la mise en œuvre du programme de travail pour les années 2005 à 2008, un certain nombre de procédures Qualité ont été mises en place, ainsi qu'un nouveau projet pour harmoniser et rationaliser les bases de données et les systèmes informatiques servant aux Comités consultatifs. La plupart des Comités consultatifs fonctionnent maintenant sans papier. Ceci demande de nouvelles méthodes pour traiter et archiver les documents électroniques.

En particulier, le secrétariat :

- envoie les invitations aux Comités consultatifs et aux groupes de travail, et s'occupe des démarches nécessaires à la participation aux réunions, y compris des demandes de visa ;
- finalise et diffuse les rapports officiels publiés par le BIPM, et se charge de leur traduction en français, si nécessaire ;
- participe aux réunions afin d'apporter son aide aux délégués des laboratoires nationaux de métrologie et des autres laboratoires.

5.9.2 *Bibliothèque*

La bibliothèque est toujours une part intégrale du Bureau international ; elle est essentielle au travail scientifique et aux visiteurs des États membres qui se rendent au Bureau international pour des réunions et pour un travail de collaboration.

Afin de limiter les coûts à environ 1,5 % du budget du Bureau international, il a été nécessaire de résilier certains abonnements à des journaux moins utilisés dans les domaines d'activités traditionnels du Bureau international. Malheureusement, l'expérience montre que le coût des abonnements aux journaux scientifiques augmente à un taux supérieur à l'inflation. Par conséquent, nous continuons à résilier les abonnements aux journaux les plus coûteux, sauf s'ils sont considérés comme faisant partie de la collection de base du Bureau international. Le nombre des abonnements a été réduit depuis 2004. Toutefois, le travail du Bureau international évolue et la création de la section de métrologie en chimie après la 21^e réunion de la Conférence générale a demandé d'augmenter le fonds de la bibliothèque dans ce nouveau domaine. Le lancement du Système Qualité et l'augmentation du travail du Bureau international avec l'ISO et d'autres organismes de normalisation ont impliqué l'achat d'un plus grand nombre de normes internationales. Pendant le programme de travail pour les années 2009 à 2012, le Bureau effectuera une étude à long terme sur la fourniture de sources d'information au Bureau international et sur la manière de répondre à l'évolution des besoins du personnel du Bureau international et présentera un rapport au Comité international.

5.10 **Voyages et transport d'équipements**

Les missions du personnel scientifique et du directeur du Bureau international dans les laboratoires nationaux et la participation aux conférences et réunions scientifiques constituent une part essentielle des activités du Bureau. 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 Bureau international et de promouvoir les activités effectuées sous les auspices de la Convention du Mètre.

Le nombre de voyages a augmenté pour diverses raisons :

- Tout d’abord, les visites de membres du personnel scientifique dans les laboratoires nationaux. Ceci est dû en particulier au succès de l’utilisation de nos étalons voyageurs dans les comparaisons sur site et du transfert de technologie associé.
- Ensuite, les voyages pour assister à des réunions avec des organisations intergouvernementales et des organismes internationaux et régionaux ont augmenté, reflétant le nombre croissant de collaborations/liaisons avec ces organisations et organismes.

5.11 Bâtiments et site

Le Bureau international est situé sur un site historique. Il en résulte des implications financières pour son entretien et sa maintenance générale. Pendant le programme de travail pour les années 2005 à 2008, plusieurs laboratoires ont fait l’objet d’une réfection majeure afin de permettre une évolution des activités, en particulier pour les laboratoires de chimie, d’électricité, de la masse, de la balance du watt et des rayonnements ionisants. D’autres réfections seront nécessaires et seront effectuées pendant les années 2009 à 2012. Une réfection majeure de l’ancien atelier a offert un espace supplémentaire pour accueillir un plus grand nombre de réunions au Bureau international.

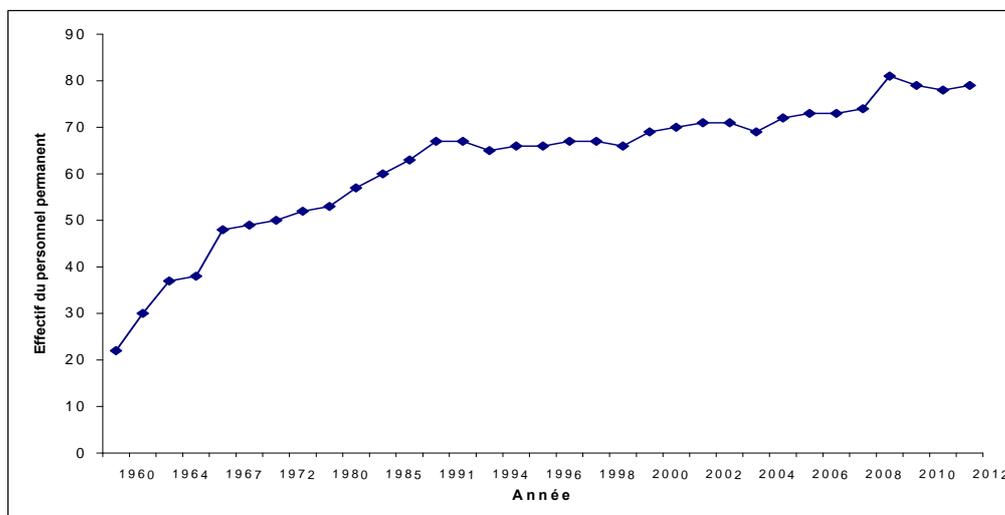
Un grand nombre de laboratoires du Bureau international sont équipés de systèmes de conditionnement d’air afin d’assurer une température stable nécessaire à la métrologie de précision. Certains systèmes de conditionnement d’air ont été remplacés au cours de ces dernières années, mais beaucoup d’entre eux sont encore anciens et consommateurs d’énergie. Les pannes deviennent de plus en plus fréquentes et les pièces détachées sont difficiles à se procurer. Ceci, bien sûr, entraîne du retard dans le travail scientifique et dans le programme d’étalonnages et de comparaisons. Pendant le programme de travail pour les années 2009 à 2012, il faudra mettre à niveau ou remplacer un certain nombre de ces systèmes, en plus de la maintenance de routine.

Les restrictions financières continuent à retarder les travaux importants et plus que nécessaires de réfection des toitures des deux bâtiments du XVII^e siècle, le Pavillon de Breteuil et le Petit Pavillon, ainsi que de l’Observatoire. Ceux-ci ne peuvent plus être repoussés et il est prévu au budget une augmentation appropriée des dépenses de travaux de bâtiments.

6 Personnel

6.1 Dispositions relatives au personnel

Le nombre total de personnes équivalent plein temps employées au Bureau international à titre permanent au 1^{er} avril 2007 est de 75, si l'on inclut deux postes vacants sur le point d'être pourvus. Ces personnes sont réparties entre les différentes sections comme le montre l'organigramme de la page 270. L'évolution du nombre de personnes employées à titre permanent depuis 1960 et la prévision jusqu'en 2012 est montrée dans la figure ci-dessous. L'âge moyen de l'ensemble du personnel au 1^{er} avril 2007 est de 46 ans.



Organigramme du BIPM au 1^{er} avril 2007

DIRECTEUR
M. A.J. Wallard

MASSE	TEMPS, FRÉQUENCES et GRAVIMÉTRIE	ÉLECTRICITÉ	RAYONNEMENTS IONISANTS	CHIMIE
M. R.S. Davis	Mme E.F. Arias	M. T.J. Witt ¹ M. M. Stock ²	Mme P.J. Allisy-Roberts	M. R.I. Wielgosz
Mlle P. Barat Mme H. Fang Mme C. Goyon-Taillade M. A. Picard 1 poste vacant	M. R. Felder M. Z. Jiang Mme H. Konate M. J. Labot M. W. Lewandowski M. G. Petit M. L. Robertsson M. G. Thibaudeau M. L. Tisserand M. L. Vitushkin 1 poste vacant	M. R. Chayramy M. N. Fletcher M. R. Goebel M. A. Jaouen M. S. Solve	M. D.T. Burns M. S. Courte Mme C. Kessler Mme C. Michotte M. M. Nonis Mme S. Picard M. G. Ratel M. P. Roger	Mlle A. Daireaux M. E. Flores Jardines M. R. Josephs M. P. Moussay Mme J. Viallon M. S. Westwood

FINANCE, ADMINISTRATION et SERVICES GÉNÉRAUX	SECRÉTARIAT	SYSTÈME QUALITÉ LIAISONS AVEC L'ISO et L'ILAC	BASE DE DONNÉES DU BIPM SUR LES COMPARAISONS CLÉS	SECRÉTARIAT DU JCRB	PUBLICATIONS et INFORMATIQUE	ATELIER et MAINTENANCE DU SITE
Mme B. Perent Finance, Administration Services généraux	Mme F. Joly	M. R. Köhler	Mme C. Thomas ⁵ Mme S. Maniguet ³	M. P.I. Espina ⁸	M. J.H. Williams	M. S. Sanjaime Atelier Maintenance du site
M. F. Ausset M. R. Cèbe Mme D. Etter Mme M.-J. Martin ⁴ Mme D. Saillard ⁵ Mme A. Da Ponte M. C. Dias Nunes Mme A. Dominguez ^{4/6} Mme M.-J. Fernandes Mme I. Neves ^{4/6} M. A. Zongo ⁷	Mme C. Fellag-Ariouet ⁴ Mme D. Le Coz ^{4/5} Mme G. Negadi Mme J. Varenne				M. L. Le Mée Mme J.R. Miles M. G. Petitgand	M. F. Boyer M. De Carvalho M. S. Segura M. B. Vincent M. P. Benoit M. E. Dominguez ⁶ M. P. Lemartrier M. C. Neves ⁶

1 – Responsable de la section Électricité
2 – Responsable des projets spéciaux
3 – Aussi à la chimie
4 – A temps partiel
5 – Aussi aux publications
6 – Gardiens
7 – Aussi à l'entretien du site
8 – En détachement du NIST

Quatorze nationalités sont représentées parmi le personnel du Bureau international. Travailler comme expatrié dans une organisation intergouvernementale entraîne un certain nombre d'inconvénients pratiques et personnels, qui sont généralement compensés par les modalités et conditions d'emploi du Bureau. Il apparaît toutefois que le niveau des salaires a baissé de manière significative, en particulier par rapport à ceux offerts par des organisations intergouvernementales similaires basées à Paris. Ces organisations comprennent l'Organisation de coopération et de développement économiques et l'Agence spatiale européenne. Il n'y a pas eu de réévaluation générale des salaires du Bureau depuis 1992. Le Bureau a toutefois pu pourvoir les postes vacants pendant le programme de travail pour les années 2005 à 2008 en personnel bien qualifié, même si le nombre de candidats de grande qualité a parfois été décevant. Il semble toutefois que la qualité des candidats pourrait baisser et que les compensations financières pourraient être insuffisantes pour attirer les meilleurs candidats – comme c'est le cas dans un certain nombre d'autres organisations intergouvernementales. En général, le personnel est recruté au bénéfice de contrats à durée indéterminée. Dans les précédents programmes de travail, le Bureau a cependant eu recours à des chercheurs associés engagés à durée déterminée. Dans le programme de travail pour les années 2005 à 2008, il n'y a pas eu de nouveau recrutement de chercheur associé, à la suite des décisions prises par le Comité international et par la 22^e réunion de la Conférence générale, pour des raisons financières.

Malheureusement, et à la seule exception du poste de secrétaire exécutif du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM, aucun laboratoire national de métrologie n'a, comme la 22^e réunion de la Conférence générale les y avait invités, financé des détachements à long terme de personnel au Bureau international. Des détachements à court terme, allant de quelques semaines à six mois, ont cependant été organisés et le Bureau international en est reconnaissant aux laboratoires nationaux de métrologie et aux gouvernements qui lui ont apporté leur aide. Nous continuerons à faire appel à de tels détachements pendant le programme de travail pour les années 2009 à 2012.

Alors que la majorité du travail du Bureau international demande de faire appel à des métrologistes dévoués et expérimentés dans leur domaine au niveau international, une proportion de postes peuvent être pourvus suivant des arrangements à durée déterminée. Ceci présente plusieurs avantages :

- L'occasion de renouveler ou de rendre disponible, à court terme, des compétences spécialisées qui pourraient ne pas être nécessaires à long terme.
- La flexibilité du personnel travaillant sur de nouveaux projets et activités qui peuvent être interrompus, en fonction des décisions prises par la Conférence générale concernant la dotation et le programme de travail.
- Une réduction des engagements à long terme de la Caisse de retraite.

Le Bureau international propose donc, en fonction des décisions relatives au programme de travail et budget approuvé par la Conférence générale, de continuer à pourvoir une proportion croissante de postes de projets vacants par des engagements à durée déterminée, par exemple des postes de chercheurs associés.

6.2 Ressources en personnel demandées

Afin de mettre en œuvre le programme de travail, les ressources permanentes suivantes sont demandées :

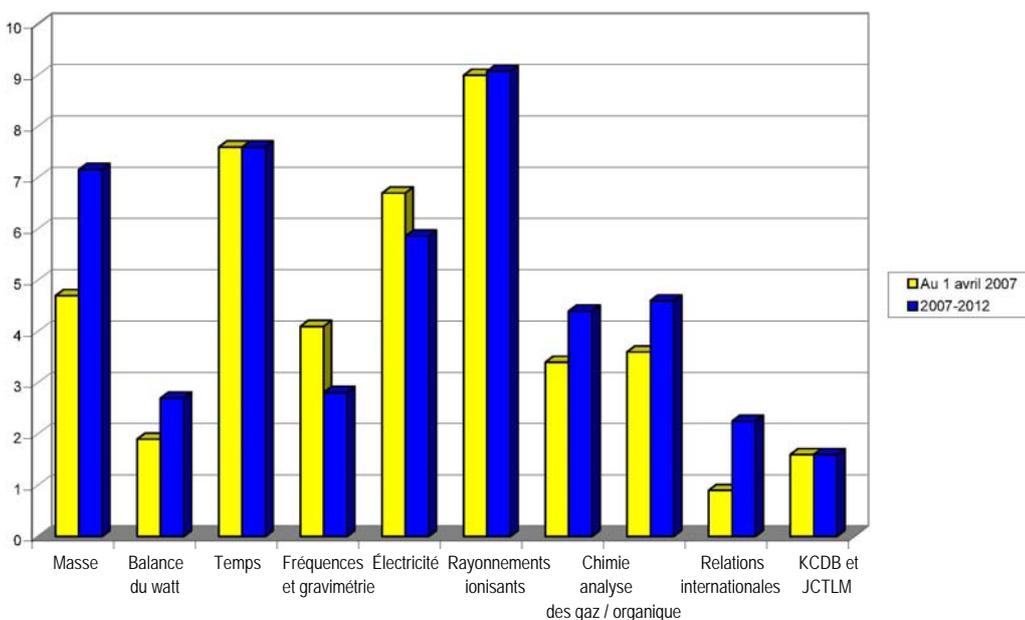
- masse : un scientifique et un technicien ;
- balance du watt : un scientifique ;
- chimie : deux techniciens ;
- relations extérieures : un scientifique ;
- administration : un comptable.

De plus, un certain nombre de personnes seront recrutées sur des contrats à court terme ou en détachement de laboratoires nationaux de métrologie. Ces recrutements et détachements sont détaillés dans les sections concernées, il s'agit essentiellement :

- de deux recrutements de post-doctorants, chacun pour une durée de deux ans ;
- d'un détachement pour une durée d'un an pour une étude en biotechnologie ;
- de détachements à plus court terme équivalant à une durée totale de quatre années de travail.

Le tableau ci-dessous montre l'évolution de la répartition du personnel des sections scientifiques pendant les années 2007 à 2012.

Répartition du personnel permanent par activité scientifique



6.3 Formation du personnel

Pendant le programme de travail pour les années 2005 à 2008, les ressources allouées à la formation du personnel ont représenté jusqu'à maintenant 0,4 % du budget en moyenne : ceci recouvre les formations scientifiques, les frais d'inscription dans les universités et écoles d'ingénieurs, la formation de techniciens, et les cours au personnel sur la sécurité électrique et chimique. Compte tenu du nombre de nouvelles recrues, nous avons aussi financé la formation de cours d'anglais et de français. L'engagement du Bureau international dans la formation du personnel et l'acquisition d'expérience se poursuivra pendant le programme de travail proposé.

6.4 Contribution à la Caisse de retraite

Des études actuarielles sont régulièrement effectuées et ont confirmé les tendances prévues en 1994 selon lesquelles le nombre de retraités doublerait entre 1994 et 2010. Afin d'anticiper cette situation, le Comité international avait décidé en 1994 d'augmenter les fonds alloués chaque année à la Caisse de retraite pendant les années comprises entre 1996 et 2008 d'un montant équivalent à 2 % des salaires. Ce plan continue à être appliqué, car il est maintenant prévu que le nombre de retraités atteindra le niveau de 64 en 2045, avec un pic de 75 en 2027, date à laquelle il y aura un retraité pour un membre actif du personnel. La dernière étude actuarielle indique que les fonds versés à la Caisse de retraite sont suffisants pour les 35 ans à venir. Nous continuerons à suivre avec soin la situation afin d'allouer des fonds suffisants pour les retraites du personnel.

7 Dotation annuelle du Bureau international

Le Comité international, dans la Convocation de la 23^e réunion de la Conférence générale, a demandé d'adopter les dotations suivantes pour les années 2009 à 2012 :

11 859 000 euros en 2009

12 333 000 euros en 2010

12 826 000 euros en 2011

13 339 000 euros en 2012.

La justification de ces chiffres est donnée en détail dans la Convocation à la 23^e réunion de la Conférence générale et il n'est pas nécessaire de la répéter ici.

Dans ce qui suit, l'estimation des dépenses générales pour le programme de travail décrit précédemment sont données dans la section 5 du présent document. Les entêtes (dépenses de fonctionnement, dépenses de laboratoire, dépenses de personnel etc.) sont celles utilisées dans le document intitulé *Rapport annuel aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes sur la situation administrative et financière du Bureau International des Poids et Mesures* distribué chaque année aux Gouvernements des États membres et aux Associés. Tous les chiffres sont donnés en milliers d'euros.

Les budgets annuels pour les années 2009 à 2012 sont présentés à la section 7.1. La répartition correspondante des dépenses par catégorie est présentée dans les tableaux 7.1.2 à 7.1.5. Pour établir le budget prévisionnel de chaque année, des sommes supplémentaires représentant environ 6 % du total sont incluses en plus de la dotation. Ces sommes supplémentaires représentent les souscriptions des 22 Associés actuels de la Conférence générale, les revenus estimés des intérêts des actifs disponibles et d'autres revenus mineurs provenant de services et redevances, comme *Metrologia*, etc. (voir les *Rapports annuels aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes sur la situation administrative et financière du Bureau International des Poids et Mesures* des dernières années).

7.1 Budgets des années 2009 à 2012

7.1.1 Récapitulation des recettes (en milliers d'euros)

	2009	2010	2011	2012	4 années
A. Dotation	11 859	12 333	12 826	13 339	50 357
B. Souscriptions*	241	250	260	271	1 022
C. Divers	460	478	498	517	1 953
Total	12 560	13 061	13 584	14 127	53 332

* Cette somme correspond aux vingt-deux Associés actuels de la Conférence générale (avril 2007).

7.1.2 *Récapitulation des dépenses (en milliers d'euros)*

	2009	2010	2011	2012	4 années
A. Personnel	6 859	7 020	6 854	7 079	27 812
B. Contribution à la Caisse de retraite	2 356	2 428	2 383	2 461	9 628
C. Services généraux	1 239	1 272	1 353	1 284	5 148
D. Dépenses de laboratoire	1 615	1 779	2 235	2 437	8 066
E. Bâtiments	405	475	670	775	2 325
F. Divers, imprévus	86	87	89	91	353
Total	12 560	13 061	13 584	14 127	53 332

7.1.3 *Personnel (équivalent plein temps)*

	2009	2010	2011	2012
Personnel permanent	81	79	78	79
Chercheurs associés	1	2	2	1
Total	82	81	80	80

7.1.4 *Services généraux (en milliers d'euros)*

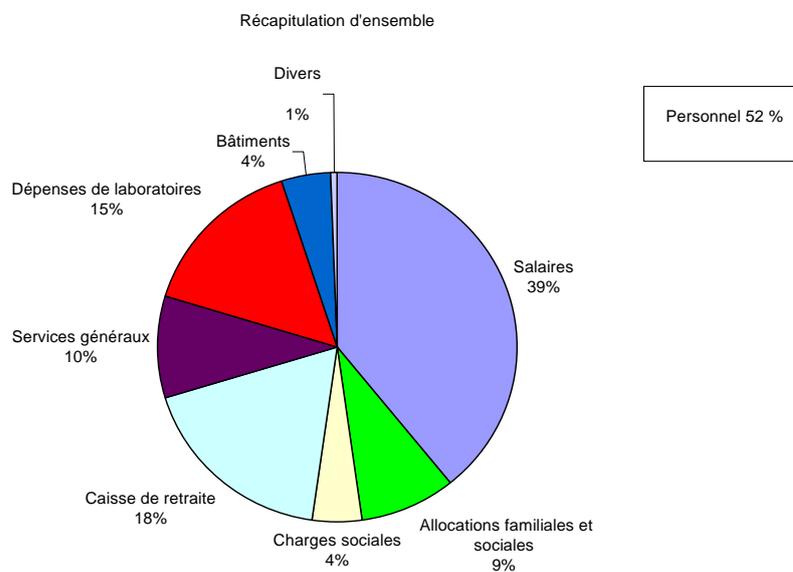
	2009	2010	2011	2012	4 années
Chauffage, eau, électricité	234	238	243	248	963
Assurances	48	49	50	51	198
Publications	67	68	70	71	276
Frais de bureau	164	167	170	174	675
Voyages et transport de matériel	411	428	397	406	1 642
Réunions	104	106	203	110	523
Bibliothèque	183	187	191	194	755
Bureau du Comité	28	29	29	30	116
Total	1 239	1 272	1 353	1 284	5 148

7.1.5 *Dépenses de laboratoire (en milliers d'euros)*

	2009	2010	2011	2012	4 années
Masse et balance du watt	330	443	845	631	2 249
Temps, fréquences et gravimétrie	170	177	184	191	722
Électricité	200	208	216	225	849
Rayonnements ionisants	180	187	195	562	1 124
Métrologie en chimie	300	312	325	338	1 275
Atelier	150	156	162	169	637
Services généraux et scientifiques des laboratoires, informatique, KCDB	285	296	308	321	1 210
Total	1 615	1 779	2 235	2 437	8 066

7.2 Représentation graphique des prévisions de dépenses pour les années 2009 à 2012

Récapitulation des principaux postes et répartition des dépenses de personnel (7.1)



Annexe 1 – Critères pour les programmes de travail du Bureau international

Résumé

Les programmes techniques et de coordination du Bureau international sont fondés sur les directives générales discutées par le Comité international en 2004. Les critères suivants, plus détaillés, ont été utilisés pour établir le programme de travail et les projets pour les dix prochaines années :

- S’engager à maintenir les équipements et l’activité au service des laboratoires nationaux de métrologie pour une période significative.
- Avoir reçu mandat d’effectuer ces activités.
- Réaliser des économies en effectuant un investissement international plutôt que national, en coordonnant un réseau, des équipements de référence ou des étalons de transfert internationaux.
- Conserver un nombre limité d’aptitudes en matière de comparaisons et d’étalonnages.
- Effectuer un certain nombre de recherches de pointe sélectionnées.

Les priorités établies pour les activités de coordination du Bureau international sont déterminées par :

- Le degré d’impact potentiel susceptible de découler d’un effort soutenu.
- Le degré à partir duquel les efforts du Bureau international créent une opportunité d’augmenter de manière substantielle l’utilisation du SI ou le développement de la traçabilité dans un nouveau domaine d’application.
- Le degré d’investissement de l’organisation partenaire dans les buts et objectifs de la Convention du Mètre.
- La possibilité, après une période initiale, que le travail soit poursuivi par l’organisation partenaire ou par des groupes de laboratoires nationaux de métrologie, comme les organisations régionales de métrologie.
- Les considérations politiques et les demandes expresses de la Conférence générale.

1 Introduction

Lors de la 22^e réunion de la Conférence générale en 2003, les États membres ont approuvé globalement les missions du Bureau international et la manière selon laquelle le Bureau international établit les priorités pour ses activités, mais il a été demandé des informations plus détaillées. En particulier, plusieurs délégations ont demandé au directeur du Bureau international et au Comité international d'examiner les procédures utilisées pour déterminer et gérer les programmes de travail. Cette demande a été faite pour :

- Assurer le meilleur usage des ressources du Bureau international.
- S'assurer que les programmes du Bureau international sont toujours établis en réponse aux besoins des États membres.
- Introduire une méthode dynamique pour faire évoluer le travail du Bureau international et pour ajuster les ressources en réponse aux questions les plus importantes.

En mettant en œuvre cette demande, le Comité international, lors de sa session d'octobre 2004, a discuté d'un document préparé par le directeur du Bureau international soulignant les critères sur lesquels les programmes du Bureau sont établis. Ce document est en grande partie fondé sur les critères présentés à la 22^e réunion de la Conférence générale. Le Comité international a pris acte du fait qu'il est difficile d'élaborer une méthode pour établir les priorités et allouer les ressources dans toutes les institutions scientifiques et qu'il n'existe pas de « meilleure pratique » établie. La plupart des laboratoires nationaux de métrologie ont à faire face à des limitations de ressources et à un potentiel de travail qui n'est pas toujours capable d'évoluer aussi rapidement que les priorités de l'établissement l'exigent. De plus, il est bien connu que la gestion des ressources dans des laboratoires scientifiques ayant vocation de service peut devenir encore plus complexe du fait des exigences des usagers et des clients qui défendent bruyamment les services et activités qui leur sont fournis. L'expérience a montré qu'un rythme de changement des priorités et allocations de ressources trop rapide dans ces institutions risque d'aliéner la faveur des décideurs et de faire perdre des compétences techniques uniques qui, une fois abandonnées, peuvent rarement être rétablies.

Il faut donc être prudent avant d'effectuer les changements. Même si les nouveaux domaines de travail scientifique peuvent paraître séduisants aux yeux de certains décideurs du Bureau international, il est clair que nous devons être assurés que les transferts de ressources des domaines traditionnels vers les domaines nouveaux résultent de décisions prises avec soin par le Bureau international et par le Comité international. Ces décisions, et la nouvelle répartition des activités du Bureau international, devraient dans l'idéal avoir le soutien total et permanent des laboratoires nationaux de métrologie et des délégations nationales aux futures Conférences générales. Alors que toutes les organisations sont prisonnières de leurs succès passés et actuels, il est aussi du devoir des responsables d'assurer la crédibilité future et la viabilité de l'organisation dans des environnements internes et externes en évolution.

2 La base de « bénéficiaires » du Bureau international

Les « bénéficiaires » du Bureau international comprennent :

- les États membres ;
- les Associés à la Conférence générale ;
- les Comités consultatifs ;
- les organisations intergouvernementales et les organismes internationaux qui collaborent avec le Bureau international afin de compléter et de faire avancer leur propre mission.

Comme c'est le cas dans la plupart des organisations, ces « bénéficiaires » ont des perspectives et des exigences différentes, qui peuvent parfois être conflictuelles. Par exemple, les besoins et les priorités des plus grands laboratoires nationaux de métrologie diffèrent de ceux des plus petits, et de ceux des pays en voie de développement. De plus, l'approbation des besoins scientifiques des représentants des laboratoires nationaux de métrologie dans les Comités consultatifs, bien qu'étant un argument puissant, ne peut pas, en soi, convaincre la Conférence générale de voter et d'approuver le budget nécessaire. En décidant de l'effort à investir dans les collaborations internationales, nous devons prendre soin de ne pas donner des espoirs que nous ne pourrions pas combler en raison de limitations de ressources ou d'un manque de personnel ayant les compétences requises.

3 Approche générale

Pour essayer de réconcilier les intérêts concurrentiels des bénéficiaires de nos actions, les sections scientifiques du Bureau international formulent maintenant des plans de travail pour les dix prochaines années dans le but de fournir le cadre à long terme dans lequel nos projets plus détaillés, pour quatre ans, sont formulés. Les projets pour les dix prochaines années seront régulièrement réactualisés afin de refléter l'évolution de la manière dont le Bureau international doit prendre en compte les progrès de la science de la métrologie, alors que les plans à quatre ans sont présentés à la Conférence générale pour être validés. Ensemble, ils présentent l'image de l'étendue et de la répartition des différentes activités du Bureau international à l'avenir et donnent au Comité international et à la Conférence générale une vision technique à long terme de l'organisation.

Le Comité international sollicite aussi l'avis de ses Comités consultatifs sur le travail du Bureau international. En tant qu'experts de haut niveau dans leurs domaines respectifs, les Comités consultatifs sont exceptionnellement bien qualifiés pour examiner et améliorer le contenu technique des programmes individuels pour les dix prochaines années. Leurs conseils et leur présentation des besoins indiquent les secteurs dans lesquels une activité scientifique partagée, financée par la dotation du Bureau international, peut être la plus rentable, plus souhaitable d'un point de vue scientifique, ou plus efficace qu'un certain nombre d'activités similaires au niveau national. De meilleurs plans opérationnels, fondés sur les réponses à ces consultations, sont présentés au CIPM lors des exposés annuels des chefs de section, pour commentaire et approbation. Ils assurent aussi le fondement des programmes de travail pour quatre ans présentés à la Conférence générale. Simultanément, nous exhortons aussi les membres des Comités

consultatifs à tenir le directeur de leur laboratoire national de métrologie informé de la procédure pour établir les programmes de travail du Bureau international afin qu'il soit au courant des exigences scientifiques et des directions à venir du programme scientifique du Bureau international.

Outre les détails des programmes scientifiques, les plans examinent aussi les ressources allouées par le Bureau international pour établir des collaborations au niveau international. Comme ces deux éléments – le programme scientifique et les collaborations internationales – sont importants et interdépendants, leur équilibre est examiné avec soin. Par exemple, le Bureau international organise activement des réseaux internationaux et il utilise sa position unique et sa crédibilité afin de créer des opportunités qui puissent être mises en pratique au niveau national par les États membres. Les projets finaux sont donc un mélange des deux types d'activités, reconnaissant que toutes deux sont importantes, de manière différente, pour différents groupes de décideurs.

4 Analyse

Le Bureau international utilise des outils d'analyse afin d'identifier les priorités pour son travail scientifique et de collaboration internationale. Ces évaluations de la valeur et de l'impact des deux types d'activités nécessitent d'affiner les critères généraux qui puisent leurs racines dans la mission du Bureau international. Dans ce qui suit, nous passons en revue les critères actuellement utilisés pour évaluer le travail scientifique et de collaboration internationale.

4.1 Critères scientifiques

Pour que le Bureau international puisse délivrer la mission qui lui a été confiée selon les articles 6 (1875) et 7 (1921) de la Convention du Mètre, l'organisation doit maintenir un ensemble d'activités scientifiques estimées du plus haut niveau par la communauté de la métrologie. Pour réaliser ces activités, le personnel scientifique du Bureau international doit publier dans des journaux à comité de lecture et il doit collaborer régulièrement avec les collègues des laboratoires nationaux de métrologie en étant en position de force ou d'égalité sur le plan technique.

Fidèles à notre tradition, les normes actuelles d'excellence scientifique au Bureau international sont aussi élevées que jamais, et nous continuons à attirer et à retenir des scientifiques de haut niveau comme membres de notre personnel. De plus, nous attirons des collaborateurs, des chercheurs associés et des personnes en détachement des laboratoires nationaux de métrologie de toutes tailles pour de courtes durées – un vivier de ressources dont nous aimerions faire un usage plus grand à l'avenir.

Un programme scientifique solide devrait, bien sûr, être fondé sur des projets qui répondent à plus d'un critère de sélection. Bien que les principes d'évaluation générale aient déjà été discutés, le bureau du Comité a souligné les cinq points supplémentaires suivants et des critères directifs plus détaillés pour le travail scientifique du Bureau international :

- a) Une contribution durable au SI, à son développement et à son évolution.

Ceci s'applique à des domaines auxquels le Bureau international peut garantir une disponibilité à long terme. Cet engagement peut ne pas être toujours possible au niveau des programmes

nationaux, qui peuvent être sujets à des fluctuations à court terme dans leur financement ou leur soutien. Des exemples de ce type de projets sont :

- le calcul du Temps atomique international (TAI) et du Temps universel coordonné (UTC) ;
- le condensateur calculable ;
- les étalons voyageurs ou de référence uniques dans le domaine de l'électricité (jonctions de Josephson et systèmes à effet Hall quantique) ;
- les chambres de référence et les équipements pour les rayonnements ionisants et la radioactivité ; et
- la conservation du prototype international du kilogramme et de la balance du watt.

De plus, nous voulons être bien informés des dernières techniques métrologiques de pointe afin que nous puissions répondre aux besoins en matière de comparaisons des laboratoires nationaux de métrologie des États membres.*

b) Des activités « mandatées ».

Ces activités sont normalement conférées par les Résolutions de la Conférence générale ou par le Comité international. Le Bureau international est notamment chargé d'après la Convention du Mètre de conserver le kilogramme et d'effectuer les comparaisons nécessaires afin d'assurer l'uniformité des mesures dans le monde (article 6 de la Convention du Mètre, 1875). Il est aussi chargé du calcul du TAI (et de l'UTC) (18^e Conférence générale, Résolution 3, 1987).

c) Une meilleure rentabilité et une meilleure valeur scientifique que celle fournie uniquement par des activités nationales.

En principe, des équipements à coûts partagés offrent une meilleure rentabilité qu'un ensemble d'investissements individuels similaires. Cependant, si c'était le seul critère, le rôle des laboratoires nationaux de métrologie individuels serait contestable. Bien sûr, la valeur spécifique des contributions faites par les laboratoires nationaux de métrologie dérive de leur capacité à fournir un accès au SI au niveau local, à transférer les techniques métrologiques et à assurer un soutien aux politiques nationales industrielles et scientifiques, rôles qui ne relèvent pas du mandat du Bureau international.

Citons en exemple du principe général de la meilleure valeur scientifique du travail effectué au Bureau international :

- La coordination de projets majeurs tels que le Consortium Avogadro international.
- La gestion de réseaux tels que le programme de comparaisons en chimie organique.
- La fourniture d'étalons voyageurs qui peuvent être utilisés pour comparer les performances de réalisations nationales sophistiquées du SI telles que les étalons électriques à effet Josephson ou à effet Hall quantique, le SIR, les récepteurs horaires voyageurs et les lasers à peigne à impulsions femtosecondes.
- Le rôle de laboratoire pilote de certaines comparaisons clés.

* Le site web du BIPM contient des informations sur les services fournis à chaque État membre.

d) Un domaine limité et sélectionné de services d'étalonnage.

La Convention du Mètre (articles 6 et 7, 1875) charge le Bureau international d'effectuer des étalonnages pour les laboratoires nationaux de métrologie des États membres. Au départ, il y avait assez peu de laboratoires nationaux de métrologie et une majorité d'États membres ont voulu que le Bureau international assure un vaste domaine de réalisations du système métrique ou d'équipements de référence reconnus au niveau international afin qu'ils puissent tous les utiliser. Aujourd'hui, nous assurons toujours beaucoup de services fondamentaux de ce type pour les États membres, mais le domaine d'activités est bien plus réduit. Nos réalisations actuelles du SI pour les besoins des étalonnages comprennent : l'UTC, le kilogramme, le SIR et diverses chambres et systèmes de référence pour les rayonnements, ainsi que le laser asservi de référence « BIPM 4 ». De plus, d'autres services d'étalonnage sont disponibles comme produits dérivés du travail destiné à répondre à d'autres critères scientifiques.

Ces dernières années, il y a eu un changement bien plus grand en ce qui concerne les services d'étalonnage que pour les autres activités scientifiques du Bureau international. Ces services sont régulièrement réexaminés afin de déterminer si des alternatives au niveau national sont disponibles pour tous les clients. En fonction de nos ressources scientifiques et du type de demandes des États membres, de nouveaux services d'étalonnage sont introduits et des services existants sont fermés. Bien que ces décisions de commencer ou de cesser des étalonnages soient litigieuses, parce que les plus petits laboratoires nationaux de métrologie ont plus besoin de nos services d'étalonnage que les plus grands laboratoires, nous nous efforçons de maintenir un équilibre qui bénéficie à tous nos États membres.

e) Recherche de pointe.

Cette activité comprend un certain nombre de projets auxquels le Bureau international peut offrir une contribution unique ou spéciale avec ses modestes ressources. Le Bureau international soutient actuellement quatre ou cinq projets de ce type en même temps. Toutes les sections scientifiques ne seront pas capables de monter des projets de cette catégorie en même temps, mais toutes les sections devraient avoir une base de recherche vivante, utile aux utilisateurs, qui porte sur des projets pour maintenir et améliorer les moyens et aptitudes actuels, et stimuler ou faciliter le travail national dans les laboratoires nationaux de métrologie des États membres.

L'idéal serait que les projets de cette catégorie relèvent de détachements, ou de collaborations avec les laboratoires nationaux de métrologie des États membres. Citons comme exemples de ces projets, extraits du travail passé ou en cours : l'analyse du bruit des étalons de tension au moyen des techniques de la variance d'Allan, la mesure de la masse volumique et de la teneur en argon de l'air, le travail sur la méthode de Monte Carlo pour la modélisation des chambres de référence et des détecteurs dans le domaine des rayonnements ionisants, le condensateur calculable, l'évaluation des performances des peignes de fréquence et la balance du watt.

Découlant en grande partie de ces programmes, le personnel scientifique du Bureau international a un taux de publications dans des journaux soumis à un comité de lecture comparable à celui du personnel technique d'autres laboratoires nationaux de métrologie effectuant des recherches intensives. Par exemple, en 2004 il y a eu 57 articles et rapports publiés par une vingtaine de scientifiques, y compris 17 Rapports BIPM.

4.2 Coordination et collaboration internationale

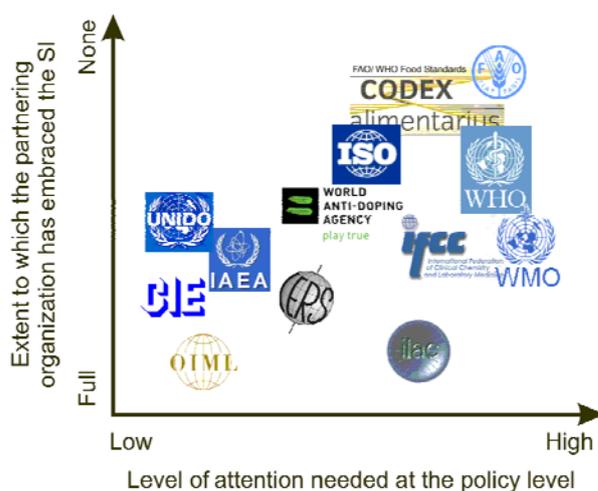
Dans notre communauté de plus en plus globale, il est tentant de mettre en œuvre des collaborations internationales avec ceux qui valorisent nos produits et recherchent notre aide. Cependant, nos ressources limitées ne nous permettent d'apporter notre aide qu'aux projets considérés comme ayant le plus grand impact potentiel auprès des États membres. Que le Bureau international s'engage ou ne s'engage pas dans une activité spécifique dépend, bien sûr, de la priorité actuelle que les États membres lui accordent, et de la mesure dans laquelle seul le Bureau international, plutôt qu'un laboratoire national de métrologie, peut créer la relation désirée.

Les priorités de ce type de travail changeront, en général, plus rapidement que celles que nous attachons à nos activités scientifiques. L'approche générale du Bureau international en matière de coordination et de collaboration internationale est déterminée par :

- Le degré d'impact susceptible de résulter d'un effort soutenu.
- Le degré à partir duquel les efforts du Bureau international créent une opportunité d'étendre de façon majeure l'utilisation du SI ou le développement de la traçabilité dans un nouveau domaine d'application.
- Le degré d'investissement de l'organisation partenaire dans les buts et les objectifs de la Convention du Mètre.
- La possibilité, après une période initiale, que le travail soit poursuivi par l'organisation partenaire ou par des groupes de laboratoires nationaux de métrologie, comme les organisations régionales de métrologie.
- Les considérations politiques et les demandes expresses de la Conférence générale.

Une fois qu'une organisation partenaire s'est engagée dans des activités avec la Convention du Mètre et avec le Bureau international, en général, ces contacts deviennent techniques et de routine plutôt que des exercices de « création politique ». Ceci ne signifie pas qu'ils sont moins importants, mais simplement qu'ils exigent moins d'efforts de haut niveau pour être maintenus.

Plutôt que d'analyser le travail nécessaire de toutes les organisations clés avec lesquelles nous avons des interactions, la figure suivante (en anglais) donne un aperçu général de la manière dont nous voyons actuellement l'état de nos relations avec certaines d'entre elles.



5 Activités en relation avec les Comités consultatifs et les Comités communs

Ce type de travail est motivé par les exigences des membres des comités. C'est une activité de base du Bureau international et l'une de nos raisons majeures d'exister. Tout au long de l'année, notre personnel est engagé dans l'organisation et la participation à des réunions, ateliers et réunions des groupes de travail qui permettent aux Comités consultatifs de remplir leur rôle de conseil auprès du Comité international. Ces activités puisent sur les ressources du Bureau international, réduisant ainsi la disponibilité de notre personnel pour d'autres activités.

6 Équilibre entre les différents besoins

Le travail administratif du Bureau international en liaison avec les collaborations internationales et les Comités consultatifs a énormément augmenté au cours des cinq dernières années, qui ont vu croître le nombre de réunions, de groupes de travail et d'ateliers, et une augmentation du temps nécessaire pour établir et maintenir la coopération. Nous avons aussi débuté des activités dans de nouveaux domaines scientifiques, principalement ceux liés à la collaboration avec des organisations intéressées et exerçant des responsabilités dans une variété de secteurs en métrologie en chimie. De plus, nous avons appris que nous ne pouvons pas ignorer les activités des organisations telles que l'ISO dont les décisions ont des conséquences directes sur nos activités et sur celles des États membres. Par exemple, une expérience récente relative à la norme ISO 17011 a démontré l'importance de suivre de près les travaux en cours dans certains comités clés – dans lesquels les métrologistes et les laboratoires nationaux de métrologie des États membres sont sous-représentés – et dont le travail a un impact considérable sur la métrologie.

En général, la Conférence générale et, en particulier, le point de vue des délégations des plus grands États membres, ont souligné l'importance de la coordination de haut niveau pour la mise en œuvre de nos activités. Notre niveau de réponse a inévitablement réduit les ressources

disponibles pour le travail scientifique du Bureau international, en particulier au plus haut niveau. D'un autre côté, les Comités consultatifs insistent pour faire plus de travail scientifique au Bureau international, comme nous l'avons constaté lors des récentes réunions du CCM, du CCEM et du CCRI, qui ont souligné la valeur de certains domaines scientifiques spécifiques et ont plaidé en faveur de leur extension au Bureau international.

Nous réajustons sans cesse nos programmes pour prendre en compte les petites évolutions des priorités quand ceci peut être fait sans un ajustement majeur du budget. D'un point de vue plus large, l'établissement de nouvelles priorités a conduit à la fermeture de la section de photométrie et radiométrie et à la réduction de l'effort global consacré à la section des longueurs afin de permettre d'effectuer plus de travail en chimie. Ces effets très visibles n'ont cependant pas été les seules victimes des limitations de ressources : les personnes ayant pris leur retraite dans les sections des rayonnements ionisants, de la masse, du temps et de l'électricité ont rarement été remplacées. Ces réductions peuvent aller par mégarde trop loin et peuvent risquer de porter atteinte aux compétences majeures du Bureau international. Par exemple, le CCEM a récemment exprimé sa préoccupation quant au fait que même un programme de base en métrologie électrique ne pourra pas être réalisé du fait des réductions passées et futures, en particulier à la lumière des ressources allouées aux projets sur la balance du watt et le condensateur calculable. Le bureau du Comité international a répondu à ces préoccupations en acceptant de recruter une personne supplémentaire pour la section.

C'est donc inévitable, il faut exercer un degré de pragmatisme et le travail du directeur et celui des chefs de section – en liaison avec le bureau du Comité et avec le Comité international – est d'ajuster les ressources pour s'adapter aux demandes en évolution permanente imposées au Bureau international. Le nouveau système d'objectifs et de prévisions pour le personnel, initié il y a deux-trois ans, aide à diriger les efforts de notre personnel, vers des cibles établies par les chefs de section, cibles compatibles avec les priorités générales et les directions établies dans les plans décennaux.

Activités (A) et projets (P) proposés

Section Masse

- M-A1 Comparaisons de masse pour les laboratoires nationaux de métrologie et pour les besoins internes du Bureau international
- M-A2 Amélioration de la métrologie des masses au niveau du kilogramme
- M-A3 Fourniture de prototypes nationaux aux États membres
- M-A4 Activités de coordination
- M-P1 Conservation d'artefacts de 1 kg
- M-P1A Conservation d'un équipement pour la comparaison d'artefacts de 1 kg dans le vide ou en atmosphère inerte
- M-P1B Conservation d'un groupe international d'une douzaine d'artefacts de 1 kg en atmosphère inerte

W-A1 Programme sur la balance du watt

Section Temps, fréquences et gravimétrie

T-A1 Exactitude de la fréquence du TAI

T-A2 Coordination, projets de transfert de connaissances et de technologie

T-A3 Campagnes d'étalonnage

T-A4 Services internes

T-A5 Activités de liaison

FO-A1 Activités de coordination

FO-A2 Service de cuves à iode

FO-P1 Horloges optiques

G-A1 Gravimétrie

Section Électricité

E-A1 Conservation d'une représentation du volt, comparaisons internationales et étalonnages

E-A2 Conservation d'une représentation de l'ohm, comparaisons internationales et étalonnages

E-A3 Étalons de capacité dérivés de la résistance de Hall quantifiée

E-A4 Condensateur calculable

E-A5 Coordination

Section Rayonnements ionisants

RI-A1 Dosimétrie

RI-A2 Radionucléides

RI-A3 Activités de transfert de connaissances et de technologie

RI-A4 Coordination

RI-P1 Équipement à faisceau d'électrons et de rayons x de un mégavolt pour les étalons de dose absorbée

Section chimie

C-A1 Programme sur les étalons de référence mesureurs d'ozone au niveau du sol

C-A2 Étalons primaires de gaz et méthodes de haute exactitude pour les comparaisons d'étalons de gaz

C-A3 Calibrateur primaire organique

- C-A4
- C-A5 Coordination, transfert de technologie et liaison
- C-A6
- C-P1 Équipements de haute exactitude et comparaisons de mesure de teneur en gaz pour le contrôle de la qualité de l'air et du changement climatique global
- C-P2 Comparaison internationale d'étalons de gaz de dioxyde d'azote
- C-P3 Mesures de sections efficaces d'absorption de l'ozone
- C-P4 Comparaisons de références primaires pour l'analyse organique
- C-P5 Collaboration avec des organismes nationaux et internationaux et avec des organisations intergouvernementales ayant des activités dans le domaine de la bioanalyse en métrologie



Bureau International des Poids et Mesures

General Conference on Weights and Measures

23rd Meeting (12-16 November 2007)

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.

Contents

List of delegates and invitees 9

Proceedings, 12-16 November 2007 296

Agenda 297

- 1 Opening of the Conference 298
- 2 Address on behalf of His Excellency the Ministre des Affaires Étrangères et Européennes de la République Française 298
- 3 Reply by the President of the International Committee for Weights and Measures 299
- 4 Address by the President of the Académie des Sciences de Paris, President of the Conference 299
- 5 Nomination of the Secretary of the General Conference 301
- 6 Presentation of credentials by delegates 301
- 7 Establishment of the list of delegates entitled to vote 302
- 8 Approval of the agenda 303
- 9 Report of the President of the CIPM on work accomplished since the 22nd meeting of the General Conference (October 2003 – November 2007) 304
 - 9.1 Introduction 304
 - 9.2 Progress on Resolutions adopted by the General Conference at its 22nd meeting 304
 - 9.3 Collaboration with intergovernmental organizations and international bodies 306
 - 9.4 Corresponding NMI of the BIPM: promotion of work under the aegis of the Metre Convention 308
 - 9.5 International System of Units 309
 - 9.6 Financial arrears of Member States 310
 - 9.7 International Committee for Weights and Measures (CIPM) 310
 - 9.8 The CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA) 311
 - 9.9 Consultative Committees 313
 - 9.10 Joint Committees 314
 - 9.11 The work of the BIPM's scientific sections 315
- 10 Relations with intergovernmental organizations and international bodies 320
 - 10.1 Reports on relations with the IAEA, OIML, WMO, CIE, ILAC and ISO 320

- 10.2 Draft Resolution A, “On the initiatives taken to strengthen the collaboration between National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies” **328**
- 11 Draft Resolution B, "Report of the CIPM on Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM" (Kaarls Report) **328**
- 12 Programme of work at the BIPM and financial implications **329**
- 13 Nomination of Members for the Working Group on the Dotation of the BIPM **331**
- 14 Report on the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement **332**
- 15 Report on issues relating to Associates of the General Conference **333**
 - 15.1 On encouraging Associate States of the General Conference to become Member States **334**
 - 15.2 On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference **334**
- 16 Proposal to create a category of Corresponding National Metrology Institute of the BIPM **335**
- 17 Financial arrears of Member States **336**
- 18 Reports of Presidents of Consultative Committees **338**
 - 18.1 Consultative Committee for Length **338**
 - 18.2 Consultative Committee for Mass and Related Quantities **346**
 - 18.3 Consultative Committee for Time and Frequency **356**
 - 18.4 Consultative Committee for Electricity and Magnetism **360**
 - 18.5 Consultative Committee for Thermometry **366**
 - 18.6 Consultative Committee for Photometry and Radiometry **372**
 - 18.7 Consultative Committee for Ionizing Radiation **380**
 - 18.8 Consultative Committee for Amount of Substance **384**
 - 18.9 Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibrations **399**
 - 18.10 Consultative Committee for Units **405**
- 19 Report from the Working Group on the Dotation of the BIPM **415**
- 20 Proposals from delegates **418**
- 21 Renewal of half of the International Committee **418**
- 22 Votes on all Resolutions **418**
- 23 Other business **420**
- 24 Closure of the 23rd meeting of the CGPM **420**

Resolutions adopted by the 23rd meeting of the General Conference 421

- On the initiatives taken to strengthen the collaboration between National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies (Resolution 1) **422**

On the report of the International Committee to the General Conference on Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) (Resolution 2) **422**

Dotation of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) for the years 2009 to 2012 (Resolution 3) **424**

On the relevance to trade of the CIPM Mutual Recognition Arrangement, and other related Arrangements (Resolution 4) **426**

On Associate States of the General Conference (Resolution 5) **427**

On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference (Resolution 6) **427**

On the importance of promoting the work carried out under the Metre Convention to encourage more States to accede to the Metre Convention or become Associates of the General Conference (Resolution 7) **428**

On financial arrears of Member States (Resolution 8) **430**

On the revision of the mise en pratique of the definition of the metre and the development of new optical frequency standards (Resolution 9) **431**

Clarification of the definition of the kelvin, unit of thermodynamic temperature (Resolution 10) **432**

On the importance of SI traceable measurements to monitor climate change (Resolution 11) **433**

On the possible redefinition of certain base units of the International System of Units (SI) (Resolution 12) **434**

Appendix A Convocation of the 23rd meeting of the General Conference on Weights and Measures **437**

Appendix B Programme of work and budget of the BIPM for the four years 2009-2012 **471**

List of acronyms used in the present volume 533

**Proceedings of the 23rd meeting
of the General Conference
on Weights and Measures
12-16 November 2007**

Agenda

The provisional agenda of the 23rd meeting of the General Conference on Weights and Measures (see Appendix A, page 437) is adopted as the final agenda.

1 Opening of the Conference

The first session of the 23rd meeting of the General Conference on Weights and Measures (hereinafter CGPM or General Conference) was opened by Dr Hoffmann, President of the Académie des Sciences de Paris and President of the 23rd meeting of the General Conference on Weights and Measures.

The opening speech was followed by a short declaration, given on behalf of His Excellency the *Ministre des Affaires Étrangères et Européennes de la République Française*, by the *Secrétaire général adjoint*, Mr Kuhn-Delforge.

2 Address on behalf of His Excellency the *Ministre des Affaires Étrangères et Européennes de la République Française*

Mr Kuhn-Delforge, *Secrétaire général adjoint* to the *Ministre des Affaires Étrangères et Européennes de la République Française*, gave the following speech:

“Mr President, Ladies and Gentlemen, Delegates,

Mr Bernard Kouchner, Minister for Foreign and European Affairs, is attending a Franco-German Council of Ministers in Berlin and has asked me to represent him. In his name and in the name of the Government of the French Republic, I have the great honour and pleasure to welcome you today to the International Conference Centre and to declare open the 23rd meeting of the General Conference on Weights and Measures.

When, originally, the Metre Convention was signed, on 20 May 1875, the main task of the Bureau International des Poids et Mesures (International Bureau of Weights and Measures, BIPM) was the conservation of the international prototypes of the kilogram and the metre. Since that time, the increasing volume of international trade and commerce, and the evolution and development of science and technology, have made measurement traceability essential. 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. It is therefore essential for us all that the methods and instruments used in metrology and the standards upon which it is based evolve.

‘For a long time it was thought that biological and human phenomena did not lend themselves readily to measurement and observation, and that it was impossible to comprehend them with the classical methods of scientific analysis. These blocks have only been overcome by the evident success seen from the study of many other disciplines’ (Maurice Tubiana, *Le refus du réel*). Today, metrology is one of the principle tools allowing a better comprehension of the mechanisms of the origin of life and their practical realization. Unfortunately, all biological and medical needs are not yet fulfilled. The continuing development of better metrology standards is essential. The consequences of a lack of reference standards in human health can entail very serious, and even lethal, consequences. The ability to measure the precise dose of radiation being given to a patient in cancer treatment is essential to avoid cases of over-irradiation.

For example, certain studies are limited today by the lack of accuracy in the measurement of certain parameters in the field of health, but also as regards environmental protection. We will not be able to ensure a true follow-up of the evolution of the greenhouse effect and warming of our planet without accurate measurements of the total evolution of the composition and the temperature of the atmosphere and the oceans. However, the monitoring, and possibly the control, of the physical and chemical conditions in which human beings live are huge tasks which have barely begun. Metrology can and must play a crucial role in ensuring the coherence of measurements and the effectiveness of the means used to fight pollution and other future threats.

I make a particular point of acknowledging the impressive work of the International Committee for Weights and Measures and the energy which the Committee devotes to encouraging the various National Metrology Institutes to work for the redefinition of certain base units such as the kilogram, the ampere and the second. The Resolutions adopted during this Conference I am certain will have a significant impact on the environment, health and more generally on the development of science and technology and the economies of developing countries.

I thank you for your attention.”

3 Reply by the President of the International Committee for Weights and Measures

Prof. Göbel, President of the International Committee for Weights and Measures (hereinafter CIPM or International Committee), replied to the address given by Mr Kuhn-Delforge. He briefly outlined the history of the Metre Convention, the creation of the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) and the support and protection given to the BIPM by the French Republic; he went on to mention the origin of the International System of Units (SI), and how the SI and the concept of traceability enabled the economic globalization, which would not have been possible without the adoption of the SI. Finally, Prof. Göbel spoke of the CIPM Mutual Recognition Arrangement and how it could be of vital importance in eliminating technical barriers to trade, and in assisting nations expand their economic activities.

4 Address by the President of the Académie des Sciences de Paris, President of the Conference

Dr Hoffmann, President of the Académie des Sciences de Paris, replied with a short speech, and announced that, due to other commitments, he was obliged to leave the CGPM and Prof. Bordé, physicist and corresponding member of the Académie des Sciences, would replace him for the remainder of the meeting.

“Secrétaire général adjoint, Ladies and Gentlemen, Delegates, President of the CIPM, Director of the BIPM, my dear colleagues, I have, in the name of the Academy of Sciences, the privilege

and the great pleasure of welcoming you as representatives of an international community of metrology which is in radical transformation.

Metrology is beginning to lose its traditional image of a necessary but dull science. It is undergoing a double transformation: on the one hand, it is based today on the most advanced physics and its progress irrigates and inspires the most fundamental aspects of modern science; on the other hand, it is required by society to better quantify and control many needs or dangers touching upon our health and our environment and thus on our daily lives. I would like to briefly develop these two points.

A new metrology and a new system of units are emerging from a cascade of discoveries begun in the last century. It is merely enough to list the Nobel Prizes awarded to physicists for discoveries relating directly to metrology: Lamb in 1955; Townes, Basov and Prokhorov in 1964; Josephson in 1973; Kapitsa in 1978; Siegbahn, Schawlow and Bloembergen in 1981; von Klitzing in 1985; Dehmelt, Paul and Ramsey in 1989; Chu, Cohen-Tannoudji and Philips in 1997; Laughlin in 1998; Cornell, Ketterle and Wieman in 2001; Glauber, Hall and Hänsch in 2005.

This list is impressive and concerns measurements relating to all the base units, and which have profound implications for traditional metrology. In a general way, we are witnessing the birth of quantum metrology; notably in electricity with the Josephson and quantum Hall effects and the tunnel effect for an electron; or in the field of atomic physics with the use of cold atoms in atomic interferometry. This quantum metrology passes from the microscopic to the macroscopic world. Maxwell's dream of redefining our system of units starting from the universal properties of the microscopic world is becoming a reality.

The majority of the current base units could thus be defined through the fixed value of a fundamental physical constant, as the metre is linked to the second: the Planck constant for the kilogram, the Boltzmann constant for the kelvin, the Avogadro constant for the mole and the impedance of the vacuum or the electron charge for the ampere. The definition of the second itself could evolve in future, taking into account the development of optical clocks and measurements of frequencies with pulsed femtosecond lasers. The extraordinary progress made in the measurement of time – a factor of ten every ten years in the accuracy of atomic clocks – is taking science to the summit of metrology.

We thus know that the International System of Units (SI) is not fixed but invariably evolves with our increasing comprehension of the physical world and the fast progress of technology. It is your duty to steer this evolution in the right direction, that of greater coherence and greater universality, to allow the SI to benefit from the full richness of today's science. This change must be done in agreement with the wider scientific community, so that the future metrology truly underlies all science and becomes a universal language.

The present SI is thus only one stage towards a more unified and more coherent system. With all the required prudence, it is your responsibility to continue this effort and to find the correct road, which will ensure the continuity and the revival of our system of units, while maintaining the traceability and the wider needs of society.

Concurrent with these technical aspects of metrology, the needs of society as regards measurements are increasingly important; whether in economic life or the daily life of each of us, in particular in medicine and the environment. The current news in France points this out clearly: accidents of dosimetry in the radiation given to hospital patients, the greenhouse effect and climate warming, excess ozone on the ground and a deficit in the stratosphere, increasing

levels of noise pollution in our environment... Even the commonplace problem of the measurement of the speed of cars has become controversial in the media. The energy crisis and the implementation of renewable sources for energy production require a better understanding on the part of the public of many aspects of metrology. All this poses the problem of the diffusion of a metrological culture for which the citizen is unprepared. The essential concepts of uncertainty of measurement, of systematic error, are ignored, in particular in the fields of biology and medicine, even if the concept of traceability is now well established with the general public.

To demonstrate the interest which the Academy of Sciences has for your field of endeavour, this year it 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. Theodor Hänsch. This committee has the role of following and guiding, at the highest level, the scientific reflection on metrology. But, it is also the whole scientific community on a world level, which must contribute permanently to progress of metrology. This implies that metrologists and the BIPM, through its Consultative Committees, must remain open to gather and consult this community around the basic problems which confront them today.

It is essential for us to give our thanks to the BIPM for the quality of its work on the harmonization of world metrology, thanks to the CIPM MRA and with the BIPM key comparison database. It is also necessary to underline the indisputable quality of the research which is undertaken there, in particular an original version of the watt balance, the project to fabricate a calculable capacitor based on the Thompson-Lampard principle and the general way in which the equipment of the BIPM is used in international comparisons. The competence and ability of the teams and the personnel who work at the BIPM are to be noted. On this positive note, I wish you a productive and successful conference.”

Prof. Bordé thanked Dr Hoffmann for his speech and called for a short adjournment.

5 Nomination of the Secretary of the General Conference

The President opened the proceedings and commented that this was the third occasion on which he had been President of the General Conference. He then proposed Dr Kaarls as Secretary of the General Conference. Dr Kaarls was elected unanimously.

6 Presentation of credentials by delegates

The Convocation required that details of the composition of the delegation of each Member State be sent to the BIPM at least two weeks before the opening of the General Conference. On arrival, delegates were required to present their credentials from their Government.

7 Establishment of the list of delegates entitled to vote

As Secretary of the General Conference, Dr Kaarls welcomed the Member States to the 23rd meeting of the CGPM. Having examined the credentials of the delegates, Dr Kaarls proceeded to establish a list, by Member State, of those delegates eligible to vote on behalf of their States, asking the head of each delegation to respond indicating the presence of the delegation. The list, in alphabetical order, was as follows:

Argentina	J. Valdés
Australia	B.D. Inglis
Austria	A. Leitner
Belgium	J.-M. Poncin
Brazil	J.A. Herz da Jornada
Bulgaria	K. Katerinov
Canada	J.W. McLaren
China	Changcheng Pu
Czech Republic	A. Šafařík-Pštroš
Denmark	K. Carneiro
Egypt	H.M. Eissa
Finland	T. Hirvi
France	L. Érard
Germany	R. Jäkel
Greece	S. Dakoglou
Hungary	S.K. Kaufmanne
India	V. Kumar
Ireland	P. Farragher
Israel	G. Deitch
Italy	E. Bava
Japan	M. Tanaka
Korea (Republic of)	K.H. Chung
Malaysia	Y. Ahmad
Mexico	H. Nava-Jaimes
Netherlands	A. van Spronsen
New Zealand	K. Jones
Norway	E. Stokstad
Pakistan	F.A. Khwaja

Poland	J.M. Popowska
Portugal	A. Cruz
Romania	F. Iacobescu
Russian Federation	V.N. Krutikov
Serbia	D. Milošević
Singapore	S.W. Chua
Slovakia	P. Lukáč
South Africa	W. Louw
Spain	J.A. Robles Carbonell
Sweden	L. Nyberg
Switzerland	W. Schwitz
Thailand	P. Totarong
Turkey	S. Suer
United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland	R. Gunn
United States of America	W.E. May
Uruguay	L. Mussio

Of the fifty-one Member States of the BIPM, forty-four were represented.

Dr Kaarls then welcomed the Associates of the CGPM and read the alphabetically ordered list of Associates represented: Albania, Belarus, Chinese TAIPEI, Costa Rica, Croatia, Estonia, Former Yugoslav Republic of Macedonia (FYROM), Hong Kong China, Kazakhstan, Kenya, Latvia, Lithuania, Moldova, Slovenia, Sri Lanka, Tunisia, Ukraine and Viet Nam.

He also welcomed other guest attendees from the European Commission, International Atomic Energy Agency (IAEA), International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), International Organization for Standardization (ISO), International Organization of Legal Metrology (OIML), World Health Organization (WHO), and World Meteorological Organization (WMO).

Finally, Dr Kaarls mentioned some matters of general housekeeping, and asked all delegates to complete the various forms required for the visits to the laboratories of the BIPM later in the week.

8 Approval of the agenda

The President asked delegates if they approved the proposed agenda. There were no comments and the agenda was approved.

9 Report of the President of the CIPM on work accomplished since the 22nd meeting of the General Conference (October 2003 – November 2007)

Prof. Göbel, President of the CIPM, presented the following report.

“In conformity with Article 7 of the annexed Regulations 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 22nd meeting of the General Conference on Weights and Measures (CGPM), held in October 2003.

Let me first give a special welcome to the CGPM to the new States and Economies that have become Associates of the CGPM: Albania, CARICOM, Costa Rica, Croatia, Estonia, Kazakhstan, the Former Yugoslav Republic of Macedonia, Moldova, Sri Lanka and Tunisia.

At the moment of writing this address in early October 2007, there were 51 Member States and 25 Associates of the General Conference, representing 35 States and Economies. Four Member States are in financial arrears of more than three years and their advantages and prerogatives have been suspended. We shall return to this issue later in the deliberations of the General Conference.

9.1 Introduction

The last four years have seen very important changes in our work. This has not only been in the scientific activity at the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) and in National Metrology Institutes (NMIs) but in the collaborations and international coordination work led by the BIPM. In this period, the BIPM has forged many new partnerships which are essential to the delivery of its mission – worldwide uniformity of measurement. It has attracted new partners and has made inroads into new areas in which, up until now, the concepts of traceable measurement and uncertainty have not been widely adopted. These are essential to the work of the BIPM and it is pleasing to see the positive response it has had from a number of intergovernmental organizations (IGOs) and international bodies. The BIPM’s work is continually changing in response to external needs, which is a necessary condition of the fulfilment of the mission set out in the Metre Convention.

9.2 Progress on Resolutions adopted by the General Conference at its 22nd meeting

Let me begin with a general survey of progress on some of the key Resolutions adopted at the last General Conference.

Resolution 1: Links with other organizations

9.2.1 Resolution 1 addressed the importance of collaboration, internationally and nationally, so as to encourage the adoption and use of metrology into other domains. Since 2003, the BIPM has worked hard to strengthen its collaboration with a number of intergovernmental organizations and international bodies. It has achieved particular success with the World Health Organization (WHO), the World Meteorological Organization (WMO), the Codex Alimentarius of the Food and Agriculture Organization (FAO) and the WHO, the World Anti-Doping

Agency (WADA) and the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC). Cross attendance at key committees by BIPM and other IGO staff is leading to more intense cooperation, as we establish common priorities and activities or carry out comparisons under the aegis of the Consultative Committees or the Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM). More comparisons are needed to give greater confidence in the measurement systems which underpin the work of the partner bodies. Similar cooperations are less evident at the national level, but it is early days and I expect more to follow once the key players are identified.

The CIPM will continue to encourage this expansion of the BIPM's coordination and international cooperation role, but we are cautious not to promise that we can deliver activities if the resources to do so are not available at the BIPM. Equally, the 10 % or so increase in the work concerned with coordination and piloting of comparisons that has taken place in the last five years has been at the expense of work on research, calibrations and the development of measurement standards and methods. This is a core activity of the BIPM and serves the direct needs of Member States, but some projects and calibration work have, as a consequence of staff shortages, suffered delays.

Resolution 2: Metrology and trade

9.2.2 The importance of metrology in support of trade underpinned a number of Resolutions in 2003. However, no decision has yet been made by the World Trade Organization (WTO) on the long-standing application made by the BIPM to become an Observer to the Technical Barriers to Trade Committee and we again present a Draft Resolution on this theme to you. On the other hand, we have an increasing number of case studies which demonstrate the benefits which metrology can bring to trade. One objective of the joint declaration between the BIPM, the International Organization of Legal Metrology (OIML) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), which was stimulated by Resolution 6 on the importance of the CIPM MRA, was to sensitize as many regulators, intergovernmental organizations and others as possible to the value of working within the CIPM MRA framework. The work by the BIPM to make the key comparison database (KCDB) more user-friendly to enquiries from outside the NMI world has borne fruit, and we have many examples of the value which it has for companies and to the accreditation community.

Resolution 3: On the coordination of the initiatives to support the implementation of metrology, accreditation and standardization in developing countries and Economies

9.2.3 Resolution 3 addressed the importance of metrology to developing countries and Economies. The work of the Joint Committee for Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology Accreditation and Standardization (JCDCMAS) has been slow to provide concrete benefits but it is now making much faster progress with a number of joint publications and increased activity in the area by the United Nations Industrial Development Organization (UNIDO). The BIPM has worked closely with the UNIDO to ensure that its assistance programmes feature metrology as a priority. The CIPM has continued to take an interest in the issue, and Draft Resolution G addresses ways of expanding the BIPM's outreach and of attracting more Member States and Associates.

Resolution 9: Requirements for cross-border transport of measurement standards, metrological equipment and reference materials

9.2.4 Resolution 9 dealt with some of the problems encountered in the circulation of metrology samples in the face of increased worldwide concerns about security, safety and customs procedures. After a period during which we were waiting to see if new procedures by the World Customs Organization (WCO), under the *International Convention on the simplification and harmonization of Customs procedures* (“Kyoto Convention”), would act to remedy the situation, the BIPM has taken the initiative and dealt bilaterally with the WCO. The current situation is that the BIPM has established the appropriate contacts and set out its concerns, based on information supplied by NMIs and others. More detailed reports of actual problems would help provide evidence to back up our assertion that the customs, rather than the security controls, are impeding our work in this area.

Resolution 10: Symbol for the decimal marker

9.2.5 Resolution 10 addressed the use of the decimal marker. Progress has been made with various groups in the International Electrotechnical Commission (IEC) and the International Organization for Standardization (ISO), which have taken note of the views of the General Conference. The ISO Technical Management Board accepted that the decimal marker could be either a point or a comma. The IEC Standardization Management Board then discussed proposals to align ISO and IEC practice with that of other international bodies, but agreed that they would set up a joint group to make a detailed analysis of the benefits, costs, possible solutions and risks of changing decimal marker practice. This group will report back to the IEC before the end of 2007. The BIPM Director is in regular touch with the ISO and IEC on this matter.

Resolution 11: Relationship between National Metrology Institutes (NMIs) and Nationally Recognized Accreditation Bodies (NABs)

9.2.6 Finally, I can report progress with Resolution 11, which addressed the relationship between NMIs and Nationally Recognized Accreditation Bodies (NABs). This was important in that it led to the joint CIPM/ILAC statement on the roles and responsibilities of NMIs and NABs. This statement has been particularly useful in setting a common policy for the importance of a close relationship between these bodies and for greater clarity of how they should operate and liaise within the requirements of ISO/IEC 17011. It specifically addressed the situation in which a NMI and a NAB were part of the same organization. Regional Accreditation Organizations and NABs vary in the extent to which they have implemented the policy and we continue to monitor the situation.

9.3 Collaboration with intergovernmental organizations and international bodies

I referred earlier to the increased number of collaborations the BIPM has established with a number of IGOs. At the last General Conference, Member States stressed the importance of the lead the BIPM should take in this activity and the value it can bring to similar interactions at national level. You will, I am sure, have found that the topic is clearly addressed in the draft programme of work and budget of the BIPM. The proposed activities are highlighted in the parts

devoted to the work of each scientific section, as well as in a separate section which deals with international coordination and in the annex to the document.

OIML

The collaboration between the BIPM and the OIML has always been a topic of interest to the General Conference and we continue to look at the advantages or possible disadvantages of closer cooperation and joint activity. I am pleased to report that there have been a number of common initiatives and that the two organizations meet on a regular basis to identify and pursue joint activities. Our current aim is to work towards an improved presentation of “metrology” to the outside world, for example, to developing countries and through a common website launched recently and in the preparation of a joint leaflet which describes the work of the two organizations. We are also working on several documents which describe the work of the two organizations in various areas of application such as trade, the environment and medicine. I am confident that this activity will continue to bring the BIPM and the OIML even closer together.

ILAC

I wish to spend a few moments reporting on the increased liaison with ILAC. This is important – even essential – from the point of view of a coherent world measurement system. Working together with ILAC has been profitable as the BIPM has been able to highlight the importance of ensuring that the results of calibrations and measurements in accredited laboratories are truly traceable to the SI through the high-level network of NMIs. The BIPM has established a framework, through the use of the KCDB, which has been improved to make it easier for assessors who carry out accreditation work to ensure that the uncertainties of accredited laboratories are consistent with those of the NMIs to which they claim traceability. Together with our ILAC colleagues, we have come to a common position on the importance of a close and open relationship between NMIs and NABs. We hope also to agree on, and promote, a common definition and interpretation of the term Calibration and Measurement Capability (CMC). If agreed, it should increasingly be the term used in both communities for the measurement capabilities of accredited laboratories as well as of NMIs. As a result of this close collaboration, the BIPM and the ILAC have created a unique forum in which the Regional Metrology Organizations and Regional Accreditation Bodies can meet and have developed a number of valuable common initiatives.

WMO

The BIPM has been working more closely with the World Meteorological Organization (WMO), in particular with regard to scientific cooperation in the Consultative Committee for Photometry and Radiometry and the Consultative Committee for Amount of Substance and for arrangements, which would be needed for it to become a signatory of the CIPM MRA. We are also planning a joint conference on metrology and climate change for 2009.

In the area of metrology in chemistry, the BIPM’s work with the WMO, which has already been mentioned, and the WHO, has resulted in a number of joint activities. In particular, there is a close collaboration with the National Institute of Biological Standards and Control (NIBSC), a UK laboratory which is also a WHO international laboratory for biological standards. Other close collaborations have been with the Codex Alimentarius Commission and the Inter-Agency Meeting of the WHO and the FAO. This has led to clearer statements of the top priority needs

for comparisons in the area. Similar collaborations on priority setting for comparisons have been achieved with the WADA and the United States of America Pharmacopeia and other Pharmacopeias.

UNIDO

With UNIDO, we have collaborated to help shape the priorities for UNIDO's work in developing countries and to bring them more into the area of interest to complement its current work in metrology, accreditation and standardization. The OIML and the BIPM are preparing a common Memorandum of Understanding with UNIDO, and are waiting for final legal approval by the relevant legal services.

I am delighted that representatives from a number of intergovernmental organizations and international bodies are here today and that several of them wish to address the General Conference on the importance of the collaboration they have with the BIPM.

9.4 Corresponding NMI of the BIPM: promotion of work under the aegis of the Metre Convention

I would like to give you some background to Draft Resolution G on the creation of the new category of Corresponding NMI of the BIPM.

When the Metre Convention was signed in 1875, it gave its seventeen founding Member States equal rights and responsibilities. Since then, the number of Member States has risen to fifty-one. The scope of advantages and prerogatives is also wider, in accordance with the decisions of the General Conference.

In 1999, at its 21st meeting, the CGPM adopted Resolution 3 which created the category of Associate of the CGPM for those States and Economies which were not yet, or could not be, Member States. The aim of this step was to provide a means whereby they may participate in the CIPM MRA by associating them. Associate States of course have a more limited set of prerogatives and advantages than Member States but, as they begin to have more CMCs approved under the CIPM MRA, the expectation was that they would become Member States. We now have twenty-five Associates, one of which is an Economy which represents eleven States.

However, the United Nations has 192 Member States, which leave some 116 States, many of which are identified as developing countries, which are not yet Member States of the BIPM, although they make use of the International System of Units (SI). Given that metrology is essential to the quality infrastructure, underpinning industrial and agricultural production, trade and society, it can be argued that this lack of involvement hinders the potential development of human well-being and economic growth. If more States were involved with the BIPM's work, then this would benefit current Member States and Associates, especially if there were more signatories to the CIPM MRA.

The BIPM is in discussion with a number of States who wish to become Member States or Associates. This process takes a long time in many cases and we are working hard, within our resource limitations, to promote the work of the BIPM and the benefits of membership.

The CIPM therefore wished to see a stronger outreach to these States with the objective of promoting the benefits of association with the BIPM and encouraging them to take the next step

of becoming an Associate or a Member State. The BIPM has already been active in attending a small number of regional meetings, and an initiative to strengthen the resources devoted to promotion of its work is one of the proposals on the programme of work and budget. If the General Conference agrees, then the creation of the category of “Corresponding NMI of the BIPM” would be a major incentive and a possible way of gaining more Members and Associates.

The draft programme of work and budget contains proposals for enhanced promotion and Draft Resolution G asks your approval for measures in support of this activity.

In the context of my remarks about additional efforts needed to promote the mission and work of the BIPM, I would like to draw your attention to a small initiative which has now become a major annual event. This is World Metrology Day (WMD). Many years ago, 20 May – the date of the signing of the Metre Convention – was nominated as World Metrology Day. In 2005, the BIPM Director decided to issue a message to the world of metrology. This attracted considerable interest and was used to support many national events. In the last two years, the event has gained greater momentum; for example, in 2006, a collaboration with the NMI of South Africa to produce a special poster for the event centred on the theme of metrology and health. In 2007, my colleagues in the PTB joined this collaboration to create a poster in support of the 2007 theme of metrology and climate change. This year, the WMD poster was reproduced, through collaborations with a number of other NMIs, in twenty languages and we are delighted with the success of this activity as well as the many letters of appreciation the BIPM has received. Looking ahead to 2008, the BIPM intends to use the Olympic Games as a major world event which could be used to bring the attention of the public to the value of metrology.

Promoting the work of the BIPM is a major objective of the BIPM website, which has been expanded considerably in recent years. In addition, we have revised the general BIPM Brochure and I am sure that you will have found copies in the documents for the General Conference.

9.5 International System of Units

The SI is at the heart of our work. As you all know, exciting times are approaching and we believe it will soon be time – provided the necessary scientific work justifies it – to redefine four of the base units using fixed values of the fundamental constants. This is already the case in, for example, the second and the metre but the current proposals are to extend this formulation to the kilogram, the ampere, the mole and the kelvin. These redefinitions will bring real benefits to metrologists, to the wider world of science, and other users. We must, however, take care not to take decisions which would have negative effects on our user community and so we are, as good metrologists, proceeding carefully. Redefinitions of base units are not frequent events – the last was for the metre in 1983. The prospect of four simultaneous redefinitions is an extremely rare event. Draft Resolution L addresses this issue and sets out the CIPM’s proposals for the next steps.

We need to prepare thoroughly for any changes to the definitions, for example by clearly defining how the units will be realized – the so-called *mise en pratique*. Equally the BIPM – and you – need to work hard to raise awareness of the potential changes among users in the wider scientific and industrial worlds. We will do our part to minimize any downstream effects and the NMIs must be active in developing campaigns to alert and to reassure users that we have their interests at heart.

We are, through the work of the Consultative Committees, preparing proposals for the way in which any new definitions can be realized on a day-to-day basis. In the case of the kilogram, this will most probably require the operation of a number of “watt balances” in several NMIs. The BIPM is also constructing a watt balance, because of its role in maintaining the international prototype which itself will have a key role in the realization of a kilogram definition based on a fixed value of a fundamental constant. The draft programme of work and budget contains a proposal to add one person to the BIPM team to accelerate progress.

I also wish to draw your attention to the fact that the 8th edition of the SI Brochure was launched on World Metrology Day in 2006. This was a major effort led by the Consultative Committee for Units and we have been pleased with its reception. For the first time, we also developed short summaries of the SI Brochure and these have been popular with NMIs and users in other walks of life. Some ten translations of the SI Brochure have been made by NMIs, who we thank for their collaboration. Of course, if and when, the General Conference agrees new definitions of the units, the SI Brochure will have to be revised, but as the sections concerned with the *mises en pratique* themselves are web-based, this should be a relatively straightforward task.

9.6 Financial arrears of Member States

I now wish to turn to something which we will discuss later in the meeting and to give you some background to Draft Resolution H on the problem of financial arrears of Member States.

The CIPM has spent a considerable time on the issue of Member States in arrears, as four States have been in arrears for more than six years: Cameroon, the Dominican Republic, the Islamic Republic of Iran and the Democratic People’s Republic of Korea. The CIPM noted that there have been successful negotiations of rescheduling agreements for some Member States in financial arrears. The Member States, with more than six years of arrears, have not been excluded under Article 6, paragraph 8, of the annexed Regulations to the Metre Convention. This led to the current predicament in which it may be difficult for some of them to repay immediately what are now rather substantial arrears. The CIPM also noted that the annexed Regulations to the Metre Convention do not specify a formal process for exclusion. It therefore agreed to propose a policy to the CGPM, in the context of Draft Resolution H. This policy would recall that it is only the General Conference which can decide to write the debt off, in whole or in part, and to exclude the Member State in arrears. It would also strengthen the power of the CIPM to negotiate a rescheduling agreement.

9.7 International Committee for Weights and Measures (CIPM)

The CIPM has met annually since the last meeting of the CGPM and its Bureau has met, in addition, on at least three occasions each year.

During these meetings, the CIPM has, as you will have seen from its published reports, been much concerned with the details of the operation of the CIPM MRA. It has clarified its policy on the use of subcontracting of measurements, on the use of Certified Reference Materials, on the logo to be used in connection with the CIPM MRA, on certificates of calibration issued by NMIs, on arrangements after the end of the transition period on 31 December 2004, and on the processes to be adopted for Quality System review by IGOs which are signatories to the CIPM MRA. The CIPM also adopted a more open policy with regard to the services which could be provided to Associates. This recognized the large contribution which several Associates were making to the work of the Consultative Committees and to the CIPM MRA and set criteria for

their participation in this work. At the same time, the CIPM is aware of the need to maintain a clear distinction between the advantages and prerogatives, only available to Member States, and the more restricted access to a number of activities for Associates. With this in mind, the CIPM was in support of the provisions of Draft Resolution E, which set out steps that the Committee should take to encourage active Associates, in so far as they qualify, to become Member States.

The CIPM has also been keen to establish clear policies and procedures for the work of Consultative Committees. At each meeting, it receives detailed reports of the work of Consultative and Joint Committees.

The CIPM devoted considerable time to planning the work of the BIPM. It has set criteria for individual activities and has discussed the ten-year plans proposed by the BIPM Director, as well as the balance between physical and chemical metrology and between scientific and coordination work. These plans and criteria set the general framework for the evolving work of the BIPM and were important elements in formulating the programme of work and budget for 2009 onwards.

At the last General Conference, my predecessor, Prof. Kovalevsky, drew attention to the need for continuity of membership of the CIPM. Even though, of course, members are independent and there in their own right, we strive for a regional balance as well as a balance between members from large as well as small NMIs, and we also prefer to have members covering the different physical and chemical disciplines. This has been successful in the past and I am pleased that we now have a membership which brings wide experience of the management of NMIs, as well as a group of individuals with strong backgrounds in metrology. Inevitably, as NMI directors change, we have seen a number of changes. Although this will continue, it is important, as Prof. Kovalevsky said last time, to preserve a “folk memory” in the CIPM, so that we can have a continuity of policy. I am pleased to say that this is indeed the case, although there have been several departures and new arrivals. When members resign, their successors are elected on a provisional basis pending the confirmation of such election by the CGPM. The colleagues who left the CIPM since the last CGPM were: Prof. Kovalevsky, Prof. Gopal, Dr Luszyk and Prof. Leschiutta. New members are: Mr Énard, Dr Carneiro, Dr Semerjian, Dr McLaren and Dr Sacconi. There are no outstanding vacancies on the CIPM and I hope that the General Conference will join me in thanking these individuals for their contribution.

As the current Director of the BIPM, Prof. Wallard, reaches the retirement age of 65 in 2010, the CIPM has been active in seeking his successor and has received twenty-nine applications for the post of Director of the BIPM.

At present, the Bureau of the CIPM consists of, in addition to myself as the President, the CIPM Secretary (Dr Kaarls) and the two vice-presidents (Dr Inglis and Prof. Moscati).

9.8 The CIPM Mutual Recognition Arrangement (MRA)

I now turn to a report on the present state of the CIPM MRA. It is in good health and no-one now doubts the wisdom and value of its creation in 1999. We are pleased by the recognition it has from a number of intergovernmental organizations (IGOs) and the references made to it by them and by industrial companies, which benefit from the reduction in technical barriers to trade through the acceptance of NMI certificates worldwide. There are now several case studies of the way in which companies which operate in several countries can save money by taking traceability from a local NMI. NMIs and Governments can also use the fact that the NMI is a signatory to attract or to serve inward investors. A number of regulators now also accept certificates issued by signatory NMIs as equivalent to those issued by their national institute.

However, we have more work to do here, and much of the initiative must come from Governments to ensure that the aims and objectives of the CIPM MRA, that is, an acceptance of measurement certificates produced within the framework it has created, are successfully pursued. The joint statement produced in January 2006 by the BIPM, OIML and ILAC is recognized as a clear statement of the coherence and value of such arrangements and I commend it to you and urge you to apply it domestically as well as in trade discussions.

I am well aware that a major reason for attracting new Associates of the General Conference is that they can display their national measurement capabilities in the key comparison database (KCDB) and have them recognized internationally. We have seen the great benefits to smaller and newer NMIs from working initially within the Regional Metrology Organizations (RMOs) and their growing confidence as a result of taking part in comparisons and studies at the regional level. I want to acknowledge the role of the RMOs in taking on this task and of helping their newer NMI colleagues progress towards the accession of their national States as Associate or Member State.

The early days of the CIPM MRA were largely directed by metrologists to metrologists. The majority of the activity was in the NMI sector as key and regional comparisons were launched, Quality Systems were implemented and CMCs validated. We now have vastly more confidence in our measurement capabilities and the equivalence of the SI units and quantities realized at a national level. Many NMIs of all sizes, new as well as established, acknowledge the benefits of this activity and, in some cases, to the fact that, through “blind” comparisons, they were able to discover that their national references were not as they thought and needed improvement. It has not been an easy time and considerable resources have been consumed in order to reach the level of improvement we see today. The BIPM continues to refine and improve the scope of the CIPM MRA and to extend it to other areas away from its original launch in physical and some chemical metrology. The guiding principles apply in laboratory medicine and can be extended further as the BIPM increases its collaboration with other IGOs and with regulators internationally.

We are well aware that we need to work with you to promote the use of the CIPM MRA and, most importantly, the BIPM key comparison database. This is the result of all the hard scientific work that has been done and we know that it is increasingly being used outside the NMI community. The BIPM therefore recently upgraded the search engine used, relaunched the website and has done much to improve the user-friendly nature of the KCDB itself.

At the moment, all but six of the NMIs of the Member States are signatories to the CIPM MRA, as are all but five of the NMIs of the twenty-five Associates. I understand that several NMIs of the Associates are to sign the CIPM MRA during the meeting of NMI directors on Wednesday 14 November 2007. The BIPM is also in discussion with the World Meteorological Organization, which has indicated its wish to be a signatory. The CIPM MRA logo is now authorized for use by sixty laboratories in thirty-two Member States and five Associates.

I wish to pay tribute to the work of the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB). It has been an effective body which has assisted the CIPM in the implementation of the CIPM MRA and it has devoted considerable time to the CMC data and the way in which the RMOs handle the review of Quality Systems in the NMIs. We are still developing our work in this area and harmonizing processes wherever possible. The JCRB and the RMOs are also active in monitoring that NMIs reassess their CMCs after the results of key and supplementary comparisons have been published. This obligation ensures that the data in the KCDB is up to date and valid. It also played an important role in the setting up of a special panel

to review the Quality Systems in intergovernmental organizations which are signatories to the CIPM MRA.

9.9 Consultative Committees

The Presidents of each Consultative Committee (CC) will make their reports to the General Conference later. The last four years have seen a large increase in activity and I would not like to detract from their own reports. However, I believe that there are a number of common themes which I wish to highlight and which will be presented in detail later.

The Consultative Committees have been greatly occupied with the strategy which they need to adopt for their future work. This covers a wide range of issues and each Committee will, of course, place emphasis on the issues of greatest concern to it and to the communities associated with it. In general, though, the strategies cover the following points:

- the priorities for new key and other comparisons, so validating the claimed CMCs in an effective and efficient way;
- the way in which the work of each committee and the NMIs needs to plan for future redefinitions of the SI unit or units for which the committee has responsibility; and
- new scientific work such as the enlargement of the committees responsibilities to cover new areas of work – an example would be the greater coverage now given by the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR) to fibre optics and some standards for “soft metrology” or the interest of the Consultative Committee for Units (CCU) in physiological quantities.

The Consultative Committees need to react to the changing nature of metrology and the science which drives this evolution. I would particularly like to remark on the steps taken by the Consultative Committee for Length (CCL) and the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF) to develop a common approach to the emergence of the new “optical frequency standards” and their potential, in due course, for a possible redefinition of the second. In anticipation of this event, the CCL Working Group on the *mise en pratique* of the Definition of the Metre, which had been dealing with the agreed frequency values to adopt for a number of new standards, has merged with the CCTF Working Group on Secondary Representations of the Second. This now creates a forum in which those who work on “optical clocks” can plan the evolution of their science alongside the traditional time measurement and time transfer communities. The key importance of this step is the ability to address the essential need for systems to compare remote “optical clocks” and to transfer the time internationally at higher levels of accuracy so as to improve TAI. This initiative was taken as current transfer systems, such as two-way time transfer by satellite, appear limited to an accuracy of a few parts in 10^{16} or a little better. Optical clocks promise an improvement in accuracy of several orders of magnitude. This issue is being addressed in a BIPM-led initiative to encourage collaboration between the relevant NMIs and to develop new techniques of comparison.

The Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) has been responsible for encouraging international collaboration on, for example, the International Avogadro Project which brought together a number of NMIs, each of which had unique but complementary competences to carry out the research and realization activities necessary to follow the “Avogadro” approach to the possible redefinition of the kilogram. Without this initiative, there would only be one possible option to follow – the watt balance – and an independent confirmation of the value to be adopted for the kilogram would be lacking.

A number of CCs have been active in the organization of workshops and special meetings to address new issues. As an example, the Consultative Committee for Amount of Substance (CCQM) workshops have included representatives of intergovernmental organizations and international bodies concerned with food safety, forensic science, standards for biotechnology, GMO producers and GMO testing laboratories and the Pharmacopeias. These interactions have helped the CCQM set priorities and establish the need for new comparisons and studies. The CCL organized a special workshop on optical comb measurements which brought together those NMIs which had already established the techniques and those just starting up. The Consultative Committee for Ionizing Radiation (CCRI) has held workshops on activity comparisons, dosimetry uncertainties, coincidence counting and primary standards for dosimetry. The CCTF has a long history of workshops on time transfer and time scales. I am quite sure that this aspect of the work of the CCs will expand and continue to provide a unique forum for NMIs to tackle these issues and will also provide outreach to new communities.

The Consultative Committee for Thermometry (CCT) launched a key comparison, piloted by the BIPM, of water triple point cells. When the results were analysed, it was clear that systematic differences due to different isotopic content of the water were present. As a result, there has been a modification to the specification of water triple-point cells and the current realization of the relevant SI unit. This has resulted in Draft Resolution J, which is presented for the approval of the General Conference and which will play an important part in the *mise en pratique* of the kelvin, which would accompany its eventual redefinition.

The CCM has revised its air density formula to replace CIPM 81/91 as a result of collaborations between the KRISS (Rep. of Korea) and the BIPM Chemistry and Mass sections. Previous assumptions about the percentage of argon in air were shown to be in error and the CCM, together with the CIPM, adopted a revised formula, now used by NMIs worldwide.

The CIPM has recently initiated a study, chaired by Dr Seton Bennett on the potential for work in relation to materials metrology to be carried out by the CCs. The CIPM has considered Dr Bennett's report at the CIPM meeting last week and I will provide an update for the Conference. However, several CCs already have activities which address the traceability and uncertainty of measurements on materials and any new initiative would complement this work. Current activities include hardness measurements, magnetic materials, thermodynamic properties and, of course, chemical properties.

9.10 Joint Committees

A number of Joint Committees are important to our work.

The Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) has attracted great attention in recent years and has made excellent progress in identifying reference materials and reference processes for use in the *In Vitro* Diagnostic (IVD) industries. It has attracted the close cooperation of experts in the industrial sector and has raised the profile of metrology and traceability in the diagnostic industry and in user groups. Its results are now taken into account by the regulators, in particular those in the European Union.

The Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) has been revived. It has revised its Charter and has given a strong lead to its two Working Groups on priorities. Working Group 1 on the *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* has completed its work on the use of Monte Carlo methods and is turning its attention to other work approved by the JCGM. Working Group 2 on the *International Vocabulary of Metrology* has completed its work after

many years, and the “VIM 3” will shortly be available from ISO and will be published on the BIPM website.

9.11 The work of the BIPM's scientific sections

The work of the BIPM is reported to you regularly through the Director's Annual Report and those of the CIPM and its Consultative Committees. Most Consultative Committees have now created special strategy Working Groups which, among other things, review the BIPM's laboratory work and help to shape ideas for future activities.

The BIPM has achieved a notable number of scientific achievements during the last four years and staff have continued to publish widely in refereed journals and speak regularly at international conferences.

I wish, however, to draw your attention to just a few scientific highlights which result from the BIPM's laboratory work.

The Length section developed a reputation for its world-class optical comb work. The BIPM travelling comb system – the only one of its type in the world – enabled a number of comparisons to be made but, also took part in a collaboration with the NIST in Boulder (United States of America) to validate the performance of independently constructed femtosecond combs. The work showed agreement of comb-based frequency measurement at the 10^{-19} level and was a key contributor to the confidence we now have that combs will not limit the comparison of optical frequency standards or in optical/microwave frequency measurements. The section also developed a compact laser system which is used in the BIPM calculable capacitor and in an improved absolute gravimeter. The system has subsequently been further developed in partnership with the VNIIM (Russian Federation).

As a result of the decision to close the Length section, responsibility for the long-running key comparison of laser frequencies has been transferred to NMIs with the BEV (Austria), taking the role of pilot laboratory and coordinating the part played by several other NMIs who take responsibility for measurements in the RMOs.

The Mass section continues to maintain the BIPM's core role in relation to the SI kilogram. It has extended its capabilities to make mass measurements in air and in vacuum. The BIPM watt balance will be a core capability needed to realize the kilogram redefinition and for future calibrations of the mass standards from NMIs. Many of the traditional calibration techniques have now been automated and the laboratories have undergone a major refurbishment. The section now has the capability to offer calibrations for volume magnetic susceptibility and has an important role to play in measuring silicon spheres as part of the International Avogadro Consortium. The section continues to provide Member States with a calibration and manufacturing service for platinum-iridium prototypes.

The Time section has made a number of improvements to the speed of production of International Atomic Time (TAI) and has evaluated the uncertainties of $[UTC - UTC(k)]$. Some five caesium fountain clocks at different NMIs now contribute to TAI which, of course, has contributed to an improvement in the associated uncertainties. The section has also been active in two-way time transfer and improvements through dual frequency P-code measurements from geodetic type GPS receivers and continues to refine the weighting algorithms used to derive Coordinated Universal Time (UTC). Competences in time algorithms and scales have been strengthened during the last four years as these were lost after the retirement of a staff member who could not, at the time, be replaced for budgetary reasons.

The three scientific staff of the Electricity section have retired since the last General Conference, and have successfully been replaced by three staff from the Photometry and Radiometry section which closed over the last few years. The Electricity section's achievements include the development of competences in the measurement of programmable Josephson voltage arrays, which have been provided by PTB (Germany), and the extension of the capabilities of the BIPM's quadrature bridge so that capacitance measurements can be made between 500 Hz and 6000 Hz. The new divider capabilities enable measurements to be made at the 1 part in 10^9 level as will be needed for the calculable capacitor currently under construction. The BIPM has unique capacitance measurement capabilities and the new calculable capacitor will provide a world reference for such measurements for many years. Finally, the use of the Allan variance techniques, pioneered in this area by the BIPM and adopted by many NMIs, have given electrical metrologists a way of characterizing the noise sources in electrical standards such as Zener diodes and therefore an ability to understand the fundamental limits to their measurements. These techniques give a clear indication of when there is no advantage to be gained from further averaging of measurement results. This has improved the efficiency of electrical measurements of working standards. Similarly, the section's pioneering work on the pressure dependence of electrical standards has led to improved corrections to measurements made at different altitudes. Finally, the section's unique travelling Josephson and quantum Hall standards have been much in demand – there were six on-site comparisons in 2006 alone – and continue to underpin world confidence in national realizations of the volt and the ohm.

The Ionizing Radiation section has now established the mammography reference facility based on Compton X-ray spectroscopy at the request of several Member States. A full service will be offered after validation measurements. The new graphite calorimeter for absorbed dose measurements is well on the way to completion and, in addition to its use in the BIPM's current reference facilities based on ^{60}Co , would be a key tool for the a linear accelerator facility should this be established at the BIPM headquarters. There have been a number of major advances in the correction factors currently used in ^{60}Co -based radiation dosimetry based on the use of Monte Carlo methods. These have led to changes in the BIPM reference value and have now been adopted by all the NMIs which use these techniques. Important results have been achieved on the influence of detectors on the uncertainty of measurement and should produce a greater understanding of this phenomenon when the work is complete. Finally, the electronics for the BIPM's unique International Reference System (SIR) for radioactivity measurement has been completely replaced and the system capabilities extended. Measurements on short-lived isotopes are now possible as are measurements of impurities.

The Chemistry section has expanded its work as foreseen at the last CGPM and now occupies the planned niche in the rapidly expanding field of chemical metrology. The activities are in two parts: gas metrology and organic chemistry. The gas work revealed unknown biases in the NIST standard reference photometers (SRPs) used worldwide in support of the WMO Global Atmospheric Watch programme as measuring systems for ground-based ozone measurements. The BIPM worked with the NIST on upgrade kits now being retrofitted to the SRPs. Extension of the work on ozone measurement using laser-based techniques is aimed at remeasuring the critical cross-section values widely used in the ultraviolet. The section has also developed reference facilities which have revealed additional corrections and factors to be taken into account by NMIs which produce reference gas mixtures in cylinders through gravimetric analysis. The organic laboratory now has a wide range of techniques available for the production and analysis of pure compounds. It has coordinated several organic comparisons as a result of which:

- there is an improvement in the NMI capabilities to deliver CMC claims for pure organic substance CRMs and primary organic calibrator solutions. Currently 12 % of all chemistry CMCs are in these categories;
- it has developed characterization methods for five key analytes (monitored therapeutic drugs and steroid hormones) for laboratory medicine identified through gap analysis in the JCTLM process and database. As a result, new CRMs are being developed; and
- there has been the first international demonstration of the equivalence between measurement capabilities of Pharmacopeia Reference Standard laboratories and NMIs which underpins the efforts of the Pharmacopeias and integrates SI traceability into their reference standards production processes.

At the time of the last CGPM, the BIPM's plans for a watt balance and for a calculable capacitor were being managed as "special projects". The capacitor project is now approaching completion and is incorporated in the Electricity section. The watt balance, one of the BIPM's most important projects and one accorded the highest priority in the 2009-2012 programme of work, has made excellent progress. It is based on a novel concept in which the moving and static measurements, made sequentially in conventional watt balances, are made simultaneously. This brings a number of advantages but requires innovative design features. The prototype, manufactured in the BIPM workshop, is now working at room temperature. The finite element analysis design of the magnet system has been completed and arrangements have been made with a specialized supplier for its machining. The team, drawn on a part-time basis from the Mass and Electricity sections, has made good progress towards their aim of making the first simultaneous measurements of the coil velocity and the induced voltage by the end of the year. However more dedicated staff are needed, and the addition of one scientist is proposed in the programme of work and budget. I am, however, pleased to say that the BIPM has also secured the valuable secondment of a colleague from the NMIJ (Japan) to work on the completion of the dc voltage measurement system which will be needed for voltage measurements traceable to the BIPM's Josephson system. This is a critical project for the BIPM's future responsibilities for mass measurement.

I can also report on a number of management changes at the BIPM. A new staff appraisal system is now in place with targets and job descriptions for all staff. A code of conduct has successfully been introduced and a number of steps taken to update the staff *Statute* (conditions of employment), the staff representative commissions, and the arrangements for health and safety. A particularly important step has been taken to add additional protections for the BIPM and its staff in the Headquarters Agreement – the *Accord de Siège* – signed by the CIPM and the French Government. These arrangements should be ratified by the French Parliament in the near future.

One of the major tasks of the General Conference is, of course, to agree upon the programme of work and an appropriate budget.

As you will all be aware from our discussions and communications in the Convocation as well as the draft programme of work and budget, the CIPM is unanimously committed to the view that the BIPM's dotation and staff need to be strengthened significantly.

You will, of course, rightly question us about this view. The plain fact is, however, that the national and international needs for metrology do not stand still. This is amply clarified in the report of the CIPM which was drafted by Dr Kaarls and which emphasizes that the undoubted importance of dealing with the growing areas of work in chemical metrology and related fields must not be at the expense of physical metrology. The job is never done. In the physical field,

NMIs pursue ever greater accuracy and lower uncertainty to meet the requirements of national customers, and this has an immediate effect on the need to assure international equivalence of standards through comparisons. In some cases, this places additional demands on the performance of the international reference facilities such as the International Reference System (SIR) which are provided through the BIPM. In other cases, such as the calculable capacitor there was an internationally agreed need for a new facility. Without these, Member States would have to find a way of accessing equivalent facilities elsewhere. Sharing the cost through the BIPM is without doubt the most cost effective way of meeting these needs. In a number of Member States, Governments have recently allocated significant levels of additional funding, for staff and new buildings to address the metrological needs at a national level. The BIPM needs similar investments in order to perform its tasks and to achieve the mission Member States have set for it.

We have found that the BIPM's role in piloting comparisons in the chemical field and the provision of reference materials for comparisons has brought us new partners on the international stage. The scientific work, as well as these new partners, have given BIPM staff a high level of credibility with NMIs, as well as an important influence in the intergovernmental organizations with which they work. Chemical metrology required major new investments, almost all of which were funded from the reserves, and in order to maintain its capability, these need to be renewed regularly. In comparison with many physical reference facilities, chemical measurement equipment has a short depreciation lifetime and is relatively expensive. There are, of course, no suggestions that the BIPM will become a provider of reference materials but its success has been to work within a niche which does not unnecessarily duplicate NMI work and which is carefully targeted to serve as many users as possible.

However, everything depends on the crucial need to be flexible and the BIPM must continue to adjust its resources to meet the highest priorities. It has changed in many ways over the last ten years or so. Two sections have been closed and we have continued the planned-for expansion in international coordination and in chemical metrology. This has not been without pain in user communities. They have had to take on more work themselves where this could be done under the BIPM's overall oversight. Even though some laboratory work has stopped, the BIPM's staff continue to maintain committee and coordination activities in the relevant areas through the provision of an Executive Secretary for all the Consultative Committees. There has also been an effect on the BIPM's staff, with departures and internal retraining to transfer to other work. If the BIPM and its staff had not shown the necessary adaptability, we would not feel confident in its ability to continue to do what Member States want the BIPM to do, nor would we be approaching Member States with a request for a budget increase. This is in order to meet its obligations to Member States, as expressed and validated in the programme of work approved by the General Conference at its last meeting and in the Consultative Committees, for comparisons and services, and for initiatives at the international level to expand the influence of the BIPM in response to approaches from other intergovernmental organizations and international bodies. To meet these challenges, our proposal is for an urgently needed expansion, after years of zero or near zero growth in real terms.

I must emphasize that the CIPM is well aware that, in the past, the General Conference has approved several programmes of work and placed demands on the BIPM, without approving the dotation necessary to enable it to deliver the work required. This is why we have worked with the Director to produce a programme of work that sets out BIPM activities in much more detail than in the past, so that you can identify precisely what will be maintained and realized with the

dotation. This approach will help to structure our discussion and to focus on specific activities as well as global budgets.

In order to plan the BIPM's work over the next ten years, the CIPM and the BIPM's Director need to have the assurance of Member States that they will provide the necessary financial resources. One evident characteristic of the last few years is that budgetary uncertainty has meant that the CIPM was reluctant to agree to additional staffing as it could not be entirely sure of the long-term ability to fund the staff as fluctuations in the proportion of the dotation received and repayments of financial arrears have led to significant variations between the planned and out-turn budgets. Many of the recent appointments, all of which the CIPM examined closely and which came with a strong justification and a clear case for the work needed, were only possible because of additional income from other unreliable, or one-off, sources. The CIPM was therefore cautious about agreeing to the appointment of new staff but was determined to go ahead. This was to maintain the momentum of the programme of work, to ensure a flow of younger staff as retirements took place, and to make sure that the BIPM could respond to new challenges. The responsibility now needs to be taken up through the regular payments from Member States and Associates.

However, and as will be discussed during the General Conference, the BIPM has been successful in negotiating some repayments of financial arrears and has, as a result of staff shortages, economized in the short term on planned laboratory expenditure. The appropriations corresponding to laboratory equipment are carried forward and will be used for the realization of the expenditure later on in the 2005-2008 programme of work. The net short-term effect has, however, been an increase in the BIPM's reserves above the expected levels.

This concludes the formal report from the President of the CIPM. In concluding, I would like to thank the staff of the BIPM, the NMI representatives on Consultative Committees and my CIPM colleagues for their work and for their invaluable contribution to our mission of worldwide uniformity of measurement."

The President of the CIPM announced that the CIPM had the previous week nominated Prof. Michael Kühne, Member of the Presidential Board of the PTB, Germany, as the successor to the Director of the BIPM, Prof. Wallard, when he retires in 2010.

The President thanked Prof. Göbel, the President of the CIPM, for his report and opened the meeting for discussion.

Prof. Thor (Sweden) mentioned that as a follow-up to Resolution on the use of the point (dot) or comma as the decimal marker voted at the 22nd meeting of the General Conference, the ISO and the IEC have amended their documentation to talk about the validity of both the point and the comma as the decimal marker. However, clarification is still needed.

10 Relations with intergovernmental organizations and international bodies

Dr Kaarls spoke about 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, CIE, ILAC and ISO, who gave short presentations.

10.1 Reports on relations with the IAEA, OIML, WMO, CIE, ILAC and ISO

International Atomic Energy Agency

Prof. Andreo gave a short speech on the relations between the BIPM and the International Atomic Energy Agency (IAEA).

In 1976, the International Atomic Energy Agency and the World Health Organization (WHO) formally concluded a working arrangement aiming at setting up a worldwide Network of Secondary Standards Dosimetry Laboratories (SSDLs). In 2007, the SSDL Network comprised seventy-eight laboratories in sixty-nine IAEA Member States around the world. It is guided by a joint IAEA/WHO Secretariat which, in turn, is advised by an SSDL Scientific Committee. It is supported by five collaborating organizations (BIPM, ICRU, IEC, IOMP, OIML), including the BIPM and by fifteen Affiliated Members, i.e. national primary standards laboratories.[†] It enjoys full national and international recognition.

Although the origins of the SSDL Network can be traced to the need for accuracy in radiotherapy dosimetry in developing countries, it became clear during the initial brainstorming in Brazil in 1974 that “When setting up SSDLs one must keep in mind that the goal is a metrological, not a health, organization. It must be tied to the international measurement system, which can only be accomplished by relating to the primary laboratories”. The overall goal of the Network was therefore to guarantee the international consistency in radiation metrology standards through the calibration of national secondary standards and laboratory quality audits and international comparisons. And this was achieved by extending the existing links between the primary laboratories and the BIPM, to the SSDL Network and hence to the IAEA. The main role of the SSDLs is to bridge the gap between the Primary Standards Dosimetry Laboratories (PSDLs) and the users of ionizing radiation by enabling the transfer of dosimeter calibrations from the primary standard to the user instrument.

Thus, for more than thirty years the IAEA has disseminated the BIPM ionizing radiation metrology standards to its Member States, mainly for the approximately 30 laboratories in countries not signatories of the Metre Convention. As a result, during the last five years the IAEA has provided nearly one thousand calibration coefficients, of which more than 400 correspond to national laboratories of countries outside the signatories of the Metre Convention. Nearly 90 % of these calibrations have been in the field of radiation therapy and the remaining in radiation protection.

[†]Australia, Austria, Canada, France, Germany, Hungary, Italy, Japan, Netherlands, New Zealand, Russian Federation, Slovakia, Spain, United Kingdom, United States.

With a lower metrological role, but with a rather large practical impact to end-users, is the IAEA/WHO postal dose quality audit programme using thermo-luminescent dosimeters (TLDs), started in 1969 in collaboration with WHO (Pan American Health Organization, PAHO, in Latin America). The TLD programme has improved the reliability of dose measurements in radiotherapy centres, and after being extended to the SSDLs, has become an important tool in the dosimetry verification process. Primary laboratories are asked to participate regularly in this programme which, from its initial set-up, has the support of the BIPM to provide TLD reference irradiations for the 500 hospitals' radiotherapy beams which are checked every year and the SSDLs providing calibration services for radiation protection, of between fifteen and twenty per year.

The support of the BIPM to the IAEA/WHO SSDL Network and TLD postal dose quality audit is, however, not restricted to providing technical assistance and traceability to the IAEA dosimetry services to Member States, but its staff are closely linked to several other Agency radiation dosimetry activities. The BIPM Section Head of Ionizing Radiation chairs the SSDL Scientific Committee (which meets every two years), and participated in the preparation of the SSDL Charter. In addition to participating regularly in our symposia and conferences on dosimetry, the BIPM staff contribute substantially to the preparation of IAEA publications and codes of practice addressed to SSDLs and end-users.

Participating in the memorable event of the CGPM in October 1999, the IAEA was a signatory of the CIPM MRA. The Agency Calibration and Measurement Capabilities (CMCs) were finally approved by the JCRB this year, becoming part of the BIPM database in accordance with the MRA provisions. This recognition was completed with the invitation to become Full Member at the CCRI Section I (CCRI(I)), in its last meeting.

The successful collaboration between the IAEA and the BIPM is, however, not restricted to the long standing contributions in ionizing radiation; more recently, those in the area of metrology in chemistry deserve special mention.

The IAEA obtained Full Member status at the CCQM in 2002. On this basis, the Agency participates in relevant pilot studies and key comparisons, mainly those related to the presence of elements in fish and foodstuff. Not being a metrology institute itself, participating in these studies and comparisons, allows the Agency to assess and compare its measurement capabilities at the top metrology level and is therefore able to assure and confirm the measurement results produced in its own laboratories.

It is important to mention the pilot study CCQM-P75 on "Stable isotope delta values" measuring stable isotope abundance ratios, the first of its kind, which is jointly coordinated by the IAEA. Benefits for the IAEA from cooperation with CIPM (CCQM) in this specific measurement area are twofold. First, the IAEA has a leading role in stable isotope ratio measurements through its function to provide reference materials and calibrators to laboratories. The standardization of such materials is of utmost importance for the calibration scheme. A closer interaction with CIPM (CCQM) to demonstrate the existing measurement capability of both the IAEA laboratories and cooperating expert laboratories in performing such calibrations will further strengthen the confidence and reliability of such endeavours. Second, calibration of measurements is often done by comparison of measurements among different laboratories. The long-term experience of CCQM in such comparisons and evaluations is of relevance for the IAEA to carry out work using internationally recognized state-of-the-art procedures.

The IAEA recently proposed a new pilot study on the determination of trace elements in phosphogypsum. The IAEA-phosphogypsum reference material (IAEA-434) has already been

successfully used in the CCRI supplementary comparison. Following the practice established in the CCQM, it is foreseen that the results of this comparison will be used as partial input values for the characterization of the IAEA-434 reference material. Using metrologically traceable results will enable the IAEA to eventually produce a new certified reference material which will be of direct benefit to the IAEA and the end users (IAEA Member States).

It is foreseen that this cooperation will further expand, with the IAEA hosting the next Inorganic Analysis Working Group meeting to be held from 8 to 10 October 2008.

International Organization for Legal Metrology

Mr Johnston gave a short speech about the relationship between the BIPM and the International Organization for Legal Metrology (OIML). The OIML is an Intergovernmental (Treaty) Organization with fifty-nine Member States, who have signed the Treaty and have voting rights, and who may issue OIML Certificates and participate in the OIML's systems. In addition, there are fifty-six Corresponding Members who have subscribed and may participate in the technical work.

Mr Johnston went on to say that the OIML and the BIPM are complementary:

- The task of the BIPM is to ensure worldwide uniformity of measurements and their traceability to the SI.
- The mission of the OIML is to enable economies to put in place effective legal metrology infrastructures that are mutually compatible and internationally recognized through harmonization and the establishment of mutual confidence.
- Both contribute to economic development and trade facilitation.

Constructive bilateral meetings between staff of the BIPM and the OIML are organized at the level of:

- Committees' presidencies, and
- Bureaux.

The OIML and the BIPM have drawn up a concrete joint work programme.

The BIPM and the OIML have decided to develop and produce several joint communications to promote metrology:

- joint general leaflet introducing the two organizations.
- joint thematic leaflets (trade, safety, health, etc.)
- joint web portal.

Mr Johnston went on to say that each organization should promote membership in the other:

- eighteen OIML Member States are not Member States of the BIPM, and
- ten Member States of the BIPM are not OIML Member States.

World Meteorological Organization

Dr Hinsman gave the following speech about the relationship of the BIPM and the World Meteorological Organization (WMO).

“Allow me, on behalf of Mr Michel Jarraud, the Secretary-General of the World Meteorological Organization (WMO), to express our appreciation to the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) for inviting the WMO to the 23rd meeting of the CGPM. The WMO is pleased and honoured to have this opportunity to address this important assembly.

The WMO participated, four years ago, in the General Conference for the first time. On that occasion, we had the pleasure to inform you briefly on the WMO and on its activities that may be of particular interest to your organization. Today, I would like to highlight the value of BIPM work to that of the WMO and how your activities and ours complement each other.

The purpose of the WMO is to provide world leadership in expertise and international cooperation in weather, climate, hydrology and water resources, natural disasters of hydro-meteorological nature and related environmental issues, and thereby to contribute to the safety and well-being of people throughout the world and to the social and economic benefit of all nations.

In order to achieve its goals, the WMO relies on important networks of instruments observing a wide range of parameters. Measurements provided by these networks should be based on common standards to reveal their full potential. The complexity of those measurements depends strongly on the parameters observed, on the instrument used and on the end-purpose of these observations. Additionally, the required level of accuracy of these measurements is highly dependent on the applications for which they are destined and on the specific climatic conditions under which they are operated.

The issue of climate change drives many debates at the moment. Understanding of our climate highlights the need for the WMO to ensure that measurements of climatological parameters used to monitor the state and evolution of the climate are of high accuracy, that they rely on commonly accepted references and that the latter are stable over a long period of time. Also, the full potential of observations in weather forecasting models can only be achieved by using instruments that are regularly calibrated and traceable to world reference standards. It is consequently in the WMO's best interest to ensure that the measurements originating from its networks refer to commonly accepted and stable reference standards.

The WMO Secretariat facilitates the work achieved collectively by its Members but does not itself operate any calibration laboratories. It is WMO Members who own their respective observing networks, standards and calibration laboratories. When the WMO has a special need, it nominates specific centres, from among its members to carry out those tasks for the whole WMO community or to support specific regional needs. One example is the World Radiation Centre in Davos, which maintains the World Radiometric Reference for solar irradiance measurements and which also serves as a calibration centre on behalf of the WMO. A quite different example concerns Regional Instrument Centres, which are nominated on a regional basis to provide calibration services for meteorological and related environmental instruments to the Members of the Region. Such Regional Instrument Centres must establish the traceability of their own measurement standards and measuring instruments to SI units. As a consequence, the WMO recently agreed to strengthen its Regional Instrument and Radiation Centres to improve the traceability of their measurement to SI units and now requests their regular auditing.

The WMO has always placed great importance on the quality and traceability of its observations. Whenever possible, the WMO has relied on the calibration capacities and traceability chain provided by metrological institutes. In that sense, the work of BIPM has always been of high relevance to the WMO.

In the past, there were some cases for which National Metrological Institutes (NMIs) were not in the position to provide services to support the work and the needs of WMO Members because of the particular conditions under which meteorological instruments are used or because the concentration ranges that were of relevance to the WMO differed strongly from the main focus of NMIs at a given time. This has sometimes led to the development of the WMO's own reference standards.

Nowadays, the situation is much more satisfactory since the ranges and conditions under which NMIs instruments can be used have evolved. This increases even more the level of relevance of BIPM work to the WMO as it enables comparisons of our respective standards under similar ranges of operation. Also, the developments made by NMIs should prove to be of very high value to the WMO. For example, the development of cryogenic radiometers may soon allow direct measurements of solar irradiance, rather than being limited to using artificial sources in a laboratory. If such developments meet their expected potential, then direct collaboration between the WMO and the BIPM will be extremely important to ensure that any differences revealed will be properly understood and accounted for by both communities and later to ensure a smooth transition of the same references, if appropriate.

The WMO also nominates central calibration laboratories and calibration centres under its Atmospheric Research and Environment Programme to support its Global Atmosphere Watch (GAW) community, which monitors the chemical composition and the physical characteristics of the atmosphere.

It is very important that WMO-designated laboratories participate in instrument international comparisons to ensure comparability of measurement standards used worldwide. In this regard, the WMO is very pleased that WMO-designated laboratories already had the opportunity to take part in comparisons organized by the BIPM on ozone, methane and carbon dioxide. These comparisons have confirmed that WMO-designated laboratories are maintaining very high-quality standards. While the WMO organizes instrument international comparisons by itself, and also participates in appropriate comparisons organized by the BIPM, it widens the demonstration of equivalency of its standards and their international recognition, acceptance and compatibility.

Some of the WMO-designated laboratories have strong links to NMIs. This enables them to take part in the CIPM Mutual Recognition Arrangement and related key comparisons. However, there are other WMO designated laboratories that do not have such strong links to NMIs, but have comparable measurement capabilities to those of the corresponding laboratories for specific parameters, or for specific ranges of some parameters. It is extremely important to the WMO, that such laboratories, which are bearing very high responsibilities for the calibration and traceability of some WMO networks, have the possibility to participate in appropriate instrument international comparisons.

In this regard, the WMO thanks the BIPM for inviting the WMO to be a signatory of the CIPM MRA. It is expected that laboratories that are maintaining our highest measurement capabilities, and which either do not belong to, or have no link to the NMIs of their respective countries, will be able to use this opportunity in the future to adhere to the MRA and to participate in key comparisons.

The WMO is also very grateful to the BIPM for the collaborations that have emerged between the BIPM and the WMO in the last four years. The BIPM and the WMO not only attended their respective high-level meetings, but important and very fruitful collaboration also took place at Working Group level with representatives of the Consultative Committee for Photometry and

Radiometry (CCPR) and of the Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in chemistry (CCQM).

As already mentioned, the WMO organizes regular instrument international comparisons to ensure traceability and calibration of its equipment, but also to investigate the response of various observing systems under extreme climatic conditions. For example, the WMO is planning to host international comparisons of thermometer screens and shields and humidity sensors in desertic conditions as well as in Arctic conditions. It also plans comparisons of instruments measuring solid precipitation, including snowfall. While such international comparisons may not be of immediate concern to the BIPM and NMIs, other international comparisons, such as the pyrheliometer comparisons that the WMO organizes regularly on a five-year basis, may be of interest to them and it is with pleasure that we would welcome their participation.

I wish to thank you again for inviting WMO to the 23rd meeting of the CGPM.”

International Commission on Illumination

Dr Hengstberger gave a speech about the relationship of the BIPM and the International Commission on Illumination (CIE). He spoke about the background to the signing of the Memorandum of Understanding between the CIE and the BIPM and why it was important that there be regular meetings between the two organizations to discuss matters of common interest, such as the SI base unit, the candela, photophysics and photobiology. Dr Hengstberger mentioned that the International Lighting Vocabulary had been submitted to the BIPM for its staff to ensure that the text was consistent with the SI.

International Laboratory Accreditation Cooperation

Mr Squirrell gave a speech about the relationship of the BIPM and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC). He spoke on the issue of the definition of CMC (Calibration and Measurement Capability, a term used by the metrology community) and BMC (Best Measurement Capability, a term used by the accreditation community), pointing out that the BIPM and the ILAC had met on a number of occasions to attempt to find a compromise on the definitions of these two terms. Mr Squirrell went on to say that on 29 October 2007 the ILAC General Assembly met and passed the following Resolution:

“ILAC Resolution GA 11.20:

The ILAC General Assembly accepts the ILAC/BIPM joint paper on Calibration and Measurement Capabilities (CMC) as a significant step forward in the coordination of this concept between ILAC and BIPM. ILAC will take this joint paper into account when preparing future documents on measurement uncertainty, in collaboration with the BIPM.”

This result preserved the wish of the NMI community to maintain the term CMC and achieves harmonization of terminology. It had also stimulated new thinking in the chemical metrology community about the measurand and other aspects of value assignment to reference materials. The speaker pointed out that the BIPM will work on a joint statement with ILAC in order to promote the use of the term CMC; and that various ILAC policy documents will need to be revised and a joint BIPM/ILAC group will be involved in their production.

International Organization for Standardization

Mr Samné gave a short speech about the relationship of the BIPM and the International Organization for Standardization (ISO).

On the subject of ISO-BIPM collaboration, Mr Samné outlined the nature of the work undertaken by ISO and the range of subjects on which BIPM staff and members of Consultative Committees of the CIPM work with technical experts at ISO. Areas of collaboration include:

- JCDCMAS – Joint Committee on Coordination of Assistance to Developing Countries in Metrology, Accreditation and Standardization
- JCGM – Joint Committee for Guides in Metrology
- ISO/TC12 – Quantities, units, symbols, conversion factors
- ISO/TC176 – Quality management
- ISO/CASCO – Committee on Conformity Assessment
- ISO/REMCO – Committee on Reference Materials

The **JCDCMAS** has been established by intergovernmental organizations and international bodies having mandates to strengthen technical infrastructures and deliver capacity building in metrology, standardization and conformity assessment (including accreditation) to developing countries. These intergovernmental organizations and international bodies consist of:

- International Bureau of Weights and Measures (BIPM)
- International Accreditation Forum (IAF)
- International Electrotechnical Commission (IEC)
- International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)
- International Organization for Standardization (ISO)
- International Trade Centre – UNCTAD/WTO (ITC)
- Telecommunication Standardization Bureau of ITU (ITU-T)
- International Organization of Legal Metrology (OIML)
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO)

The present work of the **JCGM** focuses on the publication of the *Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement* (GUM) and its Supplements and the *International Vocabulary of Metrology, Basic and General Concepts and Associated Terms* (VIM). Documents in preparation or which have been published include:

- ISO/IEC Guide 98 – Uncertainty of measurement
 - Part 1 – Introduction to the expression of uncertainty in measurement
 - Part 2 – Concepts and basic principles
 - Part 3 – Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM: 1995)
 - Supplement 1 – Propagation of distribution using the Monte Carlo method

Supplement 2 – Models with any number of output quantities

Supplement 3 – Modelling

Part 4 – The role of measurement uncertainty in deciding conformance to specified data

Part 5 – Applications of the least-squares method

- ISO/IEC Guide 99:2007 – International vocabulary of metrology - Basic and general concepts and associated terms (VIM)

ISO/TC12: Quantities, units, symbols, conversion factors

Published work:

- ISO 80000-3:2006 – Space and time
- ISO 80000-4:2006 – Mechanics
- ISO 80000-5:2007 – Thermodynamics
- ISO 80000-8:2007 – Acoustics

Work in progress:

- ISO 80000-1 – General
- ISO 80000-2 – Mathematical signs and symbols to be used in the natural sciences and technology
- IEC 80000-6 – Electromagnetism
- ISO 80000-7 – Light
- ISO 80000-9 – Physical chemistry and molecular physics
- ISO 80000-10 – Atomic and nuclear physics
- ISO 80000-11 – Characteristic numbers
- ISO 80000-12 – Solid state physics
- IEC 80000-13 – Information science and technology
- IEC 80000-14 – Telebiometrics related to human physiology
- ISO/NP 29865 – Coordinated telebiometric multimodal interaction database

ISO CASCO: The CASCO toolbox consists of twenty-six documents covering: vocabulary, principles and common elements of conformity assessment, code of good practice, product certification, system certification, certification of persons, marks of conformity, testing, calibration, inspection, suppliers' declarations of conformity, accreditation, peer assessment, and mutual recognition arrangements. Here the membership is composed of 106 Members; seventy-five are Participating, thirty-one Observers and nine A-category liaisons with international organizations: BIPM, International Accreditation Forum (IAF), International Federation of Standards Users (IFAN), International Federation of Inspection Agencies (IFIA), ILAC, International Program Committee (IPC), International Certification Network (IQNet), OIML and International Union of Independent Laboratories (UILL).

Ongoing projects:

- ISO/IEC 17021-Part 2 (CASCO WG 21), Conformity assessment – Requirements for third-party auditing of management systems.
- ISO PAS 17005 (CASCO WG 23), Conformity assessment – Use of management systems in conformity assessment – Principles and requirements.
- ISO/IEC 17007 (CASCO WG 27), Conformity assessment – Guidelines for drafting standards and specified requirements for conformity assessment applications.
- ISO/IEC 17043 (CASCO WG 28), Conformity assessment – General requirements for proficiency testing.
- ISO/IEC 17065 (CASCO WG 29), revision of ISO/IEC Guide 65:1996 General requirements for bodies operating product certification systems.

Prof. Ian Mills asked a question concerning the use of the decimal marker. He pointed out to the ISO representative that in 2003, at its 22nd meeting, the General Conference had accepted that the decimal marker would be either a full stop (dot) or a comma depending upon the language of the text; however, ISO still insists in its documentation that the decimal marker is the comma, which is, he believed, hardly an ideal situation to encourage the use of this notation. Mr Samné noted the remark.

The President thanked all the speakers for their contributions.

10.2 Draft Resolution A, “On the initiatives taken to strengthen the collaboration between National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies”

As Secretary of the CGPM, Dr Kaarls read the text of the Draft Resolution and asked for comments and questions from delegates of Member States; there were none.

11 Draft Resolution B, "Report of the CIPM on Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM" (Kaarls Report)

The Secretary of the CIPM, Dr Kaarls, spoke about the *Kaarls Report* and asked for comments and questions.

Dr da Jornada (Brazil) commented that he liked the Report and its Recommendations, but said that the Report should have said more about bio-diesel and bio-fuels. Mr Samné (ISO) interjected that there was a great deal of work being done in the technical committees of ISO on bio-fuels, and suggested that ISO would do its best to assist the work of the NMIs in these important developing fields.

Dr Herrero (European Commission) commented that, in some countries, Designated Institutes are not under the direct control of the national NMI; for example, in Europe the food industry is designating institutes for the analysis of foodstuffs. The Secretary of the CIPM explained the definition of a Designated Institute, and went on to say that in some countries, some industries (particularly food) are not closely integrated into the world measurement system and there is

therefore a lack of worldwide coherence in the manner in which traceability is disseminated to individual customers.

Mr Magaña (OIML) said that traceability should in all countries be to the SI through the NMIs. However, Dr Herrero said that some countries do not have the necessary expertise in their NMI, and so they designate an external institute. He went on to say that certainly in the EU, Member States should designate the laboratories having the appropriate capability. It was important to try and make the process of disseminating traceability as straightforward and clear as possible.

Prof. Valdés (Argentina) commented on the need to improve communication between the various technical committees at the level of NMIs and the organizations responsible for developing international standards such as ISO. The Secretary of the CIPM repeated this point saying that there was indeed a need to strengthen communication between the metrology community and the technical committees of ISO.

Dr Steele (Canada) commented that the *Kaaris Report* could have contained more on structures and nanotechnology.

The Secretary of the CIPM read the text of Draft Resolution B and asked if there were any comments or questions from delegates of Member States; there were none.

12 Programme of work at the BIPM and financial implications

12.1 Programme of work at the BIPM

Prof. Wallard, Director of the BIPM, gave a presentation outlining the present and the emerging needs for international metrology, and how the programme of work proposed by the BIPM for the four years 2009-2012 set out to meet these needs. He stressed the need for Member States to take the broad view and look at the overall picture of the needs of the international metrology community, rather than base their selection of the projects undertaken at the BIPM which they would be prepared to support purely through a national interest.

The Director of the BIPM pointed out how the BIPM is evolving to meet the needs of the Member States with an increased work load; he pointed out that over the recent period, more calibration certificates have been issued to as many as 90 % of Member States. He said that the BIPM was involved increasingly in international coordination, and that more and more intergovernmental organizations and international bodies were being represented at meetings of the General Conference, and joining Consultative Committees. He commented that the world was coming to the BIPM and that the BIPM had to be in a position to respond effectively. Indeed, this increase in work with related organizations had doubled the time spent by senior BIPM staff on international coordination. He pointed out that all delegations are saving money because of the work done at the BIPM (“All Member States benefit from comparisons”); and that he had not heard delegates of any Member States saying that they wanted the BIPM to do less work for them.

He went on to summarize the achievements of the BIPM since the last General Conference and followed with a description of the proposed BIPM programme of work, demonstrating that the BIPM had taken on board the comments and discussions from the 22nd meeting of the CGPM, and that the final programme of work had been written after a process of prioritization and

selection of projects. He explained why the Ionizing Radiation section of the BIPM wished to move to dosimetry measurements made at its own linear accelerator (LINAC); that this was a fundamental technology shift necessitated by what had been happening at a number of major NMIs. However, he appreciated that the acquisition of a LINAC at the BIPM would be a major investment, and that the appropriation for this investment would perhaps be better considered by the General Conference at its 24th meeting in 2011.

After discussing the proposed projects which would be undertaken at the BIPM over the next four-year period, the Director of the BIPM presented the necessary staff resources. Mentioning that it was envisaged that there would be a mix of both indefinite-term and fixed-term appointments for post doctoral workers employed at the BIPM, he recapitulated the recent history of the work of the BIPM; how two scientific sections had been closed in response to financial constraints which resulted from decisions of the General Conference, and how the remaining staff from these sections had been retrained and integrated into the other sections of the BIPM.

In summary, the Director of the BIPM mentioned that the proposed programme of work would require a step increase in the dotation of the BIPM of 15 % in the first year; containing a 4 % increase for inflation, and an increase of 4 % for inflation in each of the next three years. He said that the 4 % for inflation was higher than the figures normally taken for inflation, however, he had research which showed that such a figure was more appropriate for price or cost of living increases experienced by scientific laboratories. He mentioned that this proposed increase had the unanimous support of the CIPM, and that it would provide for an adequately funded BIPM, not a generously funded BIPM. He finished his presentation by paying tribute to his colleagues at the BIPM, who work hard to support international metrology.

The President thanked the Director of the BIPM for his presentation and asked if there were any comments or questions.

Mr Gunn (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) commented that the CIPM had done an excellent job in producing the proposed programme of work of the BIPM. He said that metrology had to be done at an international level, and said that the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland supported the proposed programme of work. Dr da Jornada (Brazil) also supported the proposed programme of work. Dr Tanaka (Japan) thanked Prof. Wallard for his report, but asked how the question of the discretionary part of the dotation (which was created by the General Conference at its 22nd meeting) would be dealt with by the General Conference at the present meeting. Dr Tanaka also commented that Japan would like to see better coordination of key comparisons, and that Japan was sceptical about the need for a 15 % increase in the dotation, particularly the proposed 4 % for inflation in a scientific laboratory.

The Director of the BIPM responded that the Working Group on the Dotation of the BIPM would consider these questions, and he provided a justification for his proposal for a 4 % increase to represent inflation in scientific laboratories.

Prof. Issaev (Russian Federation) said that the Russian Federation supported the proposed programme and that the BIPM had been underfunded previously.

Mr Šafařík-Pštrosz (Czech Republic) welcomed the comments from the Director of the BIPM about the increased efficiency in the work of the BIPM. However, even though the Czech Republic broadly welcomed the proposed BIPM programme of work, it was not prepared to

support all the projects detailed, and could not support an increase in the dotation of 15 %. Indeed, the Czech Republic would like a discussion on the future role of the BIPM, and that it wished to be represented in the Working Group on the Dotation of the BIPM.

Dr May (United States of America) said that the United States of America would not support an increase in the dotation of 15 % but would support the programme of work through other various contributions.

Dr Kumar (India) thanked the Director of the BIPM for the excellent work of the BIPM, and asked what was the percentage of the dotation spent by the BIPM on laboratory-based work and on international coordination. He went on to ask if the coordination work could not be done more cheaply, and that perhaps the BIPM should concentrate on scientific, laboratory-based, work. The Director of the BIPM responded by explaining why the CIPM was proposing the creation of the post at the BIPM to take charge of international coordination, which was discussed in the programme of work and where the importance of this coordination work was clearly pointed out. Dr Kumar said that perhaps it would be better to have scientists doing scientific work rather than international coordination. This point was not accepted by the Director of the BIPM as he believed that the work required scientific competence.

12.2 Annual dotation of the BIPM. Draft Resolution C, "Dotation of the BIPM for the years 2009 to 2012"

The Secretary of the CGPM meeting read the text of Draft Resolution C; there was no discussion.

13 Nomination of Members for the Working Group on the Dotation of the BIPM

The President opened this Agenda item by inviting the Secretary of the CGPM, Dr Kaarls, to present the composition of the Working Group on the Dotation of the BIPM. Dr Kaarls commented that the Working Group would comprise fifteen delegations, of which the CIPM would propose twelve, and that he would chair the Working Group.

The delegations nominated by the CIPM to participate in the Working Group would be: Australia, Brazil, Canada, China, France, Germany, Italy, Japan, Mexico, Netherlands, Russian Federation, United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland and United States of America. At its request, the Czech Republic would be included, and the Chairman asked for other volunteers, as a result of which, the Republic of Korea, South Africa, and Spain joined the Working Group. The Chairman went on to say that the text of Draft Resolution H (On financial arrears of Member States) would also be considered by the Working Group on the Dotation of the BIPM.

14 Report on the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement

The Director of the BIPM gave a presentation of the current status of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA), which had been created in 1999. He gave a number of statistics; for example, that the BIPM key comparison database (KCDB) now contains more than 20 000 CMCs and the details of more than 600 key comparisons. He showed how the number of key comparisons entering the KCDB is varying with time. He went on to say that, at present, forty-five NMIs of Member States have signed the CIPM MRA and that it has also been signed by twenty NMIs of Associates of the General Conference. He mentioned that participation in key comparisons was being extended. He commented that a number of intergovernmental organizations had already signed, or were in the process of negotiating to sign the CIPM MRA.

He mentioned how the introduction of a logo for the CIPM MRA had been enthusiastically received by the signatories of the CIPM MRA and that the number of those who wanted to use the logo was continually increasing. He went on to talk about the Joint Committee for the Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB) and its role and function in administering the CIPM MRA, which had now come to represent a global view of metrology and had been successful in pushing the widespread adoption of Quality Systems by the signatories. The Director of the BIPM thanked those NMIs who had provided secondees for the post of Executive Secretary of the JCRB, and commented that Dr Espina, the present Executive Secretary, would be leaving this post in May 2008.

He went on to say that it was the intention of the CIPM to seek a redesign of the KCDB; to move away from the previous names of the Appendices, and to use names which showed that they were a source of potential information for non-metrologists. The recent installation of a new search engine on the BIPM website was the first step in this direction. It was important that the CIPM MRA was seen to be evolving because of its importance; an importance that was demonstrated by the signing of joint statements with OIML and ILAC and the successful negotiations with ILAC on the use of the term Calibration and Measurement Capability in place of the term Best Measurement Capability.

The Director of the BIPM finished by mentioning case studies where large commercial companies had made use of the CIPM MRA to aid them in seeking calibration services for their businesses. He asked delegates to contact him if they came across other examples of the use of the CIPM MRA and said that the *KCDB Newsletter* published twice each year by the BIPM would be an ideal place to publicize such information. He said that that in future there would be increased promotion of the CIPM MRA at both the national and international level, as it was an arrangement which gave confidence in the world measurement system.

He then read the text of Draft Resolution D, “On the relevance to trade of the CIPM Mutual Recognition Arrangement, and other related arrangements”.

The President then opened this agenda item for discussion.

Mr Énard (France) asked what was the obstacle that prevented the BIPM from being given Observer status on the Committee responsible for Technical Barriers to Trade in the World Trade Organization. The Director of the BIPM replied that the reason was political rather than technical. Mr Squirrell (ILAC) commented that ILAC was having the same difficulties as the

BIPM in gaining Observer status. He also mentioned that the ILAC website contained a number of examples of the successful use by industrial companies of mutual recognition arrangements.

15 Report on issues relating to Associates of the General Conference

The President of the CIPM spoke about the history of the creation of the category of Associate of the CGPM.

Since Resolution 3 adopted by the General Conference at its 21st meeting created a category of Associate of the CGPM, it has become clear that several Associates play a much greater role in the work carried out under the Metre Convention than was envisaged in 1999. Many Associates now bring significant scientific and economic benefits to activities within the CIPM MRA. In return, they also gain many benefits from their status. Since the last General Conference, the CIPM has taken a number of decisions which open up a limited number of additional possible benefits to Associates under certain conditions. This was in recognition of the fact that:

- experience showed a high level of scientific competence in a number of laboratories from Associates;
- there was a scientific value to the Associates, but also to Member States, from the inclusion of these laboratories in a number of activities, especially those organized by Consultative Committees or their Working Groups;
- in some Consultative Committee comparisons, only one set of reference samples is produced. In the absence of a linked Regional Metrology Organization (RMO) comparison, it is clearly more efficient, and there is scientific benefit derived from including competent laboratories from Associates in the Consultative Committee comparison; and
- in a number of cases, representatives of Associates held the Chair of technical committees in the RMOs and that their participation in, for example, Working Groups on Calibration and Measurement Capability reviews brought added value.

These decisions have been set out in the document CIPM/05-05 on “Services available to Associates States and Economies of the CGPM and their participation in the CIPM MRA” which is available on the open part of the CIPM pages on the BIPM website. The General Conference did not set a period for the status of Associate at its 21st meeting. However, the CIPM proposes that, in the light of recent experience, those States which are Associates and which take advantage of a large number of these services should be strongly encouraged to become Member States. This move, the CIPM believes, is consistent with the spirit of the discussions at the 21st meeting of the General Conference. These stressed the value of full participation in the activities under the CIPM MRA, but recognized that a number of States might initially find it hard to justify the financial commitments needed to become a Member State. The General Conference was, at that time, of the opinion that Associates would only take part in the CIPM MRA through their regional metrology organizations. This is no longer the case and many Associates have had the opportunity to play a direct role as a result of CIPM decisions. This role includes participation in pilot studies and other activities led by Working Groups of Consultative Committees. These benefits and the experience gained by Associates should, the CIPM believes, encourage these Associate States to become Member States.

15.1 On encouraging Associate States of the General Conference to become Member States

The President of the CIPM read the text of Draft Resolution E, "On Associate States of the General Conference".

The President of the CGPM then opened this agenda item for discussion.

Mrs van Spronssen (Netherlands) suggested that the level of subscription for Associate be revised; so that the annual subscription be increased gradually to encourage Associates States to move to Member State status. Dr Roberts (United States of America) commented that the text of the Draft Resolution did not go far enough as at present no Associate State had moved from the Associate State status to Member State status. In her view, a limit should be placed on the period of time that a State could be an Associate of the General Conference. She also suggested that the subscription paid by an Associate of the General Conference be increased after five years as benefits increase with time. Dr Kumar (India) suggested that the period of review by the CIPM mentioned in the text of the Draft Resolution be changed from five to four years to bring it into line with the periodicity of the meetings of the General Conference.

The President of the CIPM replied that some of these points could be dealt with by revising the text, however, the others needed to be considered by the General Conference at a future meeting.

15.2 On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference

The President of the CIPM read the text of Draft Resolution F, "On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference". He mentioned that CARICOM had become an Associate in October 2005.

The President of the CGPM then opened this agenda item for discussion.

Mr Mussio (Uruguay) asked about the mechanism of membership for an Economy. Mr Énard (France) asked if the European Union could become an Associate of the General Conference given the text of the Draft Resolution. The President commented that this was something that would have to be considered.

The President of the CIPM replied that each potential candidate was considered on its individual merits.

Dr Roberts (United States of America) said that the text of the Draft Resolution raises difficult issues as benefits are not clearly identified and she suggested that the CIPM develops specific criteria for Economies to become Associates and proposes them to the CGPM at its next meeting for review and approval.

Mr Gunn (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) suggested that there be a separate category of Associate for Economies; and Mr Tse (Hong Kong, China) said that Hong Kong must remain an Associate.

The President of the CIPM replied that there was no great urgency to consider these matters in detail, and that the next General Conference would be the appropriate forum.

16 Proposal to create a category of Corresponding National Metrology Institute of the BIPM

The President of the CIPM spoke about the history of the creation of the new category of Corresponding NMI of the BIPM.

The Member States and the Associates of the General Conference are responsible for over 90 % of world trade. However, the number of States and Economies so far involved in the BIPM's work falls short of the number of members of many other intergovernmental organizations and international technical or trade-related bodies. The CIPM is therefore convinced of the need for a new initiative that would involve a larger number of States and Economies in the BIPM's work, and which will have the long-term aim of encouraging States to become Members of the BIPM or Associates of the General Conference, and Economies to become Associates of the General Conference. The CIPM therefore reports to the General Conference on two proposals:

- the need to encourage existing Associate States to become Member States where possible and appropriate so that they can play a greater role in the work of the BIPM; and
- to launch an outreach, awareness and liaison programme, through the creation of a category of "Corresponding National Metrology Institute of the BIPM". The initial aim of this initiative would be to draw more and more developing and emerging States and Economies into contact with the work of the BIPM. This new category of Corresponding National Metrology Institute of the BIPM should be a stepping stone for the States of these Corresponding National Metrology Institutes to become Members of the BIPM or Associates of the General Conference, and for the NMIs to become signatories to the CIPM MRA.

The President of the CIPM then read the text of Draft Resolution G, "On the importance of promoting the work carried out under the Metre Convention and on the creation of the category of Corresponding National Metrology Institute of the BIPM, to encourage more States to accede to the Metre Convention or become Associates of the General Conference."

The President of the CGPM then opened this agenda item for discussion.

Dr Roberts (United States of America) commented that the United States of America agreed with the intent of the Draft Resolution, that outreach activities were important; however they did not think it necessary to create a new category. Given that those who joined this new category would not be asked to contribute financially, it would be the Member States who would be paying; the United States of America did not think this a useful development and, consequently, did not support this Draft Resolution.

The President of the CIPM commented that the financial cost of this new category would not be very great, and that the CIPM wished to contact developing countries and seek to bring them into the work of the BIPM.

Prof. Thor (Sweden) commented that the CIPM was overestimating the importance of metrology in the needs of developing countries and underestimating the importance of the use of the system of units. The President of the CIPM disagreed, saying that the CIPM made no such separation.

Dr Sacconi (Italy) made the same point as the United States of America delegation, that it would be the Member States who would be supporting the new category, and suggested that the annual directors' meeting would be a better means of engaging in outreach work.

Dr Steele (Canada) also made the point made by the United States of America delegation, and went on to say that the type of work suggested in the Draft Resolution was similar to international aid; and that mixing the national budgets for the support of international metrology and international aid was not possible. Canada would not support the Draft Resolution.

Prof. Issaev (Russian Federation) pointed out that the proposed Draft Resolution would facilitate the development of metrology structure in developing countries, that it might be a means of finding new Associate States, and that this would be a source of income for the BIPM.

Dr Kumar (India) thought the Draft Resolution a good idea but asked about the role of RMOs; could they not do more for developing countries and help bring developing countries into the work of the BIPM?

Mr Érard (France) said that France had the same problem with this Draft Resolution as did the United States of America, and that France was opposed to the idea that the members of the proposed new category would receive benefits at no cost. He pointed out that this category was directed towards NMIs and not States. He went on to suggest that under the terms of the proposed Draft Resolution, a country with separate metrology laboratories for mass and ionizing radiation, for example, would get two members in the proposed new category.

The President of the CIPM replied that the CIPM had thought that trying to do something for developing countries was better than doing nothing. This point was reiterated by Dr Schwitz (Switzerland), who went on to say that Switzerland supported the idea of providing outreach opportunities.

The Director of the BIPM echoed the comment of the President of the CIPM, saying that the proposed new category of Corresponding NMI would be a good idea for developing countries and would provide a mechanism for finding new Associates and eventually Member States. He asked the General Conference if it was the wording and the use of the term “category” in the Draft Resolution which was causing the problem; he said that the text could be redrafted.

Dr Semerjian (United States of America) supported the idea of the Indian delegation that RMOs should be more involved in bringing developing countries into the world measurement system; for example, in SIM there are a number of Members who are not Members of the BIPM or Associates.

Dr Inglis (Australia) said that the wording of the proposed Draft Resolution should be changed to create an awareness exercise not a new category. This point was seconded by Mr Šafařík-Pštroš (Czech Republic).

17 Financial arrears of Member States

The Secretary of the CIPM spoke about the background of the problem of the financial arrears of Member States.

The issue of financial arrears has been a constant concern over the years. Although arrears were generally recovered and some Member States entered into successful financial rescheduling agreements, some others still fail to fulfill their financial obligations.

Article 6 of the Regulations annexed to the Metre Convention provides for two sanctions when a Member State fails to fulfill its financial obligations. The first is a suspension of the advantages and prerogatives after three years of arrears, and the second is exclusion from the BIPM after three additional years of arrears; i.e. a total of six years of arrears.

The “suspension sanction” is, and has always been, strictly and consistently applied. However, the “exclusion sanction” has never been imposed, despite Article 6, al. 8, as:

- after three years of arrears, the annual contribution of the defaulting Member State is distributed among all the other Member States. Such a distributed contribution is an advance made to the defaulting Member State;
- some arrears of up to twelve years have been successfully recovered and advances were subsequently reimbursed;
- if a defaulting Member State is excluded, it may use its exclusion as an argument for not reimbursing advances to the other Member States, although its commitments remain in this respect;
- the Metre Convention and its annexed Regulations contain no specific provision on the decision-making process or on the procedure to be followed with regard to exclusion.

Further and after due consideration of the decision-making process of other international organizations, it is proposed to:

- state clearly that it is only the General Conference which can exclude a Member State and/or write-off the arrears;
- define the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion.

The Secretary of the CIPM pointed out that the exclusion sanction that existed in the Metre Convention had never been applied even to a Member State with longstanding arrears, and that the CIPM was in need of guidance from the General Conference about how best to deal with the problem of financial arrears of Member States.

The Secretary of the CIPM then read the text of Draft Resolution H, “On the financial arrears of Member States”.

The President then opened this Agenda item for discussion.

Mr Érard (France) asked if a Member State were to be excluded, could a laboratory in that State come back as a Corresponding Member of the BIPM, if such a category were to be created.

Dr Kumar (India) asked about the role of an excluded State in the RMO system – the excluded State would still have to work within their RMO. The President of the CIPM commented that the membership at the BIPM had no direct influence over the membership at RMOs. This point was taken up by Prof. Kühne (Germany) who asked what would happen to the data in KCDB which had come from laboratories in a Member State if that Member State were to be excluded because of financial arrears. The Secretary of the CIPM said that the situation in the RMOs was very complex.

Mrs van Spronssen (Netherlands) said that the text of the Draft Resolution should be changed to clarify the financial arrears .

18 Reports of Presidents of Consultative Committees

18.1 Consultative Committee for Length

Dr Chung Myung Sai, President of the Consultative Committee for Length (Comité consultatif des longueurs, CCL), presented his report and spoke about the two proposed Recommendations of changes to the recommended list of frequencies being presented to the General Conference.

Since the 22nd meeting of the CGPM in 2003, important activities in dimensional metrology as well as in the development of optical frequency standards were reported at the two meetings of the Consultative Committee for Length (CCL), which took place at BIPM headquarters.

In dimensional metrology, significant progress in the length key comparisons was reported, and in light of practical difficulties and of new demands, the full list of key comparisons was modified. The increasing interest in nanometrology in various domains could lead to a closer interaction between Consultative Committees (CCs).

The rapid and impressive development of optical frequency standards has led to devices with performances almost at the same level as the current representation of the second, with the promise of further evolution in the next few years. Research activities in this domain are mainly directed towards the needs of the time and frequency community represented in the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF); in view of this situation, the CCL could be faced with a need to reconsider its role, which could be entirely devoted to dimensional metrology in the near future. The merging of the former *mise en pratique* Working Group and CCL-CCTF Joint Working Group on Secondary Representations of the Second into a new CCL-CCTF Working Group on Primary Frequency Standards, already reflects this evolution, as well as the merging into a single list of the two lists formerly addressed separately by these Working Groups.

The closure of the Length section of the BIPM had a direct impact on the BIPM key comparison BIPM.L-K11, which could no longer continue under the responsibility of the BIPM. According to the general consensus, derived from the responses to a questionnaire prepared and sent by the BIPM to the NMIs, the structure for a new CCL key comparison (CCL-K11) was proposed to and has been accepted by the CCL; in this new structure, the BEV (Austria) will be the pilot laboratory and several NMIs from around the world will act as host laboratories for regional measurements.

Previous CCL meetings

The CCL met twice at BIPM headquarters during the period covered by this report: the 12th meeting was held on 15 and 16 September 2005, and the 13th meeting was held on 13 and 14 September 2007.

Outcome of the 12th meeting of the CCL

Progress in the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement in the work of the Committee, and the activities of the CCL Working Groups (WG on Dimensional Metrology, WG on the *mise en pratique* and CCL-CCTF Joint WG on Secondary Representations of the Second) were reported.

The Working Group on Dimensional Metrology (WGDM) met in Beijing (China) in 2004 and at BIPM headquarters, just prior to the CCL. The progress in key comparisons activity was examined, and at the two meetings the need for a revision of the terms of reference was highlighted. Proposals for revised terms of reference and formalization of the WGDM were, subsequently, considered by the CCL.

A workshop on comparison reference values and their analysis was held on the two days preceding the CCL. It identified software tools which have shown utility in helping to solve several issues associated with decisions, which can arise during the analysis of comparisons.

The *Mise en Pratique* Working Group (MePWG) met at BIPM headquarters, just prior to the CCL in 2005. It examined the responses of the NMIs to the questionnaire sent by the WG chair requesting information on new measurements of the frequency of optical standards, and tabled two proposals to the CCL:

- CCL-MePWG-1.a, .b, .c and .d, for a revision of the list of recommended radiations with an update of some existing values and an addition of new radiations; and
- CCL-MePWG-2, for a new structure of the CCL-CCTF JWG and the rearrangement of the list of recommended radiations.

The CCL-CCTF Joint Working Group on Secondary Representations of the Second (CCL-CCTF JWG) met at BIPM headquarters on 13 and 14 September 2005, just prior to the CCL. It agreed the proposal of the MePWG for a new structure of the JWG and a new form of the list of radiations. The changes consisted of merging the CCL-MePWG and the CCL-CCTF JWG into a single CCL-CCTF Frequency Standards Working Group, and the establishment of a single list of recommended frequency standard values for applications including the practical realization of the metre and secondary representations of the second. These changes would come into force after discussion and approval by the CCTF at its meeting in 2006. The JWG recommended the adoption of three optical frequency standards as secondary representations of the second: $^{199}\text{Hg}^+$ (optical transition at 281.6 nm), $^{88}\text{Sr}^+$ (optical transition at 674 nm) and $^{171}\text{Yb}^+$ (optical transition at 435.5 nm) to be considered by the CCTF at its next meeting in 2006.

The CCL adopted the proposals made by both the MePWG and the CCL-CCTF JWG and discussed the terms of reference of these Working Groups. It approved the merging of the MePWG and of the CCL-CCTF JWG into a new Working Group called the CCL-CCTF Frequency Standards Working Group (CCL-CCTF FS WG) and the merging of the recommended radiations for the *mise en pratique* of the definition of the metre and for the secondary representations of the second into a single list. A discussion on the terms of reference of this new Working Group was held and submitted for consideration by the CCTF at its 17th meeting in 2006 which, in turn, agreed on the creation of the new CCL-CCTF FS WG, and then adopted the following terms of reference:

- To make recommendations to the CCL for radiations to be used for the realization of the definition of the metre and to make recommendations to the CCTF for radiations to be used as secondary representations of the second.
- To maintain, together with the BIPM, the list of recommended frequency standard values and wavelength values for applications including the practical realization of the definition of the metre and secondary representations of the second.

The CCL endorsed the reduction of activities at the former BIPM Length section.

The CCL submitted to the CIPM for recommendation, the revision of the *mise en pratique* list of recommended radiations (Recommendation 3 (CI-2005)).

Outcome of the 13th meeting of the CCL

Progress in the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA) and the activities of the two CCL Working Groups, on dimensional metrology, and on the joint CCL-CCTF FS WG, were reported.

The CCL-CCTF FS WG met at BIPM headquarters, just prior to the CCL. The meeting discussed the following points:

- the new organization of the WG after the merging of the former CCL-MePWG and CCL-CCTF JWG;
- after the closure of the Length section of the BIPM, the BIPM “ongoing” key comparison BIPM L-K11 was replaced by CCL-K11 key comparison;
- the organization of a common list of recommended frequencies for both CCL and CCTF needs, with appendices relevant to each community;
- the new group terms of reference to be added; and
- the analysis of the responses of the NMIs to the questionnaire.

The Working Group on Dimensional Metrology (WGDM) has met twice since the previous CCL meeting in 2005: at the CENAM (Querétaro, Mexico) in 2006 and at BIPM headquarters, just prior to the CCL. At the CCL meeting, the WGDM reported on the discussion of RMO reports, CIPM MRA activities (CMCs, and the service descriptors of the CMCs – also known as the DimVIM), WGDM activities (including terms of reference), key comparison reports, presented a situation report of the discussion group DG7 on nanometrology, a study on the statistical evaluation of results, and the linking of key comparisons. The latter addressed the concerns of the CIPM for a rethink of the previous WGDM position in which it was stated that it was not possible to link key and regional comparison results.

The DG7 on nanometrology has met four times in the last two years. They had operated a successful series of NANO pilot studies and a bilateral comparison. The status of these pilot studies and comparisons is developed in Annex 1.

The DG7 has been discussing possible future length standards for use in nanometrology. Discussions considered the increasing interest in nanometrology from areas other than dimensional metrology, for example chemistry, which raised concerns of traceability. It was pointed out that the future work in nanometrology would need coordination across CCs and would eventually need a cross-CC Working Group on nanometrology.

The WGDM reported significant progress in the length key comparisons over the last two years. Regarding CMCs, the main review work is performed by the RMOs and the task within WGDM is international coordination. No major issues had been encountered. The WGDM is particularly active in the monitoring of CMCs when new key comparison reports are available. It performs this work through Executive Reports for each comparison, which detail corrective actions which should be made by the NMI participants. The WGDM also reviewed a guidance document (CCL/WGDM-07-41: *Running of MRA comparisons in length metrology and monitoring their impact on CMCs*).

DimVIM is now available in twelve languages (English, Chinese, Czech, French, Finnish, German, Japanese, Italian, Portuguese, Spanish, Turkish, and Korean) and is available from a link on the KCDB website. The scheme has also been used as a list of services by accreditors and other organizations.

The WGDM has taken into account that:

- Comparisons CCL-K2 on long gauge blocks (up to 1 m) and CCL-K6 on 2-dimensional CMM artefacts had been removed from the 2003 list;
- CCL-K8 on surface roughness standards had been added and its title changed from “surface roughness standards” to “surface texture standards” as this allowed a wider range of artefacts to be measured;
- The laser comparison BIPM.L-K11 is concluded and a new laser comparison, CCL-K11 was started to serve the needs of the dimensional metrology community organized by the CCL-CCTF Frequency Standards Working Group (CCL-CCTF FS WG).

The WGDM proposed that the full list of CCL key comparisons therefore becomes:

- K1 Gauge blocks up to 500 mm (including former CCL-K2);
- K3 Angle standards (polygons and angle blocks);
- K4 Cylindrical diameter standards;
- K5 Step gauge;
- K7 Line scales;
- K8 Surface texture standards;
- K11 MeP stabilized lasers, former BIPM.L-K11.

The CCL agreed on the new full list of proposed CCL key comparisons.

At its 2006 meeting, the CIPM had expressed some concerns and requested some actions from the CCL and the WGDM on the following issues:

- why gauge block comparisons warrant a different approach from other artefact-based comparisons;
- in future comparisons, should the linking be included as part of the protocol;
- could the question of stability of the travelling artefact easily be resolved by adopting a star formation for the comparisons;
- it should be recommended that the WGDM meet more frequently at BIPM headquarters,
- a self-standing document from the CCL on how future comparisons would be organized is needed;
- a paper on the limitations of gauge block comparisons and the consequences for linkages is also needed.

The WGDM has recognized the importance of the concerns and understood the two essential points of these concerns: problems with the CCL-RMO comparison scheme and questions related to the linking of CCL and RMO comparisons. It has taken action to address them through:

- A document (WGDM-07-06 WGDM-responses-to-CIPM) prepared at the 2007 meeting of the WGDM and to be placed on the WGDM website;
- A request that the document would be forwarded to the CCL President and BIPM Director who would ensure that the CIPM is aware of it and the responses.

Additionally, document WGDM-07-01 (*CCL comparison scheme*) is being prepared which will form the basis for a paper for the BIPM that will describe a proposed comparison scheme with the necessary flexibility, satisfying the needs of the CIPM MRA, take into account problems encountered in CCL key comparisons and will provide solutions on how to adequately link the comparisons. The document will be ready before the 2008 CIPM meeting so that the CCL President and/or the BIPM Director can make it available to the CIPM.

The WGDM proposed to the CCL a new organization of the CC and its Working Groups which would improve efficiency, provide a clear focus – as has been done in other CCs – for matters linked to the CIPM MRA, and encourage the development of a CCL strategy for dimensional metrology and, in particular, for nanometrology:

WG1	JWGFS CCL-CCTF
WG2	WGDM
WG3	Strategic planning
WG4	Key comparisons
WG5	CMCs
WG6	Nanometrology

The WGDM reported to the CCL that, after discussion, the WGDM had found consensus on several points:

- The proposed changes need further consideration;
- The coordination of a large number of WGs would place additional burdens on the CCL;
- A definitive change of the WG structure within CCL should be postponed;
- The WGDM shall retain, for the moment, its present terms of reference and assign specific responsibilities to provisional task forces;
- The WGDM will operate - until further decisions are taken - according to a scheme outlined in the following:
 - a task force on the linking of key comparisons;
 - a task force on the CCL key comparison scheme paper. Until the changes are agreed, the WGDM discussion groups would remain the same; and
 - in addition, virtual task forces would be formed: on key comparisons; and on CMCs.

The CCL invited the BIPM to prepare a summary of the discussions and a proposal on possible restructuring for submission to the CCL at its next meeting.

The CCL made two decisions:

- On a moderate change of the operating conditions of the acetylene $^{13}\text{C}_2\text{H}_2$ ($\nu_1 + \nu_3$) P(16) stabilized laser frequency standard at 1.54 μm ;

- On the placement of the recommended frequencies of the CO₂ laser stabilized on OsO₄ at 10 μm and of the He-Ne laser stabilized on CH₄ at 3.39 μm (for the unresolved magnetic hyperfine structure case) in the second category of the list of the standard frequencies of the CCL-CCTF FS WG, as a result of the introduction of the femtosecond comb for optical frequency measurements.

The CCL examined the terms of reference which have been accepted by the CCTF in 2006 for the CCL-CCTF FS WG, and the recommendation of the CIPM:

1. To make recommendations to the CCL for radiations to be used for the realization of the definition of the metre and to make recommendations to the CCTF for radiations to be used as secondary representations of the second; and
2. To maintain together with the BIPM the list of recommended frequency standard values and wavelength values for applications including the practical realization of the definition of the metre and secondary representations of the second;

and proposed that the CIPM recommends to add two new items:

- To take responsibility for key comparisons of standard frequencies such as CCL-K11; and
- To respond to future needs of both the CCL and CCTF concerning standard frequencies relevant to the respective communities.

Three recommendations will be proposed to the CIPM from this CCL meeting: Recommendations CCL 1a (2007) and CCL 1b (2007) on the addition of updated and of new radiations to the list of standard frequencies, CCL 2 (2007) on the addition of terms of reference for the CCL-CCTF Frequency Standards Working Group and CCL 3 (2007) on the inclusion of the unstabilized 633 nm He-Ne laser in the second category of the list of standard frequencies.

Key comparison BIPM.L-K11

In the frame of the BIPM key comparison BIPM.L-K11, initiated during the CCL 2003, campaign of laser calibrations were organized on a twice-a-year basis. These calibrations continued at the BIPM until the end of 2006. During the period of this report several laser calibration campaigns were piloted at the BIPM for key comparison BIPM.L-K11:

- In November 2004 and in May 2005, ten lasers from DFM (Denmark), EIM (Greece), INM (Romania), LNE (France), NIM (China), NMi VSL (Netherlands), SMU (Slovakia) and SP (Sweden) were investigated;
- In November 2005 and in May 2006, with the participation of NMIs from India, Malaysia, Portugal and Spain;
- The last BIPM campaign of calibration took place in November and December 2006 where Egypt, France, Italy, the Republic of Korea and Turkey participated.

Consequences of the closure of the BIPM Length section

In 2003, at its 22nd meeting, the General Conference endorsed the proposal of the CIPM to close the BIPM Length section during 2006. The staff and some activities have been transferred therefore to the Time section, leading to a new section created called Time, Frequency and Gravimetry under the responsibility of Dr E.F. Arias, until then Head of the Time section.

The closure of the Length section had a direct impact on two activities that provided services to the NMIs and other laboratories: the key comparison BIPM.L-K11 and the service of filling and testing of iodine cells for NMIs.

As a consequence of the decision of the CIPM in 2003 and its endorsement by the CGPM in 2003, the key comparison BIPM.L-K11 could no longer be the responsibility of the BIPM, and a questionnaire dealing with the transfer of responsibility of the key comparison BIPM.L-K11 from the BIPM to other laboratories was sent to NMIs. Answers showed that there is a clear and continuing need for this type of measurement.

Based on the responses, a structure for the continuation of BIPM.L-K11 has been proposed in which the BEV (Austria) will pilot BIPM.L-K11, while MIKES (Finland), NMIJ (Japan), NPL (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) and NRC (Canada) will be regionally based host institutions for the key comparison which was renamed CCL-K11. The CCL has endorsed the new structure proposed for K11 and preliminary discussions took place to see how CMCs could be established for comb measurements.

A questionnaire on interest in the production of iodine cells at the BIPM for applications in the length community was prepared and distributed among the NMIs and laboratories. The responses emphasized the high quality of this service at the BIPM and its unique role in the dissemination of iodine cells for frequency standards. This consultation also indicated that no laboratory is interested in taking charge of the delivery and certification of iodine cells and/or other absorbers as the BIPM has done since the 1970s. Only NMIJ provides this service for its external customers. Concerning future orders; the number of laboratories planning to order iodine cells from the BIPM in the forthcoming years is significant. The BIPM's income from the sale of fifteen iodine cells a year will cover the marginal costs of production for NMIs based on the fact that the BIPM already provides this facility for internal requirements. The questionnaire also found strong demand for other gas species, mainly for use in the telecommunications sector as well as for other designs of cells. This will not, however, be provided by the BIPM.

The outcome of this questionnaire was presented to the CIPM in 2006, and the following position has been decided for the activities and equipment of the former Length section:

- the continuation of the BIPM iodine cell production on a "as cost recovery production" basis for the next 2008-2012 period, for iodine only;
- the maintenance of (He-Ne)/I₂ and (Nd:YAG)/I₂ lasers, as well as the fluorescence experiment needed for the control and calibration of the iodine cells to be sold;
- the maintenance of high vacuum systems needed for the production of iodine cells;
- the maintenance of the frequency comb but only for internal science use, for example, for the watt balance; and
- the maintenance of the BIPM absolute gravimeter.

Since the end of 2003, the section has received continual demands for iodine cells from NMIs and other laboratories for use in stabilized lasers and spectroscopy. Since that date, some sixty iodine cells, filled and tested at the BIPM, have been sold.

The Seventh International Comparison of Absolute Gravimeters (ICAG-2005) was organized at the BIPM. Nineteen absolute gravimeters from sixteen countries (Austria, Belgium, Canada, Chinese Taipei, Czech Republic, Finland, France, Germany, Italy, Japan, Luxembourg, Russian Federation, Spain, Switzerland, Ukraine and the United States of America) participated in this comparison.

CCL membership

The CIPM approved in its meeting in 2007 the membership of BEV (Austria) which is the pilot laboratory for CCL-K-11, and of SPRING (Singapore).

Annex 1

Status of NANO pilot studies and a bilateral comparison organized by DG7

NANO1	Linewidth (CD mask)	(starting)
NANO2	Step heights	(completed)
NANO3	Linescales	(completed)
NANO4	1D gratings	(completed)
NANO5	2D gratings	(Draft A)
NANO6	Linewidth (single crystal CD)	(delayed)
NMIJ-PTB	1D gratings (pitch < 100 nm)	(completed)

CCL and RMO key comparisons during the period 2005-2007

EUROMET.L-K2	Long gauge blocks	(results in KCDB)
CCL-K3	Angle	(final report for approval)
CCL-K4	Diameter standards	(results in KCDB)
EUROMET.L-K4	Diameter standards	(Draft A due soon)
APMP.L-K4	Diameter standards	(Draft A due soon)
CCL-K5	Step gauge	(results in KCDB)
EUROMET.L-K5	Step gauge	(measurements almost completed)
APMP.L-K5	Step gauge	(measurements almost completed)
CCL-K6	Ball plate	(Draft B available)
EUROMET.L-K6	Ball plate	(Draft B expected)

EUROMET.L-K7	Line scales	(in progress)
APMP.L-K8	Surface roughness	(technical protocol available)
CCL-Sxx		Thermal expansion(Draft B available)

The President opened the meeting for discussion and asked Dr Chung about the utility of having several broad-band laser frequencies in the *mise en pratique*. Dr Steele (Canada) replied that there was a need for including these broad-band frequencies, a point which was supported by the Director of the BIPM. Prof. Göbel (Germany) commented that the problem about having these broad-band frequencies included in a list with other narrow band frequencies could be removed if the wording used to describe the *mise en pratique* were changed to make it less ambiguous – for example, by removing the word “fundamental”.

Dr Chung brought the discussion to a close by reading Draft Resolution I, saying that a slight change of wording was required: adding an extra year to the list of dates, in which additions to the *mise en pratique* had been made.

18.2 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.

The CCM held its 9th meeting in April 2005 and its 10th meeting in March 2007. The longstanding subjects of the CCM have been the facilitation of technical cooperation among the member National Metrology Institutes (NMIs) and the BIPM for the improvement of global measurement standards, and the implementation of key comparisons (KCs) for the CIPM MRA in the fields of mass and related quantities. The last meeting had a special topic, namely a discussion about the definition of the kilogram.

Currently, twelve Working Groups (WG) are engaged in these technical and administrative activities by organizing timely meetings or inviting specialists. These are the Working Groups on Mass Standards (WGM), Density (WGD), Force (WGF), High Pressures (WGHP), Low Pressures (WGLP), the Avogadro Constant (WGAC), Hardness (WGH), Fluid Flow (WGFF), Gravimetry (WGG), Viscosity (WGV), Calibration and Measurement Capability (WGCMC) and SI definition of 1 kg (WGS1kg). The CCM held two chairpersons’ meetings, in April 2005 and in March 2007, to harmonize the activities of the Working Groups for key comparisons. The delegates from the TCM and TCFF of the Regional Metrology Organizations (RMOs) are invited to the CCM meeting, and cooperate with the CCM in solving common technical problems related to regional activities. The secretariat of the CCM coordinates these functions and helps the Working Group chairpersons from an administrative view point, and liaises with the BIPM and the CIPM when required.

The organizational function of the CCM has been improved and/or updated since the last meeting of the CGPM by:

- establishment of the WGV in April 2005 (upgraded from the *Ad Hoc* Working Group on Viscosity (AHWGV)), the WGCMC in April 2005 and the WGS1kg in March 2007;
- merger of the former Working Group on Medium Pressures (WGMP) with the Working Group on High Pressures (WGHP);

- establishment of the International Avogadro Coordination (IAC) in October 2003; and
- changes in personnel: chairpersons of WGM, WGF, WGLP, WGH and WGFF.

Since the last meeting of the CGPM, the topics investigated have been extensive, including cooperative management of key comparisons over the period of implementation of the CIPM MRA and subjects related to the redefinition of SI units. Many Working Groups succeeded in providing evidence for equivalence by completing the key comparisons and by overcoming technical difficulties arising from broken transfer standards and mismatching in the understanding of the protocol. They also cooperated with the RMOs' TCM and TCF for establishing the linkage between key comparisons in an RMO and the CCM. The responsibility within the CCM for the redefinition of the kilogram is taken by the Avogadro project of IAC and WGAC, by the newly created Working Group on Changes to the SI kg (WGSiKg) and Task Groups within the WGM.

Mass standards

The Working Group on Mass Standards (WGM) met in April 2005 at BIPM headquarters, and the discussions covered:

- A comparison of the magnetic properties of mass standards intended to ensure equivalence in magnetic characterizations of mass standards; preliminary result showed small discrepancies which require further study;
- Estimation of air density critical for the air buoyancy correction of mass calibrations. The CIPM recommendation to calculate the density from the chemical composition of air has been useful for precision mass metrology. However, recent measurements by the BIPM and some NMIs, principally within EURAMET, revealed a small deviation in the air density by around 7×10^{-5} , from the recommendation. The remeasurement, 0.009 332 mol/mol of Ar in dry air by the KRISS, allowed a correction to the old result, 0.009 17, published more than twenty-five years ago. The influence of this new argon content on the value of the air density explained the observed discrepancy. A second and very new measurement by LNE of Ar composition, supports the KRISS result, thereby confirming the necessity of a revision of the CIPM recommendation. The new formula and its supporting documentation are already in draft form. This work is also carried out jointly with the WGD, and has benefited from the cooperation of the GAWG of the CCQM.

Surface investigation on silicon, stainless steel and Pt-Ir artefacts was also discussed for correcting the mass of adsorbed molecules in mass calibration. Results which combined surface analysis measurements and precision vacuum balance were reported, establishing the method to estimate mass corrections according to real time surface analysis.

An ion accumulation experiment to determine the atomic mass unit is underway at PTB. The ratio of the accumulated charge of ions on the mass balance to the accumulated mass of the ions can give similar information to the better-known Avogadro experiment. Measurements on bismuth ions were reported and found to be more effective for the experiment than gold ions, especially in increasing the ion current up to 5 mA. However, the precision achieved to date has not been competitive with the Avogadro experiment or the leading watt balance experiments.

The WGM managed the following key comparisons:

- CCM.M-K1 (stainless steel artefact, 1 kg, piloted by BIPM), CCM.M-K2 (stainless steel artefacts of multiples and submultiples, 10 kg, 500 g, 20 g, 2 g, 100 mg, piloted by the PTB)

and CCM.M-K3 (stainless steel artefact, 50 kg, piloted by the LNE) were all completed and approved for equivalence;

- CCM.M-K4 (stainless steel, 1 kg, pilot by BIPM) is at status “protocol completed”; and
- CCM.M-K5 (stainless steel artefacts of multiples and submultiples, 2 kg, (1 kg), 200 g, 50 g, 1 g, 200 mg, piloted by the NMIJ) is at the status “preparation of Draft B”.

It is also planning CCM.M-K6, -K7, -K8 for 50 kg, 1 kg, submultiples and multiples.

The rules for future key comparisons were discussed and agreed so as to circulate 1 kg and multiples and submultiples in a package, a 50 kg and two 1 kg and with a time interval of ten years.

Density

The Working Group on Density (WGD) met in April 2005 at BIPM headquarters. Technical discussions covered:

- redetermination of the density of water, which is underway 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;
- absolute measurement of the density of mercury;
- density measurements over a wide temperature and pressure range of liquids, refractometry of gas, precision density comparator, acoustic volume meter for solid artefacts, automation in density measurement, and magnetic levitation balance for density measurement of liquids were all discussed for important work on density standards.

A special issue of *Metrologia* on Density (April 2004, vol. **41**(2)) was organized and published by the Working Group describing recent progress in the fields.

The Working Group manages the following key comparisons:

- CCM.D-K1 (silicon sphere, 2 300 kg/m³, piloted by the NMIJ) was completed and approved for equivalence;
- CCM.D-K2 (liquid density standard, piloted by the PTB) is at the status “preparation of Draft A”;
- CCM.D-K3 (stainless steel artefact, piloted by the NMIJ) is at the status “planned”;
- CCM.D-K4 (hydrometer, piloted by the INRiM) was at the status “planned”.

Strategic planning to serve industry and society was discussed at its meeting on the following subjects: density measurements under high pressures and high temperatures ($p\rho T$ properties) for energy saving and environment technology, refractive index of liquids for 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 March 2004 at the NMISA (South Africa), and is scheduled to meet in 2007 at the CENAM (Mexico). Most of the technical discussions in the meeting were related to force standards and focused on the improvement in the stability and reproducibility of force transducers, torque measurement standards, and dynamic force metrology. In the last few years, the plan for the torque measurement standard was successfully conducted and the first calibrations were completed as seen below. As future subjects, it will consider small force measurement, multi-component force measurement, and comparison in tension ranges.

The WG manages the following key comparisons:

- CCM.F-K1.a (load cell, up to 10 kN) and .b (up to 5 kN), piloted by the MIKES, are at the status “preparation of Draft B”;
- CCM.F-K2.a (load cell up to 100 kN) and .b (up to 50 kN), piloted by the NPL, are at the status of “calibrations done”;
- CCM.F-K3.a (load cell up to 1 MN) and .b (up to 500 kN), piloted by the PTB, are at the status of “calibrations done” and “ongoing”;
- CCM.F-K4.a (load cell up to 4 MN) and .b (up to 2 MN), piloted by the NIST, are both at the status “preparation of Draft A”;
- CCM.F-K5 to CCM.F-K22, which had been conducted in the past, were all approved for provisional equivalence.

The WG manages the following key comparisons for torque standards:

- CCM.T-K1 (torque transducer, 1 kN · m, piloted by the PTB) is at the status “calibrations done”;
- CCM.T-K2 (torque transducer, 20 kN · m, piloted by the PTB) is at the status “ongoing”.

Joint meeting for pressure Working Groups

The three Working Groups for pressure organized the 4th CCM International Conference on Pressure Metrology in April 2005 in London (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland), together with the NPL and the IOP. Immediately after this meeting, the joint meeting was held at the NPL and reviewed its results. A special edition of *Metrologia* for the conference was organized and published in vol. 42(6), 2005. In the meeting, the proposal for a redefinition of the kilogram was presented together with an introduction of the watt balance experiment. A common position statement of the three pressure Working Groups was prepared and presented to the CCM at its 9th meeting. The linking of regional and key comparisons was discussed from both the administrative view and relative to the evaluation statistics for equivalence.

High pressure

The Working Group on High Pressures (WGHP) met in April 2005 at the NPL (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland). The topics discussed were: calculation of the pressure distortion of the pressure balances, determination of the effective area of the piston-cylinder of pressure balances from dimensional measurements, development of new methods in order to

improve the comparison of two pressure balances, and the establishment of twelve key pressure points for easy linkage between key comparisons in the future over the range 100 kPa-1 GPa.

The WG manages the following key comparisons:

- CCM.P.K1.a and .b (area of piston cylinder, 50 kPa-1 MPa, piloted by LNE-PTB), and .c (80 kPa to 7 MPa, piloted by the INRiM);
- CCM.P-K5 (pressure gauge, 1 Pa-1000 Pa, gauge mode, piloted by the NIST); and CCM.P-K7 (piston gauge, 10 MPa-100 MPa, piloted by the PTB) were all completed and approved for equivalence;
- CCM.P-K11 (piston gauge, 10 MPa-100 MPa, piloted by the PTB) and CCM.P-K8 (piston gauge, 100 MPa-500 MPa, piloted by the LNE) were approved for provisional equivalence.

Medium pressure

The Working Group on Medium Pressures (WGMP) met in April 2005 at the NPL (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland). Technical discussions covered: the increased use of low differential pressure generators, introduction of new mercury manometer constructions in three NMIs, ongoing comparisons between mercury manometers, and large diameter piston cylinders. The technical expertise of the members was in manometry where it overlapped with the expertise of other groups; therefore the merger of the WG with the two other pressure-related Working Groups was discussed among the members present and was agreed upon. According to the eventual approval by CCM, this WG has now been merged with the WGHP.

The WG managed the following key comparisons:

- CCM.P-K2 (area of piston cylinder, 10 kPa-120 kPa (absolute mode), piloted by the NPL) is at the status “preparation of Draft A”;
- CCM.P-K6 (pressure gauge, 10 kPa-120 kPa gauge mode, piloted by the NPL) was completed and approved for equivalence;
- CCM.P-K10 (pressure gauge, 10 kPa-140 kPa absolute, piloted by the NPL) was approved for provisional equivalence.

Low pressure

The Working Group on Low Pressures (WGLP) met in April 2005 at the NPL (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland). The discussion was focused on encouraging cooperation with ISO TC112 because it concerns the standardization of vacuum gauge calibration. The importance of the spinning rotor gauge as the transfer standard was recognized, along with concern for the recent decline in manufacturing technology. The comparison of leak rate standards planned by the WG has started successfully. Damage to the travelling standards used in key comparisons is still a serious problem in this field.

The future strategy of the WG was discussed with regard to the following subjects: helium 3 vapour pressure calibration for low temperature scale (0.65 K-3.2 K), refractive index in air corrected for water vapour (for length measurement), partial pressure measurement, leak rate to atmospheric pressure for environmental regulation, pressure measurement for hermetic sealing, dynamic pressure measurement for fast change, out-gassing measurement, and improvement of secondary pressure standards for frequent use.

The WG manages the following key comparisons:

- CCM.P-K3 (ion gauges, spinning rotor gauges, 3 μPa -9 mPa, piloted by the NIST) is at the status “preparation of Draft A”;
- CCM.P-K4 (pressure gauge, 1 Pa-1000 Pa, piloted by the NIST) was completed and approved for equivalence;
- CCM.P-K12 (helium standard leak, 3×10^{-11} mol/s, 10^{-13} mol/s, piloted by the PTB) is at the status “protocol complete”.

The future scheme of CCM key comparisons covering pressure standards within the range 10^{-9} Pa-1000 Pa and leak rate standard, with the period of twelve years were discussed.

The Avogadro constant

The Working Group on the Avogadro Constant (WGAC) met in March 2005 at the PTB (Germany), and in July 2006 at the INRiM (Italy), both in conjunction with the International Avogadro Coordination.

The use of enriched silicon-28 (^{28}Si) to reduce the uncertainties in the measurement of molar mass has been the main target of the Avogadro constant project. It is hoped that the current unexplained discrepancy of around 1×10^{-6} between the recommendation by the WG, with relative uncertainty 3.1×10^{-7} , and CODATA recommendation may be rationalized by this approach. The target uncertainty of the project is set at 2×10^{-8} , which would require an order of magnitude improvement in the measurement of most parameters. The status of measurements of the various parameters: lattice parameter of silicon crystal, molar mass of silicon sphere, volume of silicon sphere, mass of silicon sphere, thickness of oxide layer on silicon sphere, impurity in silicon crystal, and their improvements were discussed in the meeting. A 5 kg poly-crystal ingot of 99.994 % pure ^{28}Si , funded by a consortium of IAC participants, was delivered in May 2007. Manufacture of a sphere from the ingot is taking place in 2007 at the NMIA (Australia). Various samples are also being taken from the ingot for lattice parameter and isotopic abundance measurements.

Current claimed uncertainties for parameters are: 3×10^{-8} for unit cell volume from the lattice parameter, 14×10^{-8} for molar mass, 3×10^{-8} for volume of sphere, 0.6×10^{-8} for mass of sphere and 3×10^{-8} for oxide shell contribution of sphere. Measurements on the completed sphere with a native oxide coating should be made in 2008. A thermal oxide coating will then be grown on the sphere and the measurement repeated in 2009.

International Avogadro Coordination

Following the approval granted by the CIPM in 2003, international cooperation among seven NMIs and the BIPM was implemented in April 2004. The discussion meetings involving delegates of NMIs concerned technical cooperation of the members and implementation of the contract with the manufacturing partners, such as the Russian Atom Agency, EC and IKZ (Germany).

Besides its meetings with the WGAC, the IAC also held administrative meetings in February 2007 at IKZ, Berlin, to discuss the schedule for the production of the ingot, monitoring the isotopic purity, polishing the sphere and the measurement of required parameters. The IAC also reviews and reports the progress of the work undertaken by the manufacturing partners.

Hardness

The Working Group on Hardness (WGH) met in November 2004 at the NIST, in October 2005 at the NPL and in September 2006, in Rio de Janeiro (Brazil), when the WG approved the new definition for the Rockwell C scale to be adopted by NMIs. It is compatible with the ISO 6508 standard and defines (without tolerance) a number of influencing test parameters. New key comparison proposals include comparisons from 20 HRC to 65 HRC. In addition, there will be a pilot study on nano-hardness, and a pilot study on diamond indenters for supporting CMC on the indenter. Proposed strategic plans were: traceability for traditional scales (new definition for NMIs); developing and disseminating primary standards for non metallic materials (elastomer, ceramics...); Martens scale; and nano-indentations.

The WG manages the following key comparisons:

- CCM.H-K1.a (hardness test block, Vickers 0.2), .b (Vickers 1), and .c (Vickers 30) was completed and approved for equivalence;
- CCM.H-K2 (hardness test block, Brinell) is at the status “preparation of Draft B”;
- CCM.H-S1.a (hardness test block, Rockwell C), .b (Rockwell A), .c (Rockwell D), .d (Rockwell 15N), .e (Rockwell 30N), and .f (Rockwell 45N) is at the status “preparation of Draft B”.

Fluid flow

The Working Group on Fluid Flow (WGFF) met in April 2005 at BIPM headquarters and in May 2006 at CENAM (Mexico). Membership was confirmed and it now has twenty-two member NMIs. The technical discussions included: planning for a key comparison for sonic nozzle, and the necessity of sound traveling standards for sound comparisons. Strategic planning was discussed, highlighting: cooperation with OIML TC8 (Flow) in holding common meetings, and cooperation with IAEA on liaising with each others meetings for traceability of water flow meter in nuclear power plants.

The WG manages the following key comparisons:

- CCM.FF-K1 (turbine and Coriolis meters, 70 m³/h–160 m³/h water flow rate, piloted by the KRISS) was completed and approved for equivalence;
- CCM.FF-K2 (turbine and spindle positive displacement meters, 35 m³/h–250 m³/h hydrocarbon liquid flow rate, piloted by the NEL) is at the status “ongoing”;
- CCM.FF-K3 (ultrasonic and vane anemometers, 2 m/s and 20 m/s air speed, piloted by the NMIJ) was completed and approved for equivalence;
- CCM.FF-K4 (pipettes and pycnometers, 100 ml and 20 l volume, piloted by the CENAM) was completed and approved for equivalence;
- CCM.FF-K5.a (turbine meter and ultrasonic meter, 65 m³/h–1000 m³/h high pressure natural gas flow rate, piloted by the PTB) was completed and approved for equivalence;
- CCM.FF-K5.b (turbine meters, 65 m³/h–1000 m³/h high pressure air and nitrogen gas flow rate, piloted by the PTB) was completed and approved for equivalence;
- CCM.FF-K6 (critical flow venturis, 4.4 g/min–260 g/min low-pressure gas flow rate, piloted by the NIST) was completed and approved for equivalence.

Gravimetry

The Working Group on Gravimetry (WGG) meeting was held jointly with Study Group 2.1.1 on Comparisons of Absolute Gravimeters (SGCAG) of the International Association of Geodesy (IAG). Recent meetings were held in June 2006 at METAS (Switzerland), and in August 2007 at VNIIM (Russian Federation), in conjunction with a technical symposium held in St Petersburg. The ICAG 2005 (International Comparison of Absolute Gravimeters), the seventh of an ongoing series, was held at BIPM headquarters in 2005. A report of the results has been prepared for submission to *Metrologia*. The comparison involves absolute ballistic gravimeters but incorporates data from a small set of relative gravimeters. The comparison was agreed to be a “pilot study based on key comparison protocol”. In fact, the participants in the ICAG series are a diverse group composed chiefly of metrologists from NMIs and geophysicists from universities and government agencies. Nineteen absolute gravimeters participated in ICAG 2005, twelve of them being the same commercial design.

The next comparisons in the ICAG series will be held in 2009 at BIPM headquarters.

Viscosity

Viscosity, a hydro-dynamical property of liquids and gases, is an important property for industrial applications such as lubrication of motors, energy transfer and environmental assessment and even for the formation of the thinnest membranes in the semiconductor industry.

The Working Group on Viscosity (WGV) was located within the CCM after having first been created as an *Ad Hoc* Working Group of the CIPM. There were twenty participants at its meeting in April 2005 at BIPM headquarters. With its high activity in key comparisons, it yielded evidence for equivalence in the last two years, which are scheduled to be repeated again in 2008. As the primary standard for kinematic viscosity refers to pure water and the unique reference values determined by the NIST in 1953 require modern confirmation, the absolute determination of viscosity on reliable reference liquid is of longstanding importance, and quite challenging. Currently, two NMIs are conducting independent projects for the determination on more viscous liquids with uncertainty of less than 0.1 %.

The WG managed the following key comparisons:

- CCM.V-K1.A (standard liquid, 10 mm²/s kinematic viscosity at 20 °C); CCM.V-K1.B1 (standard liquid, 1300 mm²/s kinematic viscosity at 20 °C); CCM.V-K1.B2 (standard liquid, 400 mm²/s kinematic viscosity at 40 °C); CCM.V-K1.B3 (standard liquid, 40 mm²/s kinematic viscosity at 100 °C); and CCM.V-K1.C (standard liquid, 40 000 mm²/s kinematic viscosity at 20 °C) were all completed and approved for equivalence.
- CCM.V-K2.A (standard liquid, 150 mm²/s at –40 °C, 35 mm²/s at –20 °C and 7 mm²/s at 20 °C) and CCM.V-K2.B (standard liquid, 1300 mm²/s at 20 °C, 40 mm²/s at 100 °C and 15 mm²/s at 150 °C) are at the status “preparation of Draft A”.

CMC Working Group

The CCM was encouraged by the CIPM to support the CMC reviewing task of the regional TCMs and TCFFs. As the metrological expertise of the CCM is distributed among the technical Working Groups, the reviewing of a CMC can be helped most by the corresponding WG. However, certain coordination over supporting activities of Working Groups is necessary based

on common guidelines for efficient and deliberate reviewing. In order to implement this coordination, the CCM decided to establish the Working Group for CMC (WGCMC), to aid communication and provide guidance on CMC submissions. The structure of the WG consists of TCM chairs, TCCF chairs and all CCM WG chairs that are involved with CIPM MRA activities.

Its roles include liaising between the CCM and the JCRB, to post and control information on disputes, to send output of the CCM (including the Working Groups) to the JCRB. These were agreed to be handled by electronic mail. It was also agreed that the main role of WGCMC is to be a point of contact for CMC problems such as the identification of comparison evidence that should be required for each CMC. The last two years of activity of the WG revealed that the current review method for CMCs has worked effectively in the CCM field. The WG dealt with questions arising from within WGD, WGP and WGV.

Chairpersons meeting

The CCM held chair persons meetings in April 2005 and in March 2007 at BIPM headquarters. In both meetings, the endorsement of the approval on the results of key comparisons and approval on the proposed key comparison were given. In the last meeting, the agreed guidelines for the CCM key comparisons were confirmed and relevant strategic planning was undertaken. A proposal to establish a discussion forum for the WG chairs in reviewing the contents of reports of the key comparisons was approved and implemented using the BIPM website. A guidance document is currently being prepared, with help from the different Working Groups, on the comparisons necessary to support CMCs in the various technical areas of the CCM, and on related topics. After the approval of the merging of WGMP to WGHP, the demarcation between WGHP and WGLP was discussed but left to further discussion.

Redefinition of the kilogram and WGS1 kg

At its 9th meeting, the CCM discussed the redefinition of the kilogram. It was intended to respond to a proposal given in *Metrologia* (2005, **42**(2), 71-80) by I.M. Mills *et al.* published before the meeting (including the later proposal in *Metrologia* by the same authors with the identical intention to pursue the redefinition) and also to many position papers and letters motivated by the proposal from international metrologists, an international organization, three NMIs, an RMO TCM and four Working Groups of the CCM.

It concluded and submitted its recommendation to the 94th meeting of the CIPM. Taken with similar recommendations from other Consultative Committees, the CIPM concluded with Recommendation 1 (CI-2005) on "Preparative steps towards new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole in terms of fundamental constants". Through this Recommendation, the CIPM specifically asked the CCM to consider the implications of a redefinition of the kilogram, and to submit a report to the 97th meeting of the CIPM. Then the CCM decided to create an *Ad Hoc* Working Group on changes to the SI (AHWGS1), with the members of the chairs of WGM and WGAC, those members of the CCM who drafted the previous recommendation of the CCM, a delegate from OIML TC9, and the executive secretaries of the CCM and the CCU. The AHWG met in July 2006 at the INRiM (Italy) in conjunction with the Conference for Precision Electromagnetic Measurement (CPEM). Some members contributed to an important counter proposal later published in *Metrologia* (2007, **44**(1), 1-14), by P. Becker *et al.* (However, this publication was the work of the authors and not that of the AHWGS1.)

The discussions of the AHWGSI were focused on the subjects: to review the possible redefinition of the SI kilogram based on the two proposals, to discuss the future status of the watt balance experiment and IAC project, to discuss the role of the kilogram prototype and related work at the BIPM at the moment of any future redefinition. The outcome of the discussion was communicated by the members and contributed to other related discussions within CPEM 2006, the CCEM and the CCU.

With the progress in the AHWGSI, the 10th meeting of CCM was arranged specifically to prepare its response to the specifics of Recommendation 1 (CI-2005). As a result of these discussions, the AHWGSI was strengthened and given the task of drafting the CCM response to the CIPM.

The AHWGSI was upgraded to the WG for changes to the SI kg, with the view that the work of this group would continue for an indeterminate time. As for the preparation for the technical work related to a possible redefinition, the CCM approved the establishment of two Task Groups within the CCM WG on Mass Standards, the one to help the BIPM establish a more formal uncertainty budget for their routine calibrations of national copies of the prototype and the second to coordinate common problems of weighing in vacuum and storage in inert atmospheres or vacuum, as these technical problems must be solved at the moment of implementation of changing the definition.

The CCM response to Recommendation 1 (CI-2005) includes:

- the recommendation to NMIs and the BIPM to pursue experiments linking the fundamental constants to the current definition of the kilogram and, once redefined, to maintain the activity for practical realization of the new definition,
- the necessity of a *mise en pratique* for the kilogram describing the role of the linking experiments and the continuing use of current mass artefact technology.

In addition, the following specification of technical conditions which must be obtained before the redefinition:

- significant discrepancies among linking experiment must be removed;
- the uncertainty of the best linking experiment must be better than 2×10^{-8} at the 1 kg level; and
- a sufficient number of independent linking experiments must be available with required uncertainty.

In order to summarize the discussions for the redefinition in a wider context and to prepare its recommendation to the 97th meeting of the CIPM, the CCU held its meeting in June 2007 and invited several CCM members to input the results of the discussion at the 10th meeting of the CCM.

The President opened the meeting for discussion and asked Dr Tanaka about the long-term programme of the pure isotopic silicon sphere project to determine the Avogadro constant; and what would be the future programme if the discrepancy with the watt balance results remained? Prof. Göbel and Dr Tanaka replied that as the origin of the discrepancy between the two techniques was unknown, a great deal of work would be required to identify its origin.

18.3 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) presented his report and spoke about Resolution I.

The 16th and 17th meetings of the CCTF took place at BIPM headquarters in March 2004 and September 2006, respectively.

Membership

Membership of the CCTF increased over the period of this report; the Space Research Centre of Polish Academy of Sciences (SRC) and the International Service for GNSS (IGS) have been accepted as members.

CCTF Working Groups

New terms of reference with an enlarged membership have been adopted for the CCTF Working Group on TAI. The sub-Working Group on algorithms proposed, at the 17th meeting of the CCTF, the organization of the V Symposium on Time Scales Algorithms in 2008. The proposal has been accepted, and the symposium will take place in San Fernando (Spain) in May 2008, co-sponsored by the BIPM, the ROA, the INRiM and the USNO.

In 2005, the Working Group on TAI established two *ad hoc* study groups to analyse a proposal from the Time section for changing the usual method of the calculation of time links for International Atomic Time (TAI), by going from GPS satellites common-view to the method of all-in-view GPS satellites. Study Group I was charged to give advice on the advantages of adopting the all-in-view technique and Study Group II should study the optimization of time links for TAI.

The conclusions of the study groups were presented at the 17th meeting of the CCTF. The use of all-in-view has been accepted, and the organization of time links with one pivot laboratory has been recommended to optimize the solution. Derived from the work of the study groups, the CCTF has recommended that the laboratories and the BIPM provide the means of implementing the use of GNSS carrier phase techniques for time and frequency transfer in TAI.

Two new Working Groups were established at the 17th meeting of the CCTF: the Working Group of Primary Frequency Standards, with the aim of assisting the BIPM in the use of primary frequency standards for the improvement of the accuracy of TAI; and the Working Group on Coordination of the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques, with the task of studying highly accurate time transfer in view of the utilization of optical frequency standards for secondary representations of the second.

The CCL/CCTF Joint Working Group on Secondary Representations of the Second made a proposal to the CCL and to the CCTF on merging the CCL Working Group on the *Mise en Pratique* and the CCL/CCTF Joint Working Group into the new CCL-CCTF Working Group on Frequency Standards. In this new structure, a unique list is proposed containing radiations for the practical realizations of the metre, to be approved by the CCL, and radiations suitable for secondary representations of the second, to be approved by the CCTF. The CCL accepted this proposal, and the CCTF produced a favourable recommendation (Recommendation CCTF 1 (2006), presented to the CIPM in 2006). The name of the list is “Recommended values of

standard frequencies for applications including the practical realization of the metre and secondary representations of the second”.

A list of radiations has been proposed and recommended by the CCTF to be included in the list of “Recommended values of standard frequencies for applications including the practical realization of the metre and secondary representations of the second” as secondary representations of the second (Recommendation CCTF 2 (2006), presented to the CIPM in 2006). This list includes ^{87}Rb neutral atom, $^{88}\text{Sr}^+$ ion, $^{199}\text{Hg}^+$ ion, $^{171}\text{Yb}^+$ ion and the ^{87}Sr neutral atom.

All the working and study groups met during the period of this report. In particular, the Working Group on Primary Frequency Standards organized a workshop that took place in Geneva, in June 2007, with the participation of laboratories operating and developing primary frequency standards and members of the BIPM staff.

Recommendations

In its two meetings, the CCTF has adopted nine Recommendations and one declaration, as follows:

1. Recommendation CCTF 1 (2004): Recommendation concerning secondary representations of the second;
2. Recommendation CCTF 2 (2004): Recommendation concerning the report and use of primary frequency standards;
3. Recommendation CCTF 3 (2004): Recommendation concerning the steering of International Atomic Time;
4. Recommendation CCTF 1 (2006): Recommended values of standard frequencies for applications including the practical realization of the metre and secondary representations of the second;
5. Recommendation CCTF 2 (2006): Concerning secondary representations of the second;
6. Recommendation CCTF 3 (2006): Concerning the use of measurements of the International Atomic Time (TAI) scale unit;
7. Recommendation CCTF 4 (2006): Concerning the use of Global Navigation Satellite System (GNSS) carrier phase techniques for time and frequency transfer in International Atomic Time (TAI);
8. Recommendation CCTF 5 (2006): Improvement to Global Navigation Satellite System (GNSS) time transfer;
9. Recommendation CCTF 6 (2006): Coordination of the development of advanced time and frequency transfer techniques.
10. Declaration CCTF 1 (2006): Reorganization of the CCTF Working Group on TAI.

Recommendations CCTF 2 (2006) and CCTF 6 (2006) have also been adopted by the CIPM as Recommendations 1 (CI-2006) and 2 (CI-2006), respectively. They concern the list of recommended radiations as secondary representations of the second and the activities oriented to the improvement of time and frequency transfer techniques for the future inclusion of optical frequencies as secondary representations of the second.

Clock comparison in TAI

The BIPM organizes the international network of time links to compare local realizations of UTC in contributing laboratories and uses them in the formation of TAI.

Clock comparisons can presently be made by three independent techniques: satellite common-view based on C/A code measurements from GPS single frequency receivers; satellite common-view obtained with dual-frequency, multi-channel GPS geodetic type receivers (P3); and two-way satellite time and frequency transfer through geostationary telecommunications satellites (Two-Way Satellite Time and Frequency Transfer, TWSTFT). Significant improvement is being made with the growing number of time links with P3 receivers (twelve official links in October 2007, and several more computed as additional links), and with the increase of the frequency of TWSTFT observations (up to twelve per day for links in Europe and North America). The classical GPS single-channel single-frequency receivers that today represent only 10 % of the time transfer equipment, are being replaced to allow multi-channel, single or dual frequency observations. As a result, there has been an improvement in the accuracy for time transfer, and the whole system of time links becomes more reliable.

Until 31 August 2006, the common-view method had been used for time transfer in TAI via GPS satellite observation. Starting on 1 September 2006, GPS links are computed with the method known as “GPS all-in-view”, with a network of time links that uses the PTB as a unique pivot laboratory for all the GPS links. The use of GPS all-in-view permits a decrease in the statistical uncertainty of 10%-20 % in clock comparison over long distances, as the number of satellites increases significantly. This change has not affected the TWSTFT links.

The lowest uncertainties in time transfer are at the sub-nanosecond level for TWSTFT and dual-frequency GPS observations.

Testing continues on other time and frequency comparison methods and techniques.

The BIPM is conducting a series of calibrations of GPS/GLONASS time equipment in time laboratories which contribute to TAI. The BIPM is also taking part in the organization of TWSTFT calibration trips.

TAI stability

Some 86 % of the clocks used in the calculation of time scales are either commercial caesium clocks of the HP/Agilent 5071A type or active, auto-tuned hydrogen masers. To improve the stability of the free atomic time scale (Échelle Atomique Libre, EAL), a weighting procedure is applied to clocks where the maximum relative weight each month depends on the number of participating clocks. About 14 % of the participating clocks have been at the maximum weight, on average, during 2007. This procedure generates a time scale which relies upon the best clocks.

Since 2003, it is estimated that the stability of TAI, expressed in terms of an Allan deviation, has been at or below 0.4×10^{-15} for averaging times of one month. Slowly varying long-term drifts limit the stability to, around, 2×10^{-15} for averaging times of six months.

Key comparisons

In association with the INRiM and the USNO, the Time section developed the method for evaluating the uncertainties of $[UTC - UTC(k)]$. Starting in January 2005, this allowed the

publication of the key comparison in time defined by the CCTF in 2001 as CCTF-K2001.UTC; updates are published every month after issuing *Circular T*. At the 17th meeting of the CCTF, the key comparison was renamed CCTF-K001.UTC. The BIPM is responsible for the updates of the results after the publication of *Circular T* each month.

At the 17th meeting of the CCTF, following a proposal of the CCTF Working Group on the MRA, a key comparison in frequency, CCTF-K002.Freq was approved. The Working Group will coordinate with the Time, Frequency and Gravimetry section on the implementation of this key comparison.

Progress on primary frequency standards

Laboratories have reported on primary frequency standards in operation and under development. In the last year, eleven primary frequency standards, including seven caesium fountains (IT CSF1, LNE-SYRTE FO1, LNE-SYRTE FO2, LNE-SYRTE FOM, NIST F1, NMIJ F1 and PTB CSF1) have contributed more or less regularly to the BIPM for the accuracy of TAI. Primary frequency standards are under development at the NIM, VNIIFTRI, NRC, METAS and KRISS.

The typical characteristics of the calibrations of the TAI frequency provided by the different primary standards over 2003-2007 are indicated below. The values of Type B uncertainty are those declared in the latest reports from laboratories.

Primary standard	Type/selection	Type B standard uncertainty	Operation	Comparison with	Number/typical duration of comparison
IT-CSF1	Fountain	$(0.5 \text{ to } 0.8) \times 10^{-15}$	Discontinuous	H maser	3/20 d to 35 d
NICT-O1	Beam/ Opt.	6×10^{-15}	Discontinuous	UTC(NICT)	2/20 d to 30 d
NIST-F1	Fountain	0.3×10^{-15}	Discontinuous	H maser	3/30 d to 40 d
NMIJ-F1	Fountain	4×10^{-15}	Discontinuous	H maser	3/10 d to 15 d
PTB-CS1	Beam/ Mag.	8×10^{-15}	Continuous	TAI	12/30 d
PTB-CS2	Beam/ Mag.	12×10^{-15}	Continuous	TAI	12/30 d
PTB-CSF1	Fountain	1.1×10^{-15}	Discontinuous	H maser	2/10 d to 15 d
SYRTE-FO1	Fountain	0.4×10^{-15}	Discontinuous	H maser	2/15 d
SYRTE-FO2	Fountain	0.4×10^{-15}	Discontinuous	H maser	3/5 d to 15 d
SYRTE-FOM	Fountain	1.2×10^{-15}	Discontinuous	H maser	1/15 d
SYRTE-JPO	Beam/ Opt.	6×10^{-15}	Discontinuous	H maser	11/20 d to 30 d

TAI accuracy

To characterize the accuracy of TAI, estimates are made of the relative departure, and its uncertainty, of the duration of the TAI scale interval from the SI second, as produced on the rotating geoid, by primary frequency standards.

Starting in July 2004, a monthly steering correction of, a maximum, 0.7×10^{-15} is applied as deemed necessary. Since July 2006, the global treatment of individual measurements has led to a relative departure of the duration of the TAI scale unit from the SI second on the geoid ranging from $+0.7 \times 10^{-15}$ to $+3.7 \times 10^{-15}$, with a standard uncertainty of about 1×10^{-15} . Since

September 2006, we have used for this treatment for the standard uncertainties of $[UTC - UTC(k)]$ to estimate the uncertainty in linking the primary standards to TAI.

The staff of the BIPM continue to participate in the rapidly evolving field of optical frequency standards, addressing, for example, the issue of their comparison at the 10^{-17} uncertainty level or below.

The President opened the meeting for discussion and asked Mr Énard if there was any reason why it would not be possible to use ultraviolet frequencies for time standards, and what were the limits of having clocks taken into space.

18.4 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.

The CCEM has met on two occasions since the 22nd meeting of the CGPM, in March 2005 and March 2007, and its workload and that of its Working Groups has been at a high level. The key comparison programme in support of the CIPM MRA has continued to be a major activity and was driven principally through the CCEM Working Groups WGLF (Working Group on Low-Frequency Quantities) and GT-RF (Working Group on Radiofrequency Quantities). Another ongoing activity is the leadership role the CCEM plays for regional electrical metrology through its informal Committee of RMO Technical Chairs in Electricity and Magnetism (RMO TCEM). More recently, this Committee was re-established as the Working Group for Regional Metrology Organizations Coordination (WGRMO).

Since the establishment of the CIPM MRA, a great deal of CCEM time and effort has been focused on the MRA and key comparisons in support of the MRA. This is an important activity but the CCEM believes that the MRA has now reached a sufficient level of maturity that it can refocus its efforts onto more strategic and scientific issues. To this end, at its meeting in March 2005, it established a new Working Group on Strategic Planning (WGSP) with the broad objective of identifying new strategic requirements/directions in electrical metrology of relevance to science and the needs of Member States. In addition to identifying new strategic directions, the CCEM is also seeking to promote opportunities for collaboration between members and addressing them.

The CCEM has continued to monitor developments in the ac measurement of quantized Hall resistance through its Working Group on Measurements of the Quantized Hall Resistance with Alternating Current and related Measurements (WGACQHR). This work has required the development of improved methods for ac impedance measurements in order to solve the problems that arise from the interactions between a QHR device in a cryostat and a room temperature impedance bridge. In recognition of this, the brief of this Working Group was expanded in 2005 to include a study of the ac bridge techniques needed in such demanding conditions. However, it is not intended that this Working Group should continue indefinitely and there is an expectation that its work may be concluded in 2009.

There has been much discussion over the past four years on the possible redefinition of units, triggered by the CIPM Recommendation 1 (CI-2005), that preparative steps should be taken towards new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole in terms of fundamental constants. The possible redefinitions have the potential to impact significantly on the electrical units and the CCEM has been actively debating the issues. In 2006, the CCEM

established a special Working Group on Proposed Modifications to the SI (WGSI) to enable it to provide informed input to the CIPM.

Critical to the timing and form of any redefinition of units is the resolution of current differences in values for fundamental constants derived from the two fundamentally different experiments: the watt balance and the Avogadro experiment. The CCEM actively monitors developments in the watt balance and its relationship to the Avogadro constant derived from the silicon sphere experiment through its Working Group on Electrical Methods to Monitor the Stability of the Kilogram (WGKg).

A primary responsibility of the CCEM is to advise the CIPM on the activities of the BIPM Electricity section. This section faces major challenges with the recent retirement of its long-serving group leader, Tom Witt, and two other key members, and its responsibilities in the BIPM watt balance project and the calculable capacitor project, in addition to its core calibrations and international comparison activities. The CCEM reviews the work programme of the Electricity section on a regular basis and has provided input to its future direction and resource requirements.

Availability of critical devices for electrical metrology

An important activity within the CCEM is the sharing of information and the identification of opportunities for collaboration between members. One area of collaboration is the availability of critical devices essential for maintaining primary electrical standards and, in particular, the availability of devices for quantum voltage and resistance standards and multi-junction ac-dc transfer devices:

- Unbiased and programmable 1 V and 10 V arrays of Josephson junctions are available commercially, although some difficulties have been detected with performance. A number of NMIs are manufacturing specialized devices and some of these are available to other NMIs on a collaborative, and sometimes cost recovery, basis.
- Quantum Hall devices are being produced by one or two NMIs and a limited number are made available to other NMIs in the framework of scientific projects.
- Planar multi-junction thermal voltage converters (PMJTCs) are in short supply. PMJTCs are manufactured commercially in Germany but only on demand. A list of interested NMIs is being compiled in conjunction with EUROMET with a view to presenting the company with a composite order.

The availability of critical devices continues to be a problem for some NMIs.

Redefinition of units – the CCEM position

To address the CIPM Recommendation 1 (CI-2005), that preparative steps should be taken towards new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole in terms of fundamental constants, the CCEM established the WGSI to solicit opinion from the electrical community and to make a recommendation for consideration by the CCEM at its meeting in 2007. The WGSI had three meetings, in March 2006 at BIPM headquarters, at the Conference on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM) in June 2006 and in January 2007 at BIPM headquarters. In addition, a “round table discussion” on the issue was organized at CPEM 2006.

Various options were explored for redefining the SI with respect to fundamental constants and to assess their impact on electrical metrology. Most alternatives involve fixing the values of e , h , N_A and μ_0 , or combinations of these. The history and present status of the SI with focus on the evolution of mass metrology and developments in electrical metrology over the last 30 years has been reviewed. The Josephson and quantum Hall effects were examined with regard to the accuracy and completeness of their theoretical foundation, the accuracy and reproducibility of their practical realizations, their cost, ease of use, and the extent to which they are in use worldwide.

It was noted that the Josephson and quantum Hall effects are in regular use at relative uncertainties of the order of 10^{-9} (similar to the fractional uncertainty of mass measurements) and that:

- essentially all international comparisons have agreed within their uncertainties,
- all standards report the same values (as opposed to mass artefacts),
- there is a large worldwide infrastructure supporting the use of these effects, and
- their use as primary references is expected to continue for at least another twenty years.

Mass metrology, watt balance experiments, Avogadro experiments, ion accumulation, magnetic levitation, fundamental constants, etc., have also been reviewed.

The CCEM is of the opinion that defining both h and e is essential to realize the full benefit to electrical metrology of the Josephson and QHR experiments. The Josephson and QHR experiments are demonstrated to provide consistent worldwide traceability through a large infrastructure of installations. The CCEM recognizes the difficulties that defining h and e may present in producing a definition of the kilogram that is conceptually obscure, but it believes that the advantages of defining h and e outweigh these difficulties. Also, it is noted that the possible inconsistency of the N_A and the watt balance measurements has little technical significance to electrical metrology.

On the basis of these considerations, the CCEM submitted a recommendation to the CIPM for consideration, in response to the CIPM Recommendation 1 (CI-2005).

Scientific developments in electricity and magnetism

The following is a very brief summary of some of the main developments in electrical metrology, in progress throughout the NMIs.

- In the field of Josephson arrays, most of the research effort has shifted from developing unbiased arrays towards programmable arrays. Binary divided arrays are being developed mostly for dc-applications and some ac-applications, and voltages up to 5 V and beyond have been generated. Ac pulse driven circuits are being developed for ac-applications, but the voltages obtained so far are in the 1 mV to 100 mV range. Some NMIs in Europe and the United States of America are cooperating with the aim of developing a power standard using two binary divided ac Josephson standards.
- Arrays of QHE resistance standards are being developed at three NMIs, and a successful comparison of resistances in multiples of the QHE standard have been performed. Studies of the ac QHE are continuing and provide input to the CCEM WGACQHR.

- Calculable capacitors are operational in seven NMIs, but only three NMIs have operational research activities in the field. The NMIA is cooperating with the BIPM on the development of an improved calculable capacitor.
- The closure of the “quantum metrology triangle” has been demonstrated by one NMI with an uncertainty of about 1 part in 10^6 , while one other NMI expects to reach this level of uncertainty by 2008. The problem of increasing the current level available from SET pumps is still being pursued. Recent results from a new electron pumping mechanism in GaAs devices, which overcomes the upper frequency limit in earlier pumps, appears to be promising for the possible realization of a current standard for metrology.
- Several laboratories have increased their activities in the characterization of non-sinusoidal or distorted waveforms and are developing the capability to support the traceability of measurement of non-sinusoidal current, voltage and power for frequencies above the mains frequency. This is due to increasing demands from customers and regulations enforced on the quality of electrical power by the authorities. Mainly precision digital sampling methods are used.
- In the radiofrequency metrology field several laboratories reported extension of the range of their calibration capabilities. Traceability of the rise time of fast signals for the calibration of oscilloscopes and THz validation, on-wafer measurements and non-contacting measurements are some of the important themes for research and development.
- There are presently some five watt balances in operation or under development, with a further two under consideration. Four of the watt balance programmes are expecting to have a result in time for the 2010 CODATA adjustment. The best result so far reported is from NIST with an uncertainty of 36 nW/W.

Strategic planning

Many areas of metrology in electricity and magnetism are scientifically mature and as part of its strategic refocus the CCEM has sought to review scientific developments and to identify strategic requirements in electrical metrology looking towards a ten-year horizon. To assist in this process an *Ad Hoc* Working Group, the Working Group on Strategic Planning (WGSP), was established in 2005 and a detailed survey of views from Member States was conducted. The WGSP also played a key role in reviewing the work programme of the Electricity section of the BIPM.

Principal areas of activity identified as important for electrical metrology in the future included:

- Remote calibration based on reliable transport standards and up-to-date communication technologies.
- Calibration services: less demand for the calibration of traditional standards, but increasing demand for the calibration of complex instruments. New techniques are needed to measure arbitrary waveforms.
- Medicine: measurement of small electrical and magnetic signals in the human body, electrochemical measurements of body fluids; improvement of the traceability of electrical measurements made in medicine.
- Nanotechnology: nanomagnetism, spin electronics, new electrical metrology needed to interface nanostructures (e.g. molecules).

- High frequency: extension of the spectrum into the terahertz region (important applications for homeland security).
- Interdisciplinary: knowledge transfer between the field of electricity and other fields; the bridging of different technologies becomes more important.
- Economic issues: additional demands placed on electrical metrology by the increasing international trade in electrical power and the globalization of electrical and electronic manufacturing.
- Knowledge and technology transfer to industry, including transfer in the form of courses.
- Increasing need in optoelectronics.
- Single electronics and photonics.
- Quantum voltage generation and measurement.
- Quantum computing with superconducting qubits.
- Nano-bioelectronics.
- Molecular electronics.
- Nanoscale microwave metrology and spintronics.
- SI traceable high-frequency electromagnetic field measurements.
- Traceable THz metrology and high-speed communications and associated metrology.

The next step in the strategic planning process is to prioritize and identify potential areas of collaboration and commitment from the NMIs.

The BIPM Electricity section work programme

The CCEM reviews the work programme of the Electricity section on a regular basis and monitors progress on its research and core activities. The present plan calls for the section to be a major contributor to the BIPM watt balance and calculable capacitor projects, to develop reference standards for a limited number of key comparisons, to maintain an ongoing programme of key and bilateral comparisons and to provide a limited calibration service. This is a major challenge for a team of only five effective full-time staff. The CCEM supports the work programme but has concerns that there is a need for additional support, particularly for the watt balance activity. It recognizes the severe constraints on staff resources within the BIPM as a whole and has suggested measures that might be considered to reduce the workload in some of its core activities in order to release more effort for its research and development.

Update on key activities

- BIPM watt balance

There has been considerable progress in the BIPM cryogenic watt balance experiment. Many of the components of the system, which will be used at room temperature, have been prototyped and tested. No cryogenic systems have been developed yet; a room temperature prototype is planned by 2008-2009. Personnel from the Mass and Electricity sections are cooperating and the activity was given the highest priority by the CIPM in October 2006.

- Calculable capacitor

A link from the quantized Hall resistance to the 10 pF level of capacitance has been in operation since 1997 and the extension to a calculable capacitor has been developed recently. The link is essential for determinations of the von Klitzing constant from the calculable capacitor. Two new calculable capacitor systems are to be developed by the BIPM and the NMIA. The target uncertainty is 1 part in 10^8 , and the estimated date of completion is early in 2008.

- Calibration services

The BIPM has a commitment to Member States to provide a range of calibration services and in the electrical area these include calibrations of: dc voltage, dc resistance and capacitance, particularly to NMIs in the Member States that do not possess quantum standards. In its review of calibration services the CCEM sought to ensure that these services were performed with minimum impact on the BIPM's resources.

- Key and bilateral comparisons

The section provides ongoing key comparisons of the electrical units in dc voltage (Josephson and Zener standards), dc resistance (QHR and 1 Ω and 10 k Ω wirewound resistance standards) and capacitance (10 pF and 100 pF). By 2008, it is planned that the travelling system used for the comparisons of Josephson standards will be replaced by a more easily transportable automated apparatus. The BIPM also continues to provide on-site comparisons with transportable Josephson and QHR standards.

Conclusion

Since the 22nd meeting of the CGPM there have been major changes in personnel within the Electricity section at BIPM. Three long-serving and outstanding scientists have retired, including the Section Head Dr Tom Witt. Dr Witt has been the international face of electrical metrology for more than thirty years and was Secretary to the CCEM for much of that time. On behalf of the CCEM, I thank him for the valuable contributions and untiring support that he has provided to the Committee over many years.

I also take the opportunity to acknowledge the contributions of a long-serving colleague and fellow member of CCEM, Dr Jan de Vreede from NMI (Netherlands), who unfortunately passed away earlier in 2007.

Finally, I acknowledge the contribution, dedication and commitment of colleagues on the CCEM and the support of the hard-working staff of the Electricity section of the BIPM.

The President opened the meeting for discussion and asked Dr Inglis about the staffing level of the Electricity section of the BIPM; he stressed that it was very important that resources were

made available to the Electricity section for them to continue with their important work of building a watt balance and a calculable capacitor. Dr Inglis outlined the changes that had take place in the Electricity section over that last couple of years and paid tribute to the hard work and dedication of the present staff of the section. The President repeated his comment that the work of the Electricity section was at the heart of modern metrology and that the staffing level should not fall below a critical level.

Prof. Thor (Sweden) asked about the possible redefinition of the base unit of the SI related to the work of the Electricity section; what was the place of the unit of charge in the different schemes of redefinition that had been proposed over the last couple of years? He asked that if the ampere were defined by the fixed electronic charge, might this cause confusion. Dr Inglis replied that the Consultative Committee for Units needed to be very careful in considering which way to redefine the ampere. Both Prof. Bordé and Prof. Mills commented on the various ways that a quantity of electricity could be defined, by using either a base unit or a derived unit.

Dr Sacconi (Italy) asked about the number of Working Groups that existed in Consultative Committees; was this proliferation really necessary and was it a burden on NMIs? Could the work of WGs be handled under specific agenda points of the full Consultative Committee? Dr Inglis replied that the CCEM is always looking at the lifespan and utility of WGs, and is careful to prioritize their work.

18.5 Consultative Committee for Thermometry

Dr Uğur, President of the Consultative Committee for Thermometry (Comité consultatif de thermométrie, CCT), presented his report and spoke about Resolution J.

The CCT has met once since the last General Conference. The 23rd meeting of the CCT took place at BIPM headquarters on 9 and 10 June 2005. Details of this meeting can be found in the report published by the BIPM and on the BIPM's website.

Currently the CCT has nineteen member laboratories and four observers. A considerable amount of work is done by Working Groups between official CCT meetings. During TempMeko meetings in 2004 and in 2007, almost all Working Groups have met. There is also a considerable amount of work done between meetings that are concluded and adopted by the CCT by electronic correspondence and voting. Major ongoing issues, problems and decisions that cannot be resolved by electronic correspondence are scheduled to be discussed in official CCT meetings. The next CCT meeting is planned for May 2008. Dr Uğur would like to thank the CCT for the work done in these four years.

CCT Working Groups

Currently the CCT has nine Working Groups.

Working Group 1: Defining fixed points and interpolating instruments

The terms of reference of CCT-WG 1 are:

- to improve techniques for the realization of defining fixed points and for interpolating instruments;
- to study non-uniqueness and the thermophysical properties of fixed points;

- to update the *Supplementary Information for the ITS-90*;
- to maintain the *mise en pratique* for the definition of the kelvin; and
- to assess needs and formulate plans for the next International Temperature Scale.

To fulfil its mission, WG 1 has continued with the updates to the *Supplementary Information for the ITS-90*, collaborating with WG 3, WG 4, and WG 5 in the incorporation of material on uncertainties, coordinating a task group (including a representative from WG 3, WG 4, and WG 5) to formulate an assessment and possible work plan for the next International Temperature Scale, and preparing and maintaining the *mise en pratique* for the definition of the kelvin. This resulted in the preparation of the document “*Mise en pratique* for the definition of the kelvin”. This document was adopted by the CCT in 2006 by electronic correspondence.

The Triple Point of Water Task Group operates within WG 1.

Working Group 2: Secondary reference points and techniques of approximation to the ITS-90

The terms of reference of CCT-WG 2 are:

- to revise the Techniques for Approximating the ITS-90; and
- to revise and update the list of secondary reference points.

WG 2 is tasked to continue with the updates to the “*Techniques for Approximating the ITS-90*”, including advice on secondary fixed-point construction and operation.

Working Group 3: Uncertainties

The terms of reference of CCT-WG 3 are:

- to establish and recommend methods for quoting uncertainties in realizing the ITS-90 using contact thermometry; and
- to ensure notational consistency in methods for quoting uncertainties for other areas of interest to the CCT (including optical thermometry and humidity).

WG 3 is tasked with continuing the production of a document on uncertainty budgets for contact thermometry, and to act in an oversight role for similar documents produced by other Working Groups.

Working Group 4: Thermodynamic temperature determination and extension of the ITS-90 to lower temperatures

The terms of reference of CCT-WG 4 are: to review and make recommendations concerning thermodynamic temperature determination and the definition of the kelvin. WG 4 is tasked with continuing the production and dissemination of *Supplementary Information for the PLTS-2000* and with monitoring progress on potential redefinition of the kelvin in terms of the Boltzmann constant.

WG 4 has produced a document called “*Supplementary information for the realization of the PLTS-2000*”. This document was approved by the CCT in July 2007.

The President of CCT has asked WG 4 to establish a Task Group for the redefinition of the kelvin (TG-SI). The activities of this Task Group are given in Section 4, “Definition of the kelvin”.

Working Group 5: Radiation thermometry

The terms of reference of CCT-WG 5 are:

- to study, develop and advise the CCT on issues related to optical methods for temperature measurement, including the reporting of uncertainty budgets;
- to maintain good links with the radiometry community; and
- to provide formal liaison between the CCT and CCPR.

WG 5 is tasked with producing a document on uncertainty in radiation thermometry at temperatures below the Ag freezing point, with the coordination of thermodynamic measurement results at higher temperatures, with continuing the examination and coordination of activities related to high-temperature fixed points, and with providing appropriate input into the *mise en pratique* for the realization of the kelvin.

NPL is the liaison to the CCPR.

Working Group 6: Humidity measurements

The terms of reference of CCT-WG 6 are:

- to advise the CCT on matters relating to humidity;
- to produce a working document on principal uncertainty components in humidity measurements for input to Working Group 3; and
- to harmonize the terms and definitions related to humidity measurements.

WG 6 is tasked with continuing production of the document on uncertainty in humidity, with the operation of CCT-K6, and with providing strategic planning information on future key and supplementary comparisons in the field.

WG 6 will also help to organize the next International Symposium on Humidity and Moisture (ISHM) as a joint event with TempMeko 2010.

Working Group 7: Key comparisons

The terms of reference of CCT-WG 7 are:

- to examine all relevant documents for each key comparison, starting with the protocol and ending with the Draft B report;
- to advise the pilot laboratory in preparing the text of the entry to Appendix B of the MRA as required, and to prepare a recommendation on these subjects for approval by the CCT;
- to prepare guidance documents on identifying significant deviations for use by the pilot laboratories; and
- to advise the pilot laboratory in preparing a comparison status document, and to prepare a recommendation for this summary for the CCT.

WG 7 continues to oversee ongoing key comparisons, and the production of guidance documents on comparison deviations. By including pilot laboratories of ongoing and completed CCT key comparisons in the membership of this Working Group the experience and lessons learned during previous comparison exercises is retained.

Working Group 8: 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-WG 8 are:

- to establish and maintain lists of service categories and, where necessary, rules for the preparation of Calibration and Measurement Capabilities (CMC) entries;
- to agree on detailed technical review criteria;
- to coordinate and, where possible, conduct interregional reviews of CMCs submitted by RMOs for posting in Appendix C of the 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; and
- to coordinate the review of existing CMCs in the context of new results of key and supplementary comparisons.

WG 8 is tasked to continue with the creation of CMC review protocols and the review of fast-track CMC submissions for inclusion in Appendix C, along with the identification of new comparisons needed to support CMC submissions.

To facilitate communications among the RMOs, CMC service categories and review protocols have recently been made available in open access on the WG 8 web page.

Working Group 9: Thermophysical properties

The terms of reference of CCT-WG 9 are: to advise the CCT on matters related to thermophysical properties, and to assess the need in this field for a key comparison.

WG 9 is tasked with continuing the production of a document on uncertainty, and with identifying and undertaking suitable pilot studies to establish the state of measurement and maturity of the field.

Key comparisons*Completed, results are published in 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 over the range 83.8058 K to 933.473 K (1997-2001).
- CCT-K4: Local realizations of aluminum and silver fixed points (1998-2000).
- CCT-K7: Water triple point cells (2002-2004).

In progress

- CCT-K5: Realizations of the ITS-90 between 962 °C and 1700 °C using vacuum strip lamps as transfer standards (1997-1999). Report in progress, Draft B.
- CCT-K6: Comparison of humidity standards: dew and frost point temperatures (2003-...).

Other events

Various CCT Working Groups have organized the following international meetings:

- Workshop on Uncertainty in Temperature Fixed Points (2004);
- Workshop on Common Problems in Radiometry and Thermometry (2004);
- Workshop on Uncertainty in Humidity Measurements (2004);
- Workshop on Methods for New Determinations of the Boltzmann Constant (2005);
- Workshop on Progress in Determining the Boltzmann Constant (2006).

Outputs (2004-2007)

The CCT has had a very productive four years. CCT member laboratories have led the research in temperature and related areas of metrology. In addition to the five workshops organized (see above), CCT Working Groups have produced three recommendations to the CIPM and also produced eleven high-quality guidance documents or technical reports.

Recommendations

The CCT in its 2005 meeting has adopted three recommendations to be submitted to the CIPM.

- Recommendation T 1 (2005), on the clarification of the definition of the kelvin, unit of thermodynamic temperature (Document CCT/05-Rec-T1 and CIPM Recommendation 2 (CI-2005));
- Recommendation T 2 (2005), on new determinations of thermodynamic temperature and the Boltzmann constant (Document CCT/05-Rec-T2);
- Recommendation T3 (2005), on the creation of a *mise en pratique* of the definition of the kelvin (Document CCT/05-Rec-T3 and 8th edition of the SI Brochure).

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*.
- 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 uncertainty associated with a 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.

Redefinition of the kelvin

A new task group (TG-SI) was created within WG 4 in response to the CIPM 2005 Recommendation and held its first meeting in October 2006. The terms of reference follow closely CIPM Recommendation 1 (CI-2005), “Preparative steps towards new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole in terms of fundamental constants”:

- consider the implications of changing the definitions of the above-mentioned 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 concerned Consultative Committees or their appropriate 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 necessary conditions to be met before proceeding with changing the definition;
- solicit input from the wider scientific and technical community on this important matter.

The first major output of TG-SI was the report to the CIPM on the implications of changing the definition of the base unit kelvin which was delivered to the CCU in June 2007. Due to the importance of the subject, the executive summary of this report is presented below.

“The International Committee for Weights and Measures (CIPM) approved, in its Recommendation 1 of 2005, preparative steps towards new definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole in terms of fundamental constants. Within the Consultative Committee for Thermometry (CCT), a task group (TG-SI) has been formed to consider the implications of changing the definitions of the above-mentioned base units of the SI, with particular emphasis on the kelvin and the impact of the changes on metrology in thermometry. The TG-SI has presented the results of its deliberations to the CCT and to the Consultative Committee for Units, CCU, and worked with them to prepare this report to the CIPM.

The unit of temperature T , the kelvin, can be defined in terms of the SI unit of energy, the joule, by fixing the value of the Boltzmann constant k , which is simply the proportionality constant between temperature and thermal energy kT . Presently, several experiments are under way to determine k . The TG-SI is monitoring closely the results of all experiments relevant to the possible new definition of the kelvin, and has identified conditions to be met before proceeding with the proposed redefinition. The TG-SI considers that these conditions will be fulfilled before the 24th meeting of the General Conference in October 2011. Therefore, the TG-SI is recommending a redefinition of the kelvin by fixing the value of the Boltzmann constant. As for the wording, an explicit-constant definition with accompanying text explaining how the definition of the kelvin impacts upon primary and practical thermometry is recommended.

The change would generalize the definition, making it independent of any material substance, technique of realization, and temperature or temperature range. In particular, the new definition would improve temperature measurement at temperatures far away from the triple point of water. The benefits to both metrology and science of replacing the current definition of the

kelvin by one that links it to an exact value of the Boltzmann constant k , are viewed as outweighing any marginal increase in the uncertainty of thermodynamic temperature that might result. A new definition of the kelvin in terms of the Boltzmann constant does not require the replacement of ITS-90 with an improved temperature scale nor does it prevent such a replacement.”

Dr Uğur asked those NMI representatives on the various CCT Working Groups who are not active, to become more active. In addition, he stressed the importance of the work of the CCT to the work of other Consultative Committees, and he praised the work of the Executive Secretary of the CCT, Dr Richard Davis.

18.6 Consultative Committee for Photometry and Radiometry

Dr Hengstberger presented the report of the Consultative Committee for Photometry and Radiometry (Comité consultatif de photométrie et radiométrie, CCPR) and spoke about Resolution K.

The CCPR continues to meet at two-year intervals, while most of its Working Groups meet annually. The meeting format was changed to assign the bulk of the meeting time to the Working Groups. The CCPR meeting itself is now mainly a report-back meeting to which the reports and recommendations by all the Working Groups are submitted and considered for formal approval by the full CCPR membership. Where necessary, decisions are also taken by email ballot in between CCPR meetings.

A Code of Procedure for Working Groups and Task Groups was approved and the terms of reference of all Working Groups were reviewed and formalized.

Since the 22nd meeting of the General Conference, the CCPR has held two meetings, both at BIPM headquarters. The first took place on 25-26 October 2005 and the second on 21-22 June 2007. In both cases, the meetings were preceded by a full round of Working Group meetings. The CCPR activities receiving the most attention were the following:

- processing and evaluation of key comparison data;
- completion of the first edition of the CCPR-specific guidelines for key comparisons;
- consolidation and extension of the service categories for the CMC database;
- evaluation of CMC submissions by the CMC Working Group;
- formation of a Working Group on Strategic Planning;
- winding-up the work of the UV Radiometry Working Group; and
- review of the progress in the member laboratories.

A new appendix on the treatment of photobiological quantities (Appendix 3) in the new edition of the SI Brochure was drafted and approved by both the CCU and the CIPM. This was followed by the signing of a formal working arrangement between the CIPM and the International Commission on Illumination (CIE) in April 2007, which had been recommended by the CCPR because of the close relationship between the definition of the candela in the SI and the standardization of the action spectra for the human eye by the CIE. These two pillars jointly form the basis of practical physical photometry worldwide. The part of Appendix 2 of the SI Brochure dealing with the practical realization of the definition of the candela was also updated. Further updates may be required in the future to deal with impending new CIE action spectra for

the human eye, particularly for mesopic vision. At that stage, a revision of the 1983 BIPM monograph on *Principles Governing Photometry*, which is essentially the *mise en pratique* for photometry, will also be appropriate. In terms of the Memorandum of Understanding (MOU) on cooperation with the CIE, this may well be done jointly with the CIE, which has a similar publication waiting for revision. In view of the global importance of SI-traceable measurements to monitor climate change, a recommendation on this subject was formulated and is attached as Annex 1.

The CCPR reaffirmed its view that the candela as a coherent, photobiological SI base unit represented an important example of an SI with relevance not only in physics, but also in chemistry, biology and other areas of science and technology, where the present SI was not always perceived as fully applicable. A CCPR Working Group is also looking into possible ways of reformulating the definition of the candela such as to link it to the Planck constant, h , to provide for the additional needs of emerging sectors such as quantum-based technologies.

The membership of the CCPR was expanded to include SPRING (Singapore) and UME (Turkey), and a recommendation was made to the CIPM to accept the membership application of CENAM (Mexico). Another recommendation to the CIPM concerns a CCPR Observer status for the World Meteorological Organization (WMO) and the International Commission on Illumination (CIE) in terms of the MOUs on cooperation signed recently between the CIPM and these organizations.

Working Group on Calibration and Measurement Capabilities (WG-CMC)

The terms of reference of the WG-CMC were reviewed and finalized as follows:

- 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 interregional reviews of CMCs submitted by RMOs for posting in Appendix C of the 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; and
- 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 Regional Metrology Organizations (RMOs) in the field of photometry and radiometry. The chairmanship of the WG-CMC is held by the RMO TC chairs on an annually rotating basis.

From 2005, new proposals for CMCs in photometry and radiometry will only be reviewed once a year. The proposals have to be submitted to RMOs during October and the intra-RMO review has to be completed by February of the following year. The inter-RMO review process will then start on 1 March each year.

The Working Group is preparing a table relating CMCs to key comparisons required as supporting evidence.

At this stage, 37 countries from all RMOs have entries for services in photometry and radiometry in the KCDB. These services cover about 60 different quantities for approximately 80 different combinations of parameters in the fields of:

- photometry (light measurement as perceived by the human eye);
- properties of sources and detectors;
- properties of materials; and
- fibre-optics;

These services are in many different ranges and wavelength regions ranging from the vacuum ultraviolet to the far infrared. The total number of CMC entries for the fields of photometry and radiometry in the CIPM MRA database (KCDB) in October 2007 stands at 1010. This represents the bulk of all the services by CIPM MRA signatories in these fields. New CMC submissions and modifications of existing CMCs have reached a maintenance level, which requires far fewer RMO review resources than were required in the first years after the signing of the CIPM MRA.

Working Group meetings during the reporting period were held in Gaithersburg, United States of America (May 2004), Querétaro, Mexico (October 2006) and Paris, France (October 2005 and June 2007).

Working Group on Key Comparisons (WG-KC)

The WG-KC was originally chaired by Dr Al Parr of the NIST (United States of America). He was later replaced in this function, at his own request, by Dr Yoshi Ohno of the same institution. The terms of reference of the Working Group were reviewed and approved as follows:

- 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 global MRA between NMIs;
- 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 database;
- to provide supplementary guidelines and/or interpretations to the guidelines on conducting key comparisons included in the CIPM MRA, specifically for 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; and
- 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 all of these comparisons has either been completed or is in progress. They are often divided into different sub-comparisons for different wavelength ranges requiring different instrumentation and techniques. The WG-KC has one or more task groups for each

ongoing key comparison. In the case of key comparisons of the same parameter 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.

The WG-KC agreed on some general, CCPR-specific recommendations to task groups regarding the calculation of key comparison reference values. An additional task group responsible for the CCPR guidelines for comparison report preparation under Dr Ohno (NIST) made significant progress during the reporting period and a first version of its guidelines, covering the most important issues, was approved by the CCPR. It is already in use for the current round of comparisons. Further topics (for example, the treatment of outliers) require further deliberations and the applicable chapters will be added to the existing report guidelines when they are completed and agreed upon.

The WG-KC also agreed that it requires the following conditions when selecting participants for any CIPM key comparison in photometry and radiometry:

- CCPR membership;
- independent scale realization; and
- CMC coverage of the quantity over the whole wavelength range at the time of the call for participants.

For new key comparisons, meeting condition 3 will not be required. In some exceptional circumstances, the WG-KC can be approached for waivers of one or more of these conditions for a particular comparison. If the total number of participants is twelve or less, all applicants are accepted. If the total number of participants exceeds twelve, it is proposed that each RMO Group will limit the number of participants as follows:

Maximum number of participants

Group 1: EURAMET + COOMET	6
Group 2: APMP + SADC MET	4
Group 3: SIM	2

The method of selecting participants will be up to each RMO Group. A document describing these rules will be prepared and distributed for CCPR approval.

The WG-KC further agreed that only those bilateral comparisons that will correct errors in the measurement of the CCPR KCs already carried out will be designated CCPR bilateral comparisons. All other bilateral comparisons (to align NMIs to KCRVs in past KCs) will be designated RMO bilateral comparisons.

Agreement was also reached on membership criteria for the Working Group.

As far as the individual key comparisons are concerned, the first round is nearing completion and an agreement has been reached on starting the second round of CCPR key comparisons in 2009. The first of the second-round comparisons will be CCPR-K6. The sequence of the other

second-round comparisons still needs to be fixed by the WG-KC and the pilot laboratories have to be selected.

Working Group meetings during the reporting period were held in Gaithersburg, United States of America (May 2004), Querétaro, Mexico (October 2006) and Paris, France (October 2005 and June 2007).

1st CCPR key comparison of spectral irradiance (CCPR-K1) - Ongoing

This comparison was carried out separately over two overlapping wavelength regions. The first (CCPR-K1.a) covers the region from 250 nm–2500 nm and was piloted by the NPL (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland). It had twelve participants and was carried out in three phases with four laboratories per phase. The final report of the comparison was published, as was the result of a bilateral comparison (CCPR-K1.a.1), linking SPRING (Singapore) to CCPR-K1.a, via the common participant NMIA.

The second sub-comparison (CCPR-K1.b) takes place in the ultraviolet region (200 nm–400 nm). It involves five laboratories. The measurements have been completed and the pilot laboratory (PTB, Germany) has already issued the pre-Draft A report to participants. The final report is scheduled for completion by April 2008.

1st CCPR key comparison of spectral responsivity (CCPR-K2) – ongoing

For this comparison the wavelength range covered is divided into the three overlapping regions 900 nm–1600 nm (CCPR-K2.a), 300 nm–1000 nm (CCPR-K2.b), 200 nm–400 nm (CCPR-K2.c) and the three sub-comparisons were piloted by the NIST, BIPM and the PTB, respectively.

The NIST is preparing Draft A-3 of comparison CCPR-K2.a and a final report should be completed by 2008.

Comparison CCPR-K2.b has been completed and the results were approved for equivalence and published in *Metrologia*, 2004, **41**, *Tech. Suppl.*, 02004.

Comparison CCPR-K2.c, involving 14 participants has started and measurements are due to be completed by October 2007. Draft A is scheduled for distribution during April 2008.

1st CCPR key comparison of luminous intensity/luminous responsivity (CCPR-K3) - Completed

The two sub-comparisons CCPR-K3.a using luminous intensity standard lamps and CCPR-K3.b using photometric detectors have been finalized. CCPR-K3.a, piloted by PTB, was completed already in 1999 and the results are included in Appendix B of the MRA database. CCPR-K3.b, piloted by BIPM, has also been completed, and was approved for equivalence and published in *Metrologia*, 2004, **41**, *Tech. Suppl.*, 02001. Two subsequent bilateral comparisons between NMIA and SPRING (CCPR-K3.b.1) and between HUT and KRISS (CCPR-K3.b.2) were also completed during the reporting period.

1st CCPR key comparison of luminous flux (CCPR-K4) - Completed

No further developments at this stage.

1st CCPR key comparison of spectral diffuse reflectance (CCPR-K5) - Ongoing

All the measurements by the twelve participating laboratories have been completed and pre-Draft A has been accepted by all participants. Results of some bilateral comparisons linked to CCPR-K5 will be processed only after the completion of the main comparison.

1st CCPR key comparison of spectral regular transmittance (CCPR-K6) - Ongoing

The fifteen participants have completed their measurements and Draft A-2 has already been circulated. The final report is expected during 2008.

Supplementary comparisons

Apart from coordinating the key comparisons, the WG-KC also monitors progress with three first-round supplementary comparisons. In line with a CCPR decision, there will be no more supplementary CCPR comparisons after the first round is completed. Instead, supplementary comparisons will in future only be conducted at the RMO level.

The first supplementary comparison (CCPR-S1) deals with spectral radiance measurements and is piloted by VNIIOFI (Russian Federation). The measurements are complete and the Draft A has been sent to the participants.

Supplementary comparison CCPR-S2 deals with measurements of the aperture areas of absolute radiometers and is piloted by the NIST. It has been completed and published in *Metrologia*, 2007, **44**, *Tech. Suppl.*, 02002.

The original supplementary comparison CCPR-S3 deals with the comparison of cryogenic absolute radiometers was conducted over the period 1996–1999 by the BIPM and published in *Metrologia*, 2003, **40**, *Tech. Suppl.*, 02001. Subsequently, several bilateral comparisons were conducted to link to CCPR-S3. The measurements are finished and the pre-Draft A report is being prepared.

Pilot studies

A comparison of spectral responsivity in the wavelength range 10 nm–20 nm is being conducted with three participants (NIST, NMIJ, PTB), with the PTB as the pilot laboratory. The protocol is approved and the comparison artefacts were characterized and measured at the PTB. The measurement process started in July 2006 and is in progress. Draft A is expected by the end of 2007.

Working Group on UV Radiometry (WG-UV)

Until its dissolution in June 2007, the Working Group had the following approved terms of reference:

- to study the measurement problems in the UV range and encourage coordination of the work of NMIs in that field; and
- to take initiatives aimed at improving worldwide equivalence in the field of UV radiometry, taking into account not only traditional techniques but also techniques such as synchrotron radiation, cryogenic radiometry and novel techniques for improving the stability of transfer standards.

This Working Group was the only one dealing with a specific technical field within photometry and radiometry. It was formed to forge a closer link between the different areas of UV

radiometry, particularly between traditional UV radiometry and the synchrotron radiation community. With this objective having largely been achieved over the past decade, it was decided at the 2007 meeting to disband the WG-UV and to continue its work in the context of other appropriate technical Working Groups, which will be formed after a review of the overall CCPR Working Group structure by the new Strategic Planning Working Group (WG-SP).

The WG-UV was chaired until June 2007 by Dr E. Ikonen of HUT (Finland).

Working Group meetings during the reporting period were held in Gaithersburg (May 2004) and Paris (October 2005 and June 2007).

Working Group on Strategic Planning (WG-SP)

The new WG-SP was formed after a decision at the 2005 CCPR meeting, following a recommendation to all Consultative Committees in this regard by the CIPM. Its draft terms of reference (approved at WG-SP meeting of June 2007) are as follows:

- 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; and
- monitor developments with respect to the future of the SI.

One of the first tasks accomplished by the Working Group was the drafting of an input on photometry and radiometry for the 2nd CIPM *Kaarls Report*. The Working Group also prepared an update of the practical realization of the definition of the candela in Appendix 2 of the SI Brochure, which has been published on the BIPM website. It further formulated a response to the CIPM/CCU on the impact of the proposed redefinition of some of the SI base units on the definition of the candela, stating in essence, that the impact on photometry and radiometry is negligible.

In view of the planned update of the 1983 BIPM publication *Principles Governing Photometry*, an electronic version was prepared by the Executive Secretary of the CCPR.

One of its most important outstanding tasks, to be completed by a task group by the end of 2007, is to recommend an optimum Working Group structure, including technical Working Groups, for the CCPR.

The Working Group is also investigating a possible reformulation of the candela definition and its potential impact on industry. By linking the definition of the candela to the Planck constant, h , it may better serve the additional needs of emerging sectors such as quantum-based technologies.

Working Group meetings during the reporting period were held in Querétaro, Mexico (October 2006) and Paris, France (June 2007).

Liaison with the CCT on work in radiation thermometry

Dr Nigel P. Fox (NPL) represents the CCPR as an Observer on CCT Working Group 5 (Radiation Thermometry). The CCPR is particularly interested in progress made by this Working Group on establishing high-temperature fixed-points for primary thermometry using metal-carbon eutectics. Of interest to photometry is a molybdenum carbide-carbon eutectic,

which has a eutectic point close to 2856 K. The CCPR will continue to follow these developments with interest and interact with the CCT Working Group when and where required.

Annex 1

RECOMMENDATION P 1 (2005)

On the importance of SI traceable measurements to monitor climate change

The Consultative Committee for Photometry and Radiometry (CCPR),

recalling Resolution 4 adopted by the General Conference on Weights and Measures (21st meeting, 1999) concerning the need to use SI units in studies of Earth resources, the environment, human well-being and related issues,

considering

- the increasing importance of optical radiation-based measurements from ground, air and space which support research into the understanding of the causes and impacts of climate change;
- the cooperation between the World Meteorological Organization (WMO), the BIPM and the CCPR, relating to the metrological needs of the WMO;
- the difficulty of demonstrating and maintaining traceability to the International System of Units (SI) in the space environment and because the levels of accuracy needed are often more demanding than those needed to satisfy current industrial requirements;
- the particular need for space-based experiments to be traceable to SI units and the difficulty of obtaining a calibration during the operational phase of a mission;

strongly **recommends** relevant bodies to 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; and further **recommends** appropriate funding bodies to 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 space.

The President opened the meeting for discussion and asked Dr Hengstberger that as light intensity is related to the electric field through ε_0 , which depends upon μ_0 , care must be taken when considering possible redefinitions of the ampere. Prof. Mills asked Dr Hengstberger if there was the current status of a possible redefinition of the candela. Dr Hengstberger replied that a Working Group was looking at this problem, but it was unlikely to report before the 2011 meeting of the General Conference.

18.7 Consultative Committee for Ionizing Radiation

Prof. Moscati, President of the Consultative Committee for Ionizing Radiation (Comité consultatif des rayonnements ionisants, CCRI) presented his report.

Since the 22nd meeting of the General Conference in 2003, the CCRI and each of its three sections, Section I (X- and γ -rays, charged particles), Section II (Radionuclide measurements) and Section III (Neutron measurements) have each met twice, 18-27 May 2005 and 14-31 May 2007. During these meetings three seminars were presented: a Section II seminar on high power laser production of radionuclides for positron emission tomography in 2005; a Section I seminar on a novel concept for a compact proton accelerator for radiotherapy in 2007; and a Section III seminar on future challenges in neutron metrology in 2007. Each of these seminars was well received and thought-provoking for the future needs in ionizing radiation metrology. In addition to the seminars, the BIPM organized a Section II workshop on comparison results in 2004, a Section I workshop on measurement uncertainties in 2005 that included an invited seminar on the Monte Carlo method to evaluate uncertainties, and jointly with the LNE-LNHB a Section I workshop on primary standards for dosimetry in 2007. The two dosimetry workshops were arranged to be held immediately prior to the Section I meetings and, in 2007, the LNE-LNHB took the lead organizational role. Both workshops were hailed a success by the participants and future workshops were proposed. The CCRI has ten Working Groups that meet as necessary, the key comparison and CMC groups meeting at least once per year. Running the three section meetings contiguously is a heavy workload for the BIPM and also for the CCRI President and although it seems to satisfy the present needs of the CCRI members, a slightly different way of working may be necessary in the future.

Membership of the CCRI sections is reviewed each year and proposals are put to the CIPM for approval of these changes as they arise. All the NMIs that maintain primary facilities are represented and some representation of secondary facilities is also included, usually as Observers. In particular the CCRI and the BIPM are pleased to support the IAEA and the WHO in their role of disseminating standards to non-Member States in the interest of human health worldwide, and the IAEA currently has Observer status on each of the three sections. It is appreciated that the IAEA continues to support the nuclear data evaluations that have been included in the *Monographie 5* series of BIPM publications since 2004 and also takes a role in piloting international supplementary comparisons.

The key role of the CCRI is to bring together representatives of the world's ionizing radiation metrology institutes and the relevant international organizations, such as the IAEA and international bodies such as the International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), to provide a forum in which they can reach consensus on measurement issues. In particular, the past four years of collaboration have produced several important outcomes that are highlighted below in the section paragraphs.

All the work initiated by the CCRI, both at the BIPM and at the NMIs, provides a secure and permanent link between ionizing radiation standards metrology and the SI. As usual, the BIPM presented its future work programme to the CCRI in 2005 and incorporated their comments regarding the priorities. The CCRI gave strong support to the programme that incorporated their subsequent recommendation to plan for an international facility for high-energy photon and electron beams at the BIPM. This would underpin the requirement for NMIs to demonstrate their equivalence for dosimetry in accelerator beams. Such beams are now the predominant technology in radiotherapy clinics, having many advantages for patient treatment over the use of ^{60}Co . A clinical accelerator at the BIPM, using the new reference standard under development,

would enable the NMI network to have increased confidence in its measurement capabilities and would, as happened with the use of the BIPM international reference standard for cobalt, reduce interlaboratory comparison uncertainties.

The wide variety of applications of ionizing radiation in medicine, science and technology calls for measurements covering a wide range of radiation types, energies and doses. At one end of the scale, measurements in the medical and industrial fields usually involve high levels of activity (from TBq to PBq), together with high dose levels (from Gy to MGy). At the other end, measurements for activity in the environment and to support health legislation need to cover low levels of activity (from Bq to kBq) and low doses (μ Gy to mGy). Many requirements in the medical area lie between these extremes. At all levels, there is increasing government interest to support the demands from users and regulators for ionizing radiation measurements, and an acknowledgement of the need internationally for all radiation measurements to be fully linked to the SI. The pressure to reduce uncertainties in measurement arising from stakeholders provides a strong incentive for NMIs to keep ahead of requirements in the field.

The following paragraphs highlight the work of the CCRI sections, which are closely linked to the associated activity of the BIPM, and are described in section order. Further details may be found in the CCRI proceedings on the BIPM website.

X- and γ -rays, charged particles

A major preoccupation of the CCRI(I) since 2003 has concerned the proposed changes to national air kerma standards with recommendations for their implementation. In 2007, the Committee endorsed a proposal by the BIPM to revise the international standard for ^{60}Co air kerma and the consensus on the changes to be made has enabled a series of BIPM ongoing comparisons to reach a successful conclusion with the results published in the KCDB. The 2005 one-day workshop on measurement uncertainties reported a number of recommendations to the CCRI(I) and particularly the need for new work on the physical constants used in dosimetry that still represent a major source of uncertainty. This work has been taken up by the ICRU with input from the BIPM. The workload of key comparisons has required a temporary extension of the period of validity to provide support for the large number of dosimetry calibration and measurement capabilities now in the KCDB. This resulted in a recommendation to the CIPM that this be permitted when the standards being compared are sufficiently stable. The programme of work proposed for the BIPM for the period 2009-2012 and which is fully in support of the NMI programmes was fully endorsed, with strong support for the medium-term proposal for an international brachytherapy standard. A Working Group has been established to implement this proposal and a workshop on brachytherapy dosimetry standards is planned for 2009. In 2005, the CCRI(I) also supported the long-term work-plan for the BIPM, and in particular proposed that high-energy (up to 20 MV) standards be available at the BIPM. The expansion of high-energy X-ray and electron facilities at many of the NMIs was emphasized by the announcement during the CCRI meeting in 2007 of major new funding for the ARPANSA to acquire a clinical accelerator and so reinforcing the recommendation for an international facility at the BIPM, particularly following the support in principle for this from the CIPM.

In 2007, the CCRI(I) meeting was preceded by a three-day workshop on air kerma and absorbed dose standards organized jointly by the LNE-LNHB and the BIPM. Again an outcome of the workshop was a series of recommendations that were endorsed by the CCRI(I) and which identified future issues that should be addressed by the NMIs and the BIPM. At each meeting the member laboratories presented highlights of their work with emphasis on developments in their

national standards and there were several reports on the development of standards and measurement techniques for low-energy X-ray beams produced by synchrotron facilities with indications that the relationship between air kerma and exposure may need to be revised for these low-energy beams. The seminar on the prototype dielectric-wall accelerator for proton and other charged particle radiotherapy highlighted the need for proton dosimetry standards to be ready to meet the expected increase in demand. The CCRI(I) recommended to the CIPM that the name of the section be modified, from “X- and γ -rays, electrons” to “X- and γ -rays, charged particles”, to emphasize the increased need for charged particle dosimetry that has taken place over recent years. The CCRI(I) is planning a special issue of *Metrologia* on ionizing radiation dosimetry standards and the schedule for this was approved in May 2007.

Radionuclide measurements

Since 2003, the main issues addressed by the CCRI(II) related to key comparisons and CMCs of the CIPM MRA. By May 2007, over 2200 CMC entries had been published for the dissemination of activity measurements and the question of how many key comparisons would be needed to support these CMCs has resulted in an innovative solution. As a result, a system has been developed for the categorization of radionuclides that would enable national measurement institutes to demonstrate their measurement capability while avoiding the present heavy workload of participation in key comparisons. In this approach, radionuclides have been grouped together according to their measurement method and an ability to make measurements on one radionuclide of the group is assumed to mean that the NMI is equally competent to make similar measurements on the other radionuclides in the same group. This categorization (“generic groupings of measurement methods”) was also used as the basis for agreeing a long-term programme of key comparisons at a reduced frequency of only one radionuclide per year compared with the very heavy workload in the previous programme. The so-named Generic Groupings Table is published openly on the CCRI web page and gives values for practicable uncertainties for each radionuclide that can be measured by the appropriate measurement methods. Agreement was also reached on extending the CMC entries to cover measurements of radionuclides in reference materials, with support in terms of CCRI supplementary comparisons.

The CIPM comparisons of activity measurements include CCRI(II) absolute measurements as well as BIPM ongoing relative measurements, of many different radionuclides. In CCRI(II) comparisons, aliquots of a radioactive solution are distributed at a given date among the participants. At this point, it has to be remarked that the transportation of even small quantities of radioactive material has become increasingly complicated, with fewer carriers accepting such packages, partly because of the administrative and legislative burden this places on them. The BIPM relative measurements for comparisons use the International Reference System (SIR) to which samples of any suitable γ -emitting radionuclide are submitted at any time by NMIs for comparison against the SIR reference sources. A particular success has been the inclusion of $^{99}\text{Tc}^m$, a short-lived radionuclide used extensively in nuclear medicine. During the past two years the BIPM has extended its Quality System to include the SIR, which assures the traceability of the measurements. New procedures have been agreed for submission of samples to the SIR and for their inclusion in the key comparison reference values. Currently, the degrees of equivalence for sixty-nine CIPM and eleven linked RMO key comparisons are published in the KCDB. Sixteen other CIPM and four RMO key comparisons are in progress.

The proposals for the medium and long-term programme of work at the BIPM in radionuclide metrology were strongly supported, which includes the development of a transfer system for

short-lived radionuclides for NMIs that are located far from the BIPM, a method using liquid-scintillation counting to extend the SIR to cover alpha and beta emitting radionuclides and an extension to the primary counting methods at the BIPM.

The CCRI(II) project to produce a stable and reproducible standard ionization chamber, realizable by any NMI and thus facilitating comparisons of gamma emitters, has made some progress and a Working Group is giving this project renewed impetus to overcome the initial setbacks.

This year has seen the successful publication of the special issue of *Metrologia* on Radionuclide Metrology [2007, **44**(4)] with nineteen invited papers covering all the principal aspects of activity measurements. This was a major achievement by the two guest editors from the CCRI(II) and the members of their Working Group, all of whom are to be congratulated.

Neutron measurements

The main issues discussed at the two Section III meetings were the organization and results analysis from three key comparisons, a major comparison on fast neutron fluence rate measurements has recently been published and the other two comparisons, one of which is on neutron source emission rate, are also close to successful conclusion. A key comparison of thermal neutron fluence rate measurements is in progress and running well.

Two supplementary comparisons led by EURAMET, but also involving other RMO participants, were discussed; these involve radiation protection survey-meter calibrations and neutron fluence rate measurements in the range 15.5 MeV to 19 MeV.

Prof. Moscati is happy to report that as a result of an increased interest in neutron metrology and an expansion in participation at the CCRI(III), an extra day was allowed for the meeting in 2007 and this enabled the participants to present their laboratory work, which encouraged a useful exchange of questions and ideas. This knowledge transfer is seen as an important part of the work of the section and the full laboratory reports are available on the CCRI web page, together with bibliographies of published papers and slides of presentations, as an information base for metrologists in this field. In 2007, a presentation by the VNIIM on the “Evolution of neutron source strength measurement comparisons” illustrated the difficulty of maintaining neutron standards at low uncertainties, while the invited Seminar by the past Chairman of CCRI(III) on “Future challenges in neutron metrology” demonstrated clearly the need for increased efforts in this field.

Plans for a special issue of *Metrologia* to be published in 2009 were also discussed.

At the end of 2005, Dr H. Klein (PTB) retired as the Chairman of Section III and Dr D. Thomas (NPL) was invited to take on this role.

Conclusion

Prof. Moscati commented that the year 2007 sees his final participation in an official capacity as the President of the CCRI; a role that was designated to him in 1995 after his election to the CIPM. Next year will see the 50th anniversary of the setting up of the Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants (CCEMRI) as it was originally named. This event will be celebrated in 2009 at which time all three special issues of *Metrologia* should have been published and will reflect the advances in the field and the contributions of the CCRI over

the past 50 years. In conclusion, he thanked the BIPM Ionizing Radiation section, the CCRI Executive Secretaries, past and present, and the Chairmen of the three CCRI sections. In addition, he thanked all the Member States that contributed so fully to the CCRI and its work, and also wished his successor as much enjoyment in his new role as President as he had himself.

Dr Leitner (Austria) asked Prof. Moscati about the energy range of the linear accelerator being considered by the BIPM. Prof. Moscati replied that it was up to 20 MeV-25 MeV.

18.8 Consultative Committee for Amount of Substance

Dr R. 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 his report.

Metrology in chemistry and biotechnology

Since the 22nd meeting of the General Conference, the CCQM has met in April each year at BIPM headquarters. During this meeting all seven CCQM Working Groups have also met at BIPM headquarters. Occasionally, the CCQM Working Group on “Key Comparisons and CMC Quality” and the CCQM Advisory Group on the BIPM work programme in chemistry met at BIPM headquarters during the weekend before the main meeting.

The number of Members and Observers has grown over the last four years as a consequence of the development of metrology in chemistry in the Member States and the Associates of the CGPM, as well as by the rapidly growing interest of other intergovernmental organizations and international bodies. This of course reflects the ever-expanding interest of trade, industry and society in reliable, comparable and traceable measurements in all fields of chemistry.

In April 2007, the CCQM had twenty-four Member organizations and eight Observer organizations. Among the Member organizations are the International Atomic Energy Agency (IAEA), the Institute for Reference Materials and Measurements (IRMM) of the Joint Research Centre of the European Union, the International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine (IFCC) and the International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC).

The broad interest in metrology in chemistry is also clearly demonstrated by the participation in the activities of the CCQM Working Groups of many NMIs and Designated Institutes that are developing their own metrology in chemistry capabilities. These developing NMIs and other potentially Designated Institutes can join in so-called pilot studies to learn from them and to benchmark their capabilities.

The broad and important scope of activities of the CCQM is also demonstrated by the participation of a continually increasing number of intergovernmental organizations and international bodies, such as the IAEA, World Meteorological Organization (WMO), World Health Organization (WHO), Codex Alimentarius Commission of the WHO and the UN Food and Agricultural Organization (FAO), IFCC, World Anti Doping Agency (WADA), IUPAC, ISO REMCO (Reference Materials Committee of the International Standardization Organization), International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), international forensic sciences community, Pharmacopeia, genetically modified organisms (GMO) testing laboratory community and a number of international industry associations.

There is a difference in the general mode of operation of “chemical” metrology compared to “physical” metrology, where the RMOs are active in organizing regional key comparisons that are linked to the global key comparison. In “chemical” metrology most of the comparisons are carried out immediately on a global scale. The reason for operating this way is that, in general, there is only one unique opportunity to have suitable sample available for a comparison. In general, the number of available samples does not create a limit to the number of participants.

As a consequence, the activities of the RMOs in the field of metrology in chemistry are rather limited and in most cases concentrate on training, knowledge transfer and bench marking of the NMIs and other potential Designated Institutes in preparation for participation in the activities of the CCQM and its Working Groups. An exception to this way of working is the development in the area of gas analysis, where more and more RMO key comparisons are being organized.

Over the last four years, members of the CCQM have participated in and contributed to many international symposia and workshops. In particular, for reasons of removing technical barriers to trade, the protection of life and the improvement of the quality of life in all countries, there is growing interest in the improvement of the reliability, comparability and accuracy of chemical measurements.

Overall the following areas of priority have been indicated:

- food safety and nutritional content;
- clinical measurements;
- environmental measurements (pollution control and climate change);
- metals and other (raw) materials; and
- energy sources, including fossil, bio and hydrogen energy sources.

Of course, depending on the specific needs of a country, there may be other priorities, but in general one can conclude that the work carried out by the CCQM Working Groups is determined by the priorities set above.

CCQM Working Groups

The major activities by the CCQM can be identified in the “studies” and “key comparisons” that are carried out by the seven CCQM Working Groups:

- Working Group on Organic Analysis, chaired by the NIST (United States of America),
- Working Group on Inorganic Analysis, chaired by the LGC (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland),
- Working Group on Gas Analysis, chaired by the NMi VSL (Netherlands),
- Working Group on Electro-chemical Analysis, chaired by the SMU (Slovakia),
- Working Group on Bio-analysis, chaired by the LGC (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland),
- Working Group on Surface Analysis, chaired by the BAM (Germany),
- Working Group on Key Comparisons and CMC Quality, chaired by the NMIA (Australia).

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 carried out. The lists of studies, key comparisons and results are published on the BIPM website.

Currently, the number of key comparisons and pilot studies is still growing in order to underpin the very wide area of claimed CMCs in metrology in chemistry.

Nevertheless there are still several areas of claimed CMCs where evidence of the reliability based on the results of a study or key comparison is not yet available. So, the Working Group on Key Comparisons and CMC Quality has made up a list of priority areas that have to be considered in greater detail by a study or key comparison.

In order to limit the enormous burden on the NMIs in carrying out key comparisons and pilot studies, a study has started to reconsider the way in which they operate.

Almost all CCQM Working Groups meet twice a year, once at BIPM headquarters just before the plenary CCQM in April and once during the second half of the year. In general, this last meeting is held at one of the member institutes of the Working Group. When hosting one or more 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. These symposia contribute to creating greater awareness and help explain the results and benefits of the work by the CCQM and its importance to the CIPM MRA. In return, these meetings provide a lot of feedback about national and regional requirements. The meetings are occasionally combined with a peer review visit to the chemical division of the host institute. This, combined with laboratory visits to the host NMI, are contributing to the further improvement of the capabilities and competences of the NMIs, and to building mutual confidence between the NMIs.

As many NMIs in the field of metrology in chemistry are still in a development phase, the CCQM has developed a policy of assisting these NMIs by admitting them as guests and observers to the CCQM Working Groups and allowing them to participate in studies. The prior participation in studies avoids the danger of having incorrect results by direct participation in key comparisons, the results of which would subsequently be published in the KCDB.

It has to be remarked here that there is a difference from the situation in most other fields of metrology, in that there are, in general, no limitations to the number of participants in the studies and key comparisons as there are, in most cases, sufficient samples available.

Scientific developments/difficulties/issues to be addressed

The area of metrology in chemistry is very wide-ranging, with thousands of different measurands/analytes embedded in an even bigger number of chemical matrices. Therefore the preparation of the chemical sample before it can be measured is a critical part of the whole measurement procedure. In many cases, the largest uncertainty component originates in this phase of preparation. Further, in order to be able to calibrate the analytical equipment for all the different measurands, many different calibration solutions and certified reference materials are needed. An extra complication is that dependent on the chemical matrix under measurement, the measurement device may behave differently and deliver different results. That means that the analytical equipment and the measurement process have to be validated or calibrated with a Certified Reference Material of, as far as possible, the same composition as the material under measurement.

These requirements mean that calibration can be a costly and time consuming activity. The NMIs and other designated laboratories, that deliver traceability to their customers, have to participate in a large number of different pilot studies and key comparisons.

Other issues that need to be addressed include:

- Education on metrology in chemistry, including the understanding of traceability and measurement uncertainty;
- Understanding and research with respect to the definition of the measurand: much of the discrepancy between measurement results obtained by laboratories is caused by not having precisely defined the measurand one wishes to measure, and not being sufficiently aware whether one is really measuring what one intends to measure;
- Method dependent measurement results;
- Matrix problems;
- Commutability in clinical and therapeutic measurements;
- Inhomogeneity and stability problems;
- The use of non-SI units in those cases where traceability to SI is not (yet) achievable; for example, WHO units for biological activity.

Working Group on Organic Analysis

This Working Group has carried out studies and key comparisons on, among others, the following topics:

- ethanol in water and aqueous matrix;
- chlorinated pesticides;
- nutrients in infant and adult formula;
- PCBs congeners in tissue;
- malachite green in fish;
- chloramphenicol in food;
- pyrethroids in apple juice;
- moisture in grain;
- organic components and contaminants in alcoholic beverages;
- organic contaminants in mussel tissue;
- p,p'-DDE in corn oil and fish oil;
- p,p'-DDT in fish oil;
- gamma-HCH in fish oil;
- atrazine;
- digoxin;
- VOCs in organic solvents;

- cholesterol, glucose and creatinine in serum;
- LSD and anabolic steroids in urine;
- drugs of abuse in urine;
- progesterone in serum;
- PAHs in solution, soils and sediment;
- PCBs in sediment;
- di- and tributyl tin in sediment;
- organic calibration solutions (PAHs, PCBs, pesticides);
- purity of compounds (glucose, DDE, xylene, TBT, etc.);
- NMR studies.

This list is not at all exhaustive, but indicates the major areas of activity.

All activities aim to test the claimed competences and the measurement and calibration capabilities of the NMIs and other Designated Institutes and to demonstrate comparability of measurement results. Almost all results, after a first study, are satisfactory with measurement uncertainties in the order of 1 % to 3 % or better. Very good results were also obtained on the progesterone comparison that was carried out in close cooperation with the WADA.

During the last meeting of the Organic Analysis Working Group, studies and comparisons were agreed on:

- proximates such as fat, for example, in milk; and
- proteins.

It is expected that this Working Group will look further into the needs of the food sector, clinical chemistry and forensics, while more work is to be expected on purity analysis.

Working Group on Inorganic Analysis

This Working Group has carried out pilot studies and key comparisons on the following topics:

- trace elements in serum (Pb, Se);
- Ca in serum;
- As in fish and shellfish;
- As, Se, Hg, Pb, methyl-Hg in tuna fish and salmon;
- Pb, Cu, Cd, Zn, etc. in wine;
- Cd and Zn in rice;
- Cd and Pb in herb;
- metals in synthetic food digest;
- total Se and Se speciation in wheat flour;
- toxic and essential elements in bovine liver;
- Hg in water;

- toxic metals in food;
- trace elements in soyabean powder;
- Cd and Pb in natural water;
- total Se and Se methionine in pharmaceutical supplements;
- metals in fertilizers;
- composition of fine ceramics;
- Cd, Cr, Hg and Pb in polypropylene;
- Pb, Cd and TriButylTin in sediments;
- trace elements in sewage sludge;
- purity of zinc, nickel;
- minor elements in steel;
- constituents in Cu and Al alloy;
- chemical composition of clay;
- platinum group elements in automotive catalysts;
- sulphur in fuels;
- uranium isotope ratio in synthetic saline matrix;
- purity analysis (KCl, NaCl, K₂Cr₂O₇, etc.);
- elemental solutions (Al, Cu, Fe, Mg);
- anions in calibration solutions.

Almost all the results, after a first study, are satisfactory with an uncertainty of the order of 1 %.

During the last meeting of the CCQM, further work was agreed on:

- trace elements in phosphogypsum; and
- Sr isotopic ratio measurements.

Working Group on Gas Analysis

This Working Group has carried out studies and key comparisons on the following topics:

- natural gases;
- CO, CO₂, NO, NO₂, ammonia, propane in nitrogen;
- benzene, toluene, xylene (BTX) in nitrogen and air;
- ozone at ambient levels;
- greenhouse gases CO₂, CH₄ at ambient levels;
- reactive gases at ambient levels;
- VOCs in air;
- SF₆, CFCs at emission levels;

- mercaptans in methane;
- ethanol in air;
- dynamic mixing methods;
- purity analysis of parent gases.

During the last meeting of the CCQM, further work was agreed on:

- multi-component preparative capability study; and
- establishment of a VOC scale in close cooperation with the WMO Global Atmospheric Watch programme.

Most of the results are accurate, achieving uncertainties much better than 1 %, and in several cases approaching 0.01 %. These high accuracies now make it possible to distinguish between the isotopic composition of the gases, which is of importance to industry, environmental, food and pharmaceutical laboratories as well as for high-accuracy temperature standards.

Working Group on Electrochemical Analysis

This Working Group has a small but very specialist scope dedicated to pH, electrolytic conductivity and coulometric measurements. These measurements are in many cases critical for clinical/medical, pharmaceutical, food and environmental measurements.

The Working Group has carried out studies and key comparisons on the following topics:

- pH (phosphate and phthalate);
- fundamental studies on pH standards;
- electrolytic conductivity;
- coulometry;
- HCl and KCl assay;
- KHP assay.

In general the results have been quite good and have contributed to better comparability in pH and conductivity measurements. Nevertheless, as more and more NMIs and other Designated Institutes of developing countries and economies also start to realize national measurement standards for these quantities a lot of comparison work still has to be carried out in the near future.

During the last meeting of the CCQM, further work has been agreed on pH 7 preparation study.

Working Group on Bio-analysis

This Working Group is addressing measurement problems in a new area of metrology with large and complex molecules. This means that the measurand may be difficult to define. Moreover, it is often more important to measure the biological activity than to determine the composition of the molecule/particle itself. Nevertheless, there are important measurement problems in the field of bio-analysis, like comparability, traceability and measurement uncertainty.

The Working Group has carried out the following studies and key comparisons:

- quantitative PCR;
- fluorescence in ELISA;
- DNA profiling and DNA primary quantification;
- DNA extraction reference method;
- quantification of DNA methylation;
- peptide/protein quantification in proteomics;
- protein structural measurements.

During the last meeting of the CCQM, further work was agreed on:

- glycan species measurement in digested glycoprotein mixture;
- quantification of cells with specific phenotypic characteristics;
- measurement of multiplexed biomarker panel of RNA transcripts.

The Working Group has established good cooperation with the UK National Institute for Biological Standards and Control (NIBSC), which is the major WHO laboratory, and with the Pharmacopeia.

Working Group on Surface Analysis

The Working Group has carried out the following studies and key comparisons:

- SiO₂ on Si film thickness;
- quantitative analysis of Fe-Ni alloy;
- carbon in precipitates in Fe;
- N in surface layers of Fe;
- standard free quantification in EPMA;
- determination of Fe and N in doped DLC films.

The Working Group is still in a phase of development but will have to address, in the near future, the wider area of materials properties, like:

- porosimetry;
- coatings;
- surface layers, contaminants;
- polymer surfaces;
- thin film multilayer systems.

The methods and technologies used for this type of measurements and the type of problems faced are generally the same as those encountered in chemical analysis. So cross fertilization with the work of the other CCQM Working Groups is highly desirable.

Working Group on Key Comparisons and CMC Quality

This Working Group is in charge of discussing and solving remaining issues as a result of the intra- and inter-RMO review of the CMCs claimed by the NMIs and other Designated Institutes. Another task is to harmonize, as much as possible, the policies and procedures applied by the other CCQM Working Groups when organizing key comparisons and other comparisons. Further, the Working Group will play a role in the coordination of the proposals for studies and key comparisons by the other Working Groups, taking care of a balanced approach, promoting the setting of the right priorities and trying to prevent overloading of the NMIs. The Working Group also indicates the areas where NMIs claim CMCs, but where no key comparisons have yet been organized.

As NMIs not only deliver services to their customers by offering calibration and measuring capabilities, but in many cases also sell Certified Reference Materials (CRMs), this Working Group will also look into the criteria to be fulfilled for accepting CRMs to be mentioned in Appendix C of the CIPM MRA.

The Working Group is composed of representatives/experts of the Regional Metrology Organizations (RMOs) and of experts of all the CCQM Working Groups.

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 chairs of the RMO Technical Committees on metrology in chemistry, to advise the CCQM and the BIPM with respect to the planning and execution of the programme of work of the BIPM in the field of metrology in chemistry. With respect to the BIPM metrology in chemistry programme for the period 2009-2012, the CCQM Advisory Group expressed the following opinion.

Background

The Advisory Group regarded the following points as key in applying the CIPM criteria to the proposals for the 2009-2012 programme:

- The BIPM needs to be a scientific institute in order to deliver its mission;
- The BIPM science programme should focus on specific needs of international metrology and demonstrate clear added value to its customers (being the worldwide measurement community);
- Activities of the BIPM should occupy a niche which addresses high-level metrology issues and reflects its global status.

The 2005-2008 chemistry programme comprises scientific activities on gas analysis and purity of organic compounds, together with support for the JCTLM and its database. The BIPM has proposed to continue and strengthen these activities in the 2009-2012 programme and, in addition, to introduce a bio-analysis programme. The current level of resource is 5.5 scientists, 2 technicians and 0.75 man-years from NMI scientists on secondment. If accepted in full, the 2009-2012 proposals would require staff numbers to be increased by the addition of two scientists, four technicians, one post-doctoral research assistant, and four man-years from NMI scientists on secondment. Of these, the laboratory-based bio-analysis programme would require two scientists, two technicians, and one man-year from NMI scientists on secondment.

Gas analysis programme

The overall programme was broadly supported and felt to be a worthwhile extension of the current activities, which are well-regarded and closely linked to the programme of the CCQM Gas Analysis Working Group (GAWG). All projects should demonstrate clearly that they underpin measurement needs for key global issues and be dedicated to climate change and air quality. The Advisory Group noted that specific tasks identified for 2009-2012 may be overtaken by events and that the proposals should, as such, be regarded as indicative. The BIPM should carry out specific tasks with the consultation and cooperation of the GAWG at the appropriate time. Activities at the BIPM should focus, in particular, on fundamental metrology.

Organic purity programme

It was suggested that the BIPM programme should be focused on one single project entitled "Primary references for organic analysis". The overall programme was supported, noting that it placed the main emphasis on comparisons. The Advisory Group accepted that the BIPM cannot be too specific at this stage of programme development but requested that more novel science related to method development should be included. It also recommended a focus on primary references to support food, healthcare and forensic applications as indicated by the response to the questionnaire. The Advisory Group would welcome development and coordination of a best practice guide on purity determination of organic compounds. This should build on the expertise developed under the BIPM chemistry programme.

Bio-analysis programme

It was felt that proposals for a bio-analysis laboratory project are premature and need wider debate. Activities at the BIPM should focus on fundamental metrology and it was not clear that this is proposed or is feasible. The Advisory Group noted that this is a rapidly developing field where most key players are also able to devote substantial resources, far beyond those available to the BIPM. It was accepted that staff working on liaison activities benefit from an involvement in relevant science. However, the Advisory Group recommended that the BIPM should not develop its own research programme at this time. The BIPM should consider novel alternatives to setting up its own bio-analysis research programme.

International coordination and liaison programme

The support for international liaisons was accepted as an important task but the BIPM were requested to clarify the proposals. In particular, the Advisory Group saw a need to distinguish between the global role of the BIPM in this respect and the individual representation of Member States. The proposed project on bio-analysis liaison with national and international organizations was welcomed but the BIPM should provide more information on the impact expected from this activity. In addition, consideration should be given to broadening the liaison beyond GMOs.

Recommendation

The BIPM is requested to review the proposals with regard to the specific comments of the Advisory Group and provide a revised programme for the CIPM emphasizing the key top level themes. Notably, the gas work should fall within the area of air quality and climate change, and the organic chemistry programme should address primary references for organic analysis in support of food, healthcare and forensic applications. The BIPM should develop liaison activities but not a bio-analysis laboratory programme at this time. The Advisory Group

welcomes the BIPM's proposals for its 2009-2012 chemistry programme and supports them, subject to the implementation of its recommended amendments.

The CCQM in its meeting of April 2007 unanimously approved the conclusions of the CCQM Advisory Group.

Joint CCQM Working Group meetings

The CCQM Working Groups organize regular joint meetings with one of the other CCQM Working Groups; for example, joint meetings of the Working Group on Inorganic Analysis with the Working Group on Electrochemical Analysis, of the Working Group on Organic Analysis with the Working Group on Bio-analysis and of the Working Group on Organic Analysis with the Working Group on Gas Analysis. These joint meetings have proven to be very useful and will be continued in the future; for example, between 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 that of some Consultative Committees in "physical" metrology, it is favoured by having direct and easy possibility of cross fertilization, 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 consequence of an EU legal instrument, known as EU Directive 98/79/EC on *in vitro* diagnostic medical devices, which requires that "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. The JCTLM is chaired by the IFCC, while the secretariat is with the BIPM.

A stakeholder meeting is organized regularly with representatives from the WHO, regulators, clinical laboratories, proficiency testing providers, relevant standardization bodies and the *in vitro* diagnostics industry.

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 and University of Gent (Belgium).

Working Group 1 has thirteen sub-groups on:

- blood group substances;
- coagulation factors;
- 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.);
- non-electrolyte metals;
- non-peptide hormones (cortisol, estriol, testosterone, etc.);
- nucleic acids (DNA, RNA);
- proteins (albumin, troponin-1, PSA);
- viral markers;
- vitamins;
- Quality System.

Comparisons will be organized to test the comparability of the reference materials of “higher order” fulfilling the basic criteria of quality and traceability. Unfortunately, not many NMIs have the right capability to carry out these comparisons.

As there are existing areas where almost no NMI has any capability, the comparability tests in those areas, like hormones, will be carried out by recognized clinical laboratories, being part of the network of reference laboratories in that 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 the Working Groups are published on the BIPM and IFCC websites.

CCQM stakeholder meetings and workshops

The work and progress by the CCQM has greatly benefited from the organization of a number of stakeholder meetings and CCQM workshops.

- In November 2003, a workshop was held addressing the needs by regulators, Codex Alimentarius Commission, accreditation bodies, CRM producers, testing laboratories, EU reference laboratories, industry and other sector specific organizations on traceability in food analysis, including the International Wine and Vine Organization (IOVV) and the International Olive Oil Council (IOOC).
- In September 2004, a second stakeholder meeting was held with the stakeholders in the food sector, this time also with the International Dairy Federation (IDF).
- In April 2005 a workshop was held on the topic of “New Challenges for the development of Primary or Higher Order Measurement Methods and Procedures for Physiologically-Significant Molecules”.

- At the occasion of the CPEM 2006, the CCQM Gas Analysis Working Group organized a symposium on “Spectroscopy as a Potential Primary Method for Gas Analysis”.
- In November 2006, CCQM contributed to an International Symposium on Certified Reference Materials for Quality of Life.
- In April 2007, two workshops were held dedicated to:
 - the calculation of the Key Comparison Reference Value (KCRV) and its uncertainty; and
 - the development of a more efficient and effective way of establishing and demonstrating comparability between the NMIs and other Designated Institutes.

In addition, the different CCQM Working Groups organize closed workshop sessions on behalf of their Members and Observers, discussing scientific and organizational issues.

It is planned to organize in 2009 a symposium with the WMO, together with a few other Consultative Committees, on comparability, traceability and uncertainty of measurements in the area of climate change.

Certified Reference Materials

Certified Reference Materials (CRMs) are widely used as calibration and validation materials. Most of the NMIs deliver different CRMs to their customers as a means of disseminating traceability.

In Appendix C of the CIPM MRA, the CRMs delivered by the NMIs are listed. These CRMs are those which are indicative for the quantities/measurands and measurement ranges delivered by the NMI to its customers. It is not the intention that the CIPM MRA to cover the whole catalogue of CRMs deliverable by the NMI.

Cooperation with ISO REMCO was established to address common issues. The need for special CRMs, in particular concerning matrix materials, is almost endless. It is clear that it is an impossible task for the NMIs to produce and deliver all CRMs needed. However, it should be a task for the NMIs to certify and deliver very pure materials, based on the application of direct or indirect primary purity measurements, being at the top of the traceability chain. Here much work has still to be done.

It is also observed that, in practice, there exists a considerable gap between the internationally recognized traceability of CRMs delivered by the NMIs under the CIPM MRA and the next layer of commercially produced CRMs. The lack of demonstrated traceability of commercially available CRMs is a great difficulty for the chemical laboratory community when they have to demonstrate traceability of their measurement and test results. The CCQM has welcomed the decision by ILAC to open the possibility for CRM producers to become accredited on the basis of ISO/IEC 17025 and ISO Guide 34.

International transportation problems caused by customs and security restrictions

The international transportation of test samples is seriously hindered by continual, often disastrous, customs intervention. Also, increased security measures and an increasing number of regulations with respect to the transport of chemicals create barriers hindering the organization of interlaboratory comparisons. The establishment of global comparability cannot be realized without the organization of pilot study comparisons and key comparisons. So, it is essential that

international transportation of chemical samples is facilitated by creating understanding and transport agreements with the responsible authorities. A meeting of the BIPM with the World Customs Organization addressing the above-mentioned issues would be welcomed.

Cooperation with other intergovernmental and international bodies

As a result of the stakeholders meetings with the food sector in 2003 and 2004, the BIPM has established good cooperation with the Codex Alimentarius Commission, a joint activity by the WHO and the UN FAO, and the related Inter Agency Meeting. As a result of this cooperation and further input from regulators, exporters and the food sector itself, the CCQM has been able to set priorities for its work in support of food safety and nutritional food testing.

During the April 2007 meeting of the CCQM, presentations were given by representatives of the European network of GMO testing laboratories, Crop Life International (an international association of the multinational GMO industry) and the related ISO committee. This demonstrates the rapidly increasing interest of industry, regulators, testing laboratories and standardization bodies in reliable, traceable measurements.

Measurements in clinical chemistry and laboratory medicine form a vast continuing worldwide activity. As the production of medical measuring equipment, diagnostic markers and pharmaceuticals is a global activity and international travel increases, it will be clear that comparability and traceability of measurement results are high on the agenda of the medical, clinical, *in vitro* diagnostics and therapeutical community. Conformance with regulations (e.g. the EU IVD Directive), accreditation requirements, better treatment of patients and cost savings require more accurate and precise measurements. As most of the measurements are chemical analysis, close cooperation with the clinical and pharmaceutical community has been established in particular by the CCQM Working Groups on Organic Analysis and Bio-Analysis, while also some work has to be done by the CCQM Working Group on Inorganic Analysis. The full participation of the IFCC, the NIBSC and the US Pharmacopeia and the cooperation with the JCTLM demonstrate the interest of these organizations in good measurements.

Close cooperation has also been established with the WADA. As sportsmen are continuously under scrutiny and measurement results are frequently questioned, the WADA is interested in ensuring that their measurement results are reliable.

In 2005, the President of the CCQM was asked to inform the forensics science community at their global meeting in Hong Kong about the realization of accurate, comparable and traceable measurement results in forensic analysis. This led to cooperation with the global and European Network of Forensic Science Institutes (ENFSI).

Accurate measurements traceable to SI, being long-term stable fixed anchor points, are essential for several programmes in the environmental area. In particular, the Global Atmospheric Watch programme (GAW) of the World Meteorological Organization (WMO) requires accuracies on the highest achievable levels which are traceable to these long-term stable reference measurement standards. The CCQM Working Group on Gas Analysis has established close cooperation with the WMO GAW. A symposium to be organized by the BIPM and the WMO on climate change is welcomed; chemical measurements of concern include ozone, green house gases, VOCs and ocean salinity measurements.

Cooperation with the IAEA and the IRMM is realized by the participation of these institutes 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.

Viscosimetry

In consultation with the members of the *ad hoc* CCQM Working Group on Viscosimetry it has been decided that the work carried out by this Working Group generally fits better in the scope of the Consultative Committee for Mass (CCM). Therefore the CIPM decided that this Working Group will report henceforth to the CCM.

Redefinition of the mole

The CCQM has discussed the desirability and consequences of a redefinition of the mole in terms of the Avogadro constant. The CCQM is of the opinion 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. However, the CCQM is also of the opinion that a redefinition should only take place after the existing discrepancy between the watt balance results and the X-ray crystal density/molar mass measurements of 1×10^{-6} has been explained and solved. Also, a new definition should be understood by the lay-men, while a *mise en pratique* for the realization of measurement results expressed in moles should have been formulated. Finally, a change of definition should be decided at the same moment when the definitions of the kilogram, the ampere and the kelvin are also adapted.

Designated Institutes and national/regional sector specific “reference laboratories”

In many countries, the NMI does not have a broad expertise 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 that use be made of the existing capabilities and expertise in metrology in chemistry that may be available in national institutes and universities by designating these institutes to act as an 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 designated NMI. For certain types of measurements in chemistry, the use of expensive facilities such as a nuclear reactor for neutron activation analysis has been adopted. As most NMIs do not have such a facility, it is strongly recommended that the NMIs make use of available reactors in that country managed by universities and institutes.

Globally it can be observed that in the areas of clinical chemistry, food testing and environmental control, the authorities are nominating national or regional reference laboratories with the aim to harmonize measurement procedures and establish comparable measurement results. As these reference laboratories form a part of the chain of traceability, it is essential that these reference laboratories are well connected to the NMIs, and whenever useful that their measurements are directly linked to CCQM key comparisons and pilot studies.

Dissemination of traceability, proficiency testing and accreditation

It will be impossible for NMIs and other Designated Institutes to deliver traceability directly to all the “field” laboratories. Therefore, it is very important that a second layer of accredited

chemical “calibration” laboratories and accredited CRM producers is created. Also, it is recommended that a system of accredited Proficiency Testing (PT) providers, that organize PT schemes with an assigned reference value, is created.

Conclusions

The fact that so many intergovernmental organizations and other international bodies have expressed a clear interest in metrology in chemistry and have established close cooperation with the CCQM shows the need for reliable, accurate, comparable and traceable measurement results. The CCQM has demonstrated since its inception in 1993 that accurate metrology in chemistry is feasible and that the CCQM is able to deliver, thanks to the great support and efforts of the participating NMIs and other Designated Institutes.

Prof. Issaev (Russian Federation) asked Dr Kaarls about his opinion of the definition of Certified Reference Material (CRM) as given in the new edition of the *International Vocabulary of Metrology* (the VIM); Dr Kaarls commented that it was regrettable that there were now two published definitions of CRM (VIM/ISO REMCO). These two definitions were similar, but they were not the same. In response to a question from Prof. Thor (Sweden), Dr Kaarls also commented that it was the decision of the CCQM to support a redefinition of the mole based on a fixed value of the Avogadro constant.

18.9 Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibrations

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.

The CCAUV was established in 1998 at the 87th meeting of the CIPM. Since its creation, five meetings have been held at BIPM headquarters, in 1999, 2001, 2002, 2004 and 2006; i.e. the CCAUV has met twice since the last meeting of the CGPM. At present, the CCAUV has sixteen members and fourteen observers, in addition to the President, the Director of the BIPM and Dr P.J. Allisy-Roberts (BIPM) as the Executive Secretary.

Status of key comparisons

Since its creation, the CCAUV has initiated an active programme of key comparisons. It was reported at the last meeting of the CGPM that two CIPM key comparisons had been completed and published. The detailed status of the CIPM key comparisons, related to the work of the CCAUV, currently available in the KCDB, may be summarized as follows:

- Two CIPM key comparisons of sound pressure in air have been published and another is in progress.
- One CIPM key comparison of free field sound pressure in air is also in progress, due to be finished in 2008.
- One CIPM key comparison of sound pressure in water was published in 2004 with results from seven participants.
- One CIPM key comparison of ultrasonic power was published in 2002 and a second in 2005.

In the field of vibration, a CIPM key comparison of charge sensitivity was published at the end of 2002, an extension of which is currently in progress with three additional participants, who will be linked through the PTB.

The RMO key comparisons linked to these CIPM key comparisons are:

APMP: One comparison of sound pressure in air was published in 2007 and a second is in progress, with ten participants, and is due to be finished in 2007. The results of one comparison of charge sensitivity were published in 2004.

COOMET: Results of one comparison of sound pressure in air were published in 2007, while a second is in progress. A vibration comparison of charge sensitivity is in progress and is due to be finished in 2007.

EUROMET: Two comparisons of sound pressure in air were published in 2007. One comparison of ultrasonic pressure is planned for 2008. Results of one comparison of charge sensitivity were published in 2006, while an extension is planned with a further four participants.

SIM: Results of a comparison of sound pressure in air were published in 2007 for five participants. Results of a comparison in the field of vibration of charge sensitivity were approved for provisional equivalence; an extension to enable calculation of the degrees of equivalence is to be published.

Status of the non SI units, neper and bel

During the 2004 meeting, the CCAUV again addressed the question of confusion generated by the use of dimensionless quantities such as the neper and the bel, instead of an appropriate SI unit, and supported:

- the proposal to place the neper and the bel in Table 8 of the SI Brochure as “non SI units”; and
- the statement that the reference value of the quantity should always be stated in SI units whenever the decibel is used.

Advances in AUV research and new developments

Reports on the realization of national standards and research areas are available on the CCAUV website. A selection of innovations presented by the delegates of the member NMIs to the CCAUV may be summarized as follows:

CENAM: Two new systems were put into full operation with special features for measurement in the field of vibrations:

- linear velocity system, from 5 km/h to 200 km/h; and
- impact system, up to 5000 m/s².

Another research area is the application of the High Frequency Resonance Technique with MEMS accelerometers to investigate some common problems with rotating machinery. A main drawback is the weight of the accelerometers and another is the problem associated with wireless transmission of the signals. The advantages of the device and the technique developed are its effectiveness, low weight, small volume, low cost and ease of installation.

DPLA: An investigation of diffuse-field calibrations of measurement microphones.

Diffuse-field calibration is particularly difficult because of the large fluctuations of the sound pressure in such a sound field. Thus, averaging over space and frequency is needed in order to obtain a smooth estimate of the resulting sensitivity. Furthermore, the sound field impinging on the microphone used as receiver is a combination of direct and reverberant waves. The use of time-selective techniques makes it possible to separate the reverberant and direct (free-field) responses. This means that the free-field and diffuse-field sensitivities can be determined from the same set of measurements in a reverberant room.

INMETRO: Use of digital high-pass filtering to reduce the influence of low-frequency noise on the calibration of accelerometers. Development of methods for the calibration of microphones which utilize impulse response. The strength of this method is that it is not reliant on an anechoic chamber. The method has recently been compared with the PTB with good agreement. Another interesting area of work is the assessment of the acoustic performance of class-rooms, essentially to establish the clarity of speech.

INRiM: Several fundamental areas of research were described: measurement of the Boltzmann constant, measurement of the speed of sound in liquids, the effects of cavitation and sonoluminescence with regard to chemical reactions and the comparison calibration of microphones in hemi-anechoic environments.

KRISS: In the field of vibration, research was presented in the area of linear acceleration focused on an extension of the frequency range to 20 kHz, and an investigation of the feasibility of using a piezo-electric transducer.

NIM: Innovative developments in sine approximation and time interval analysis methods (SAM and TIA) for primary vibration calibration by heterodyne interferometry have been made within the past three years by the vibration laboratory of NIM (China), in collaboration with the Acceleration Working Group of the PTB. The frequency demodulation of novel TIA is based on the estimation of time intervals between neighbouring peaks and valleys instead of traditional positive or negative zero-crossings of laser Doppler interferometer signal, while the simplified SAM uses digital reference signal to generate quadrature signals and perform phase demodulation and differentiation to restore time history of the velocity. Because of simplified algorithms and low requirements on hardware, these developments have led to a successful integration of SAM and TIA, which is both efficient and cost effective, for accurate result and reliable comparison in a single measurement, and to a novel implementation of national medium- and high-frequency vibration standards (10 Hz-10 kHz) in NIM. This innovative method is applied by NIM in the ongoing key comparison in vibration acceleration CCAUV.V-K1.1 and is recommended for application in other National Metrology Institutes and industrial primary vibration calibration laboratories because of its simplified algorithm and low requirements on hardware.

NMIJ: Development of new standards for calibration of microphones at low frequencies using a laser pistonphone, covering the range 1 Hz to 100 Hz, and high frequencies (using reciprocity in an anechoic chamber), covering the frequency range 20 kHz to 100 kHz.

NPL: Miniature microphones. Development of MEMS microphones with the aim of achieving mass production leading to low unit cost, deployable as arrays or networks, small size, minimally perturbing, wireless operation, together with simple and cheap calibration. Development of a test suite for free-field sensitivity, temperature, pressure and humidity dependencies, noise floor and distortion (leading to optimal dynamic range).

Optical tomography for measuring acoustic fields in water. A new technique has been used to characterize the acoustic field radiated by high-frequency sonar arrays in water. The technique exploits the acousto-optic interaction between a laser beam and the sound field, processing signals with tomographic techniques similar to those used in medical imaging to produce a two-dimensional image representing a “slice” of the acoustic field. The technique has been tested on a sonar array operating in the frequency range 330 kHz to 500 kHz. This method offers the potential for rapid, broadband, high-resolution, non-perturbing measurements of acoustic fields, and can be a powerful diagnostic tool in assessing the performance of sonars.

Portable ultrasound power standard. Physiotherapy ultrasound is used widely within medicine, although the equipment used to deliver the dose to the patient is frequently poorly calibrated. The concept behind this device, essentially a standard source, was to develop a system which could deliver well known amounts of ultrasound power to check the calibration of the power measurement systems used in hospitals and by manufacturers. The system was developed through an EU-funded collaborative project involving NPL, PTB, TNO and the NMIA.

Measurements of ultrasound power at very high therapy levels (> 300 W). Typical ultrasonic power levels used for diagnosis are low (< 200 mW). Even for physiotherapy ultrasound systems, the powers generated are limited to about 12 W. A new type of ultrasound therapy is emerging, called HIFU (High Intensity Focused Ultrasound), where the powers are much higher (up to 500 W) and the application of this power is highly localized within a few mm², resulting in absorption of ultrasound in the tissue, and the rapid increase of temperature, of order, 20 °C-30 °C in seconds. These conditions are sufficient to cause cell death and the modality is being investigated as a means to treat cancers, without the resulting side effects associated with the use of ionizing radiation. The technique has gained clinical approval in the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland for the treatment of prostate disease. Metrologically, the hostile conditions pose severe challenges which the NPL is addressing. Initial measurements have been very encouraging.

Standardization of measurements for high-power ultrasonic cavitating fields. Ultrasound is used within many high-power industrial applications such as cleaning, materials processing, wastewater processing and sono-chemistry. The phenomenon which plays such a key role in these processes is acoustic cavitation. Despite being the subject of intense activity for more than fifty years, it has been impossible to develop standardized methods of quantifying cavitation activity, which has hampered the understanding and optimization of the technology. The NPL has developed and patented a cavitation sensor which uses a thin layer of piezo-electric polymer to detect the high-frequency emissions from the acoustic shock-waves generated by cavitation bubbles. The novel features of the sensor provide it with spatial resolution, which means that cavitation activity within systems can be mapped. The testing system consists of thirty 25 kHz transducers generating, in total, 1.6 kW of acoustic power.

NRC: Low-frequency vibration generator designed and fabricated at the NRC. At low frequencies (below 10 Hz), performance of a conventional shaker is limited by small acceleration amplitudes and a high level of total harmonic distortion. The vibration generator developed consists of a cantilever beam excited by a conventional shaker. The cantilever beam is tuned to resonate at the desired excitation frequency, which leads to a relatively large vibration amplitude at the beam tip with very small harmonic distortion. Analysis of the system is performed by means of model equations describing both the flexural and longitudinal components of vibration. A comprehensive measurement of the generator’s performance was published in 2006, confirming that it can serve as an economically attractive alternative to existing low-frequency vibration generators used in vibration measurement and calibration.

PTB: Extension of the reciprocity calibration method up to higher frequencies.

Construction of a new membrane hydrophone with an active element diameter as small as 200 μm , and a thickness resonance of 105 MHz. These hydrophones have not been manufactured for commercial purposes, but could be ideal candidates for key comparisons.

Establishment of the reference zero for the calibration of air-conduction audiometric equipment using “tone-bursts” as test signals. This was relevant to the screening of all new-born children for hearing defects that had been introduced in the last two to three years in Germany.

Studies to investigate methods of characterizing the effectiveness of fields applied for ultrasonic therapy, through measurements of the acoustic properties.

Use of a thermo-acoustic sensor for determining the spatial distribution of time-average acoustic intensity within medical ultrasound fields.

New model-based approach of characterizing accelerometers by determination of the amplitude and phase response upon shock excitation. The motivation for this work came from the problem to transfer shock calibration data of a transducer from one calibration laboratory to another laboratory. The applicability range of the new approach is still under investigation, however, results published during 2006 and 2007 show it to be very promising.

VNIIFTRI: Modern measurement techniques in the Russian underwater acoustics standards. Improvements have been made in the conception of standards related to the application of new technologies in the development of instruments for precise measurements of pressure in closed couplers, and in using the information on acoustic field amplitude and phase distribution in free-field measurements. Improved uncertainty in free-field hydrophone calibration was reported.

AUV metrology for materials testing

During the 2006 meeting of the CCAUV, besides the usual presentations of the NMIs about their activities on the status of national standards, and advances in research areas, a special session was devoted to AUV metrology for materials testing. Several members of this Consultative Committee described their NMI’s activities in the area of materials testing. Among an important number of presentations, those reported by the CCAUV delegates of the NPL (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) included techniques to determine the acoustic properties of panel materials used at sonar frequencies in underwater acoustics, for measurements applied in the area of ultrasound for characterization of the acoustic properties of tissue-like and acoustic absorbing materials.

With the aim of improving measurement accuracy in safety and materials testing, the PTB (Germany) delegation described their work on the dynamic influences on force transducers and the traceable dynamic calibration of force transducers. Referring to applications for the automotive industry related to the viscoelastic properties of materials, the CENAM (Mexico) argued that the measurement differences demonstrated between laboratories had a real economic impact, and that the expertise within the CCAUV would be of benefit in addressing this issue.

The importance in the determination of engineering properties such as Young’s modulus was addressed by the NMIJ (Japan) delegate, emphasizing that testing and metrology should be merged. This question of whether the scope of the CIPM Consultative Committees should be extended to cover materials testing was further addressed by the observer of the ISO, pointing out that measurements were required to make decisions, and it was key that the whole traceability chain should be considered, from primary standards through field calibrations to

customer measurements, welcoming a widening of the scope of the CCAUV to encompass testing of materials and structures. The need to develop suitable standards for the emerging HIFU equipment, which was finding more therapeutic applications, was raised by the observer representing the IEC, as a significant topic discussed by IEC Technical Committee 87 on Ultrasonics. The first meeting of a new IMEKO Technical Committee TC22 as a new forum for vibration and shock metrology, also focused applications of metrology for testing, as inferred by the invitation of the PTB (Germany) delegate, who was also representing IMEKO in the CCAUV, to attend the First International Symposium on Environmental Testing Engineering.

CCAUV Working Groups

CCAUV Working Group on RMO Coordination (CCAUV-RMOWG)

This Working Group deals with matters relating to the JCRB criteria for acceptance of data for Appendix C of the CIPM MRA, CCAUV instructions for completing CMC lists, calibration procedures adequately covered by a Quality System in compliance with ISO 17025, guidelines for accepting a Quality System, certificates of accreditation issued by National Accreditation Bodies, convenience of peer evaluation as compared with accreditation practices, statement and proof of traceability to the SI, consideration of special cases where no key comparison is available; e.g. in shock acceleration, etc.

CCAUV Working Group on Strategic Planning (CCAUV-SPWG)

During the 2006 CCAUV meeting, the President of the CCAUV, the Director of the BIPM and the Executive Secretary of the CCAUV suggested that a small sub-group should be formed to look at strategic planning, especially for the future metrology needs in AUV. The Director pointed to activities within other CCs, citing in particular the CCEM, where this kind of strategic thinking was being actively considered. It was agreed that the CCAUV should monitor what was going on in other Committees, and to generate terms of reference for such a CCAUV Working Group, identifying its task in a clear way. These terms of reference should be circulated to the CCAUV for comment.

As agreed at the last meeting, the President of the CCAUV together with the Executive Secretary began, in March 2007, to set up a Strategic Planning Working Group and invited six participants, covering the different RMOs and the different AUV fields, to take part in this Strategic Planning Working Group. The Chairman of this WG is the NPL representative Dr Bajram Zeqiri, accompanied by the following CCAUV delegates: Ch. Koch (PTB), T. Usuda (NMIJ), S. Echeverría-Gomez (CENAM), A. Enyakov (VNIIFTRI), I. Veldman (NMISA) and E. Sadikoglu (UME). The latter is the EURAMET Coordinator responsible for drafting the iMERA roadmaps for strategic planning, and he informed the group that EURAMET TC AUV has no objections to allowing the CCAUV to benefit from EURAMET roadmaps, although at the present stage access to the documents has to be limited to the CCAUV community and they should not be placed at the open access part of BIPM website. As roadmaps are working documents they are still open for revision, and they will be revised from time to time.

It was anticipated that most of the work will be conducted electronically with, perhaps, one face-to-face meeting before the next CCAUV meeting.

There was a short exchange of comments between Prof. Thor (Sweden) and Dr Valdés about the continuing use of the neper and the bel as units in the SI.

18.10 Consultative Committee for Units

Prof. Mills, President of the Consultative Committee for Units (Comité consultatif des unités, CCU), presented his report and spoke about Resolution L and the new edition of the SI Brochure, which he encouraged delegates to use.

The CCU has met three times since the 22nd meeting of the CGPM in 2003: in May 2004 (16th CCU meeting), June 2005 (17th CCU meeting) and in June 2007 (18th CCU meeting). There have been two main items of business at these meetings. The first was the preparation of the 8th edition of the SI Brochure, which was published by the BIPM in May 2006. The second has been the ongoing consideration of proposals to revise and improve the International System of Units, the SI, by redefining some of the base units, with the objective of adapting and improving the SI for the 21st century, in recognition of the major developments in physics during the last 50 years. These two topics are discussed in turn below.

New edition of the SI Brochure

The 8th edition of the SI Brochure was planned and discussed in detail at our 15th and 16th meetings in 2004 and 2005, and further work continued using email for another twelve months, with a small editorial group meeting in February 2006 at the University of Reading to go through the final text in detail. The 8th edition is 180 pages, of which around 90 are the French text and 90 are the English text. Some sections of the brochure have been significantly extended, and many small revisions to the text have been made to bring it up to date. The new edition was published by the BIPM on 20 May 2006 (World Metrology Day). The entire text is available on the BIPM website, http://www.bipm.org/en/si/si_brochure, as a pdf file, thus making all the usual search facilities available.

As in earlier editions there is a long Appendix 1 recording the history of the development of the SI, listing all those decisions (Resolutions, Recommendations and Declarations) of the CIPM and the CGPM that bear upon the SI. This has been returned to strict chronological order in the 8th edition (delegates may remember that we arranged this appendix in subject order in the 7th edition, but we have now returned to chronological order with a full subject index to make it easy to locate specified topics). Appendix 2, on the practical realization of some of the units, has been removed from the printed text and is now only available on the BIPM website, in recognition of the fact that it needs to be revised more frequently than the rest of the text. There is a short Appendix 3 on units for photochemical and photobiological properties.

We also decided to prepare a “Concise Summary of the SI”, on four A4 sheets, which is published and available separately. This is an attempt to reach out to a wider audience, who may not necessarily want the full 180-page brochure. It is available in both French and English. Finally we have produced a credit-card size “Micro-Brochure”, which unfolds to a single A4 sheet printed on both sides, which is available only in English.

Redefining some of the base units of the SI

The CCU has had many discussions on the possibility of new definitions for four of the base units of the SI, namely the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole. I present here the results of our discussions on this subject, and also our observations on the comments that have been made in recent reports from the other Consultative Committees (CCs) and other bodies on

these proposed changes. This report represents the advice of the CCU to the CIPM and the CGPM on this subject.

This possible redefinition of some of the SI base units was the main topic at the recently held 18th meeting of the CCU, on 11 and 12 June 2007. Because of the importance of this subject for the future of the SI, I invited many experts from other groups to join our meeting and give us the benefit of their views. On this occasion we had thirty-five participants at our meeting, of whom almost half were invited experts who are not normally members of the CCU.

Present definitions of base units, and possible new definitions

Ever since James Clerk Maxwell's famous address to the British Association in 1870 it has been the ambition of metrologists around the world to find definitions for our system of units that are referenced to true invariants, such as the properties of atoms or particles like the electron and proton, or alternatively the fundamental constants of physics like the speed of light and the Planck constant. Until recently, however, it has not been possible to measure these atomic properties or fundamental constants with the necessary accuracy to use them as a reference for our units. Recent experimental advances have changed this situation, so that it is now timely to consider the possibility of revising our system of units so that they all have definitions referenced to the constants of physics.

By way of introduction, we first review the present definitions of each of the base units of the SI in turn, and list those alternative definitions that are now being considered.

The second, SI unit of time, is at present defined in terms of the period of the hyperfine transition in a caesium 133 atom. This definition was adopted by the CGPM in 1967. It satisfies the requirement of being referenced to a true invariant of nature, and can be conveniently realized with a caesium atomic clock, or a fountain clock, with a relative standard uncertainty of the order 10^{-15} . There is no immediate need to revise this definition.

New technology on which to base a new definition that can be realized with even greater accuracy is under development. Because the caesium transition is in the microwave region, at a frequency of approximately 9.2 GHz, it is likely that it will eventually be replaced with a definition referenced to an optical atomic transition in the visible region, for which the faster tick rate will allow an even more precise realization of the unit. However it is not yet clear which of several atomic transitions – or which method of realization – is the most suitable. It may also be possible in the future to use a transition of the hydrogen atom (such as the $1s \leftrightarrow 2s$ transition) when the transition frequency can be expressed in terms of the Rydberg constant with sufficient accuracy, so that the definition of the second would be based on the properties of the simplest atom.

The metre, SI unit of length, is at present defined in terms of the distance travelled by light in vacuum in a specified interval of time. This definition, adopted by the CGPM at its 17th meeting in 1983, fixes the speed of light in vacuum c_0 . The metre is thus referenced to a true invariant, and can be conveniently realized by counting fringes using any one of a number of laser lines for which the frequency, and hence the wavelength, has been precisely determined. There is no case for any further changes to the definition of the metre at this time.

The kilogram, SI unit of mass, is still defined as the mass of the international prototype of the kilogram, as sanctioned by the CGPM at its first meeting in 1889. The prototype is made of an alloy of platinum-iridium, and has been kept in a safe at BIPM headquarters ever since. Some forty similar prototypes were manufactured at the same time, which were all machined and

polished to have the same mass. When these were compared with the original international prototype \mathfrak{K} once again in 1949 (the second verification), and again in 1989 (the third verification), it was found that these prototypes have been changing in mass relative to each other at a rate corresponding to changes of about 80 micrograms per century (a relative change of almost 1 part in 10^7). In the absence of any absolute reference it is not known which of the prototypes has been increasing and which decreasing in mass, and moreover it is possible that the entire ensemble of prototypes might have been drifting in mass together at an even greater rate. To put this into context, the best mass comparators at the BIPM are capable of comparing two Pt-Ir 1 kg standards to 1 part in 10^{10} . The conclusion has to be that we need a new and more stable definition for the kilogram. This was already recognized in Resolution 7 of the CGPM adopted at its 21st meeting in 1999.

For the last fifty years the problem of finding a new definition of the kilogram has been discussed. Two alternative new definitions have been considered. The first is to define the kilogram as a specified multiple of the mass of an atomic particle, perhaps the carbon 12 atom; this would effectively fix the value of the Avogadro constant N_A . The second is to define the kilogram to fix the value of the Planck constant h . Since the SI unit of h is $\text{J s} = \text{kg m}^2 \text{s}^{-1}$, and as the metre and the second are already defined, fixing the numerical value of h has the effect of defining the kilogram.

The advantage of a definition of the kilogram in terms of the mass of the carbon 12 atom is that it is conceptually simple, but it would still be seen as a definition tied to a particular atom, or particle, that is arbitrarily chosen. This definition may be directly realized by the X-ray crystal density (XRCD) experiment to determine the value of the Avogadro constant, or indirectly by the watt balance to determine the Planck constant and then the Avogadro constant using the relation between these constants (given below).

The advantage of a definition referenced to the value of the Planck constant h is that h is the fundamental constant of quantum mechanics (just as c_0 , used to define the metre, is the fundamental constant of relativity theory). It may be directly realized by using a watt balance, or indirectly by the XRCD experiment. It has a significant advantage for bringing the electromagnetic units into the SI, as discussed below under the ampere. The disadvantage of the definition in terms of h is that it is relatively complicated to comprehend.

A further consideration in choosing between these alternatives is that h and N_A are related through the equation

$$h = \frac{c_0 A_r(\text{e}) \alpha^2 M_u}{2R_\infty N_A}$$

where $A_r(\text{e}) = m_e/m_u$ is the relative atomic mass of the electron, α is the fine structure constant, $M_u = 1 \text{ g/mol}$ is the molar mass constant, and R_∞ is the Rydberg constant. All the quantities in this equation except h and N_A are either known exactly or are known to parts in 10^9 or less. However the present situation is that N_A is known from the XRCD experiment with a relative standard uncertainty of about 3×10^{-7} , and h from the watt balance with an uncertainty of about 4×10^{-8} , but the results for h and N_A are inconsistent in the above relation by about 1×10^{-6} in relative value. New experiments at present in progress may well resolve this discrepancy in the next few years.

The ampere, SI unit of electric current, is at present defined in terms of the force between two infinitely long and thin parallel wires of negligible cross-section carrying a current. This definition, adopted by the CGPM in 1948 at its 9th meeting, has the effect of fixing the value of

the magnetic constant (permeability of vacuum) μ_0 . Because the definition of the metre fixes c_0 , fixing μ_0 also fixes the electric constant (permittivity of vacuum) ϵ_0 , and hence also the impedance of vacuum Z_0 , through relations between the fundamental constants.

An alternative definition now being considered is to define the ampere to fix the value of the elementary charge e (the charge on a proton), by specifying the number of elementary charges per second corresponding to a current of one ampere. This new definition would have the advantage that, if the kilogram were defined to fix h and the ampere were defined to fix e , then the quantities $2e/h$ and h/e^2 would both have exactly defined values. These are the theoretical relations believed to hold for the Josephson constant K_J and the von Klitzing constant R_K , respectively, which are used in electrical metrology for all precise measurements of electrical potential difference and electrical resistance using the Josephson and quantum Hall effects. Electrical metrology today is made in terms of conventional values of these constants, K_{J-90} and R_{K-90} , which differ from their true SI values. Thus if we had precisely defined values for K_J and R_K it would bring electrical metrology into the SI.

Another way of comparing these two alternative definitions of the ampere is to note that the present definition fixes the values of μ_0 , ϵ_0 , and Z_0 , thus defining the ampere through the properties of vacuum, whereas the suggested new definition would fix the value of e and define the ampere through the properties of the electron. It is a choice between defining the ampere using the properties of vacuum as the reference, or using the properties of an electron as the reference.

It is important to note in this connection that recent measurements have led to a much improved precision in our knowledge of the fine structure constant α , which is now known with a relative standard uncertainty of about 7×10^{-10} . Owing to the relation between the constants

$$\alpha = e^2/hc_04\pi\epsilon_0 = c_0e^2\mu_0/4\pi h$$

it follows that, if the value of h is fixed by the definition of the kilogram and the value of c_0 by the definition of the metre, then the relation between μ_0 and e^2 would be known with the rather small relative uncertainty of 7×10^{-10} . Thus the present definition of the ampere, which fixes the value of μ_0 , implies that the uncertainty in the value of e is only 3.5×10^{-10} . Looking at the alternative choice of defining the ampere to fix the value of e , it implies that the uncertainty in the value of μ_0 would be only 7×10^{-10} . It follows that the difference between defining the ampere to fix μ_0 or alternatively to fix e is small.

The kelvin, SI unit of thermodynamic temperature, is at present defined to make the value of the temperature interval between absolute zero and the triple point of pure water equal to 273.16 K. It thus defines the temperature of the triple point of water, T_{TPW} , to be 273.16 K exactly. This definition was sanctioned by the CGPM at its 13th meeting in 1968. Although the temperature of the triple point of water is a true invariant, it is difficult to realize in practice due to the difficulty of obtaining sufficiently pure water of the specified isotopic composition. A simpler definition that would not depend upon the properties of any particular material, and would be referenced to a fundamental constant, would be to adopt a definition that simply specifies the value of the Boltzmann constant k (or k_B) which relates thermal to mechanical energy.

The mole, SI unit of amount of substance, is at present defined to fix the molar mass of carbon 12 to be exactly 12 g/mol. An alternative definition would be to define the mole by simply specifying the number of elementary entities in a mole; this would in effect fix the value of the Avogadro constant. This new definition would have the advantage of greater conceptual

simplicity, and would define the mole in a manner that is independent of the definition of the kilogram.

The candela, SI unit of luminous intensity, is defined by specifying the characteristics of a monochromatic source that will have in a given direction an intensity of one candela. There is no proposal at present to revise this definition.

The four base units for which there is at present discussion of adopting new definitions are thus the kilogram, ampere, kelvin and mole. Possible revised definitions are as described briefly above.

Reports from other Consultative Committees and other bodies

At its recent meeting in June 2007 the CCU had before it reports to the CIPM from a number of other bodies on the alternative definitions presently being discussed. These were stimulated by the Recommendation 1 (CI-2005) of the CIPM, requesting consideration of the possible changes. The CCU also had guests at its recent meeting representing each of the other bodies who have submitted a report, so that they could speak to their proposals. Prof. Mills first commented briefly on each of these reports.

CCEM The Consultative Committee for Electricity and Magnetism has submitted a report giving unambiguous support for redefining the kilogram to fix h and the ampere to fix e . This is embodied in their Recommendation E 1 (2007). It recommends that this change should be made as soon as reasonably possible, and the year 2011 is specifically mentioned as the date for the change. Their primary argument for this change is that it would bring electrical metrology, which is now universally based on the use of the Josephson effect to measure electrical potential difference and the quantum Hall effect to measure electrical resistance, into line with the SI, through the use of defined values for e and h in the relations $K_J = 2e/h$ for the Josephson constant and $R_K = h/e^2$ for the von Klitzing constant.

CCM The Consultative Committee for Mass and Related Quantities strongly supports finding a new definition for the kilogram, either in terms of a fundamental particle (e.g. to fix N_A), or in terms of the Planck constant (to fix h). It does not explicitly choose between these alternatives. It recommends that the change should not be made until the present inconsistency between the XRCD measurement of N_A and the watt balance measurement of h has been resolved, and three independent results of the relevant constants are in agreement. It recommends that great care should be taken over the *mises en pratique* to accompany any new definitions of units.

CCQM The Consultative Committee for Amount of Substance welcomes the opportunity to clarify the status of the mole with a new definition. It recommends that the quantity amount of substance should be retained as a base quantity, with its own dimension, and base unit, the mole. Although redefining the mole to fix the value of N_A would mean that the molar mass of carbon 12 would become an experimentally determined quantity with an uncertainty, rather than an exactly defined quantity, the relative uncertainty would be only 1.4×10^{-9} , which would not be a problem for chemical metrology.

CCT The Consultative Committee for Thermometry presented an unambiguous report in favour of redefining the kelvin to fix the value of the Boltzmann constant. Although this would not lead to any significant improvement in our ability to measure thermodynamic temperature at present, it would open the way to future improvements using primary thermometers that already include the Boltzmann constant in their equation of state. It would also be in line with the general ambition to use fundamental constants as references for our units.

Académie des Sciences, Working Group on base units and fundamental constants

In addition to its written report, the CCU had five members of the Académie Working Group present at our CCU meeting in June, including Jean Kovalevsky (Chairman). Their report reviewed the relations between the various constants, μ_0 , ε_0 , Z_0 , c_0 , h , e , α , K_J , R_K , and q_P (the Planck charge). The Working Group supports the redefinition of the kilogram to fix the value of h , but advises that this should await resolution of the present inconsistency between the XRCD measurement of N_A and the watt balance measurement of h . Most of their report, and also the discussion at the CCU meeting, concerned the choice between the two alternative ways of defining the electrical units. As indicated above, these are:

(i) to define the ampere to fix μ_0 , which is the present definition of the ampere, and is also equivalent to fixing the values of ε_0 and Z_0 (and the Planck charge q_P if h is fixed), leaving the value of e to be determined experimentally;

(ii) to define the ampere to fix e , the elementary charge (charge of a proton), which is also equivalent to fixing the values of $2e/h$ (theoretical expression for K_J) and h/e^2 (theoretical expression for R_K), leaving the values of μ_0 , ε_0 , Z_0 , and q_P to be determined from experiment. (It should be noted, however, that because the definition of the metre fixes the value of the speed of light in vacuum, it is only necessary to determine one of these constants experimentally – the others may then be calculated from that value without any increase in uncertainty.)

The choice (i) attaches the greater importance to the properties of vacuum, and the choice (ii) to the properties of the electron. The Working Group observes that if we assume the relations $K_J = 2e/h$ and $R_K = h/e^2$ to hold, the choice (ii) has the advantage of giving exactly defined values of the Josephson and von Klitzing constants, but the Working Group warn that further small correction terms to these relations are possible.

The Académie Working Group was divided on how best to make this choice, with a majority preferring the choice (i) defining the properties of the vacuum over the choice (ii) defining the properties of the electron.

IUPAP The report from IUPAP made the following recommendation: that the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole should all be redefined to fix the values of the Planck constant h , either the elementary charge e or the impedance of vacuum Z_0 , the Boltzmann constant k , and the Avogadro constant N_A , respectively.

The report discussed briefly the alternative possibility of defining the kilogram in terms of the mass of a specified number of carbon atoms, but expresses a preference for a definition to fix h .

The IUPAP report also observes that:

- Definitions that fix the values of appropriate fundamental constants are sufficient to define units; further descriptive words may have pedagogical value for the definitions, but they are not actually needed. Nor is it necessary to specify certain units as base units: the entire system of units may be defined by specifying the values of appropriately chosen fundamental constants.
- The proposed definitions do not make any assumptions about the exactness of the relations $K_J = 2e/h$ and $R_K = h/e^2$. Should correction terms to these relations be later discovered, electrical measurements could be modified to take these into account.
- It is suggested that the existing kilogram prototype be maintained as a practical SI standard for macroscopic mass measurements for as long as deemed useful by the mass community.

- The latest available CODATA recommended values of the constants be used in all new definitions.
- The proper time for redefining the kilogram is when the definition can be realized by measurements such as the watt balance experiment to an accuracy comparable to the uncertainties in the mass of the prototype due to drifts in its mass over time.
- Efforts to improve experiments that link macroscopic mass measurements to fundamental constants should be continued.

ISO/TC12 Technical Committee 12 of ISO submitted a report which mainly represents the views of the Secretariat. The committee supports defining the ampere to fix μ_0 rather than e . It favours redefining the kilogram in terms of the mass of an atom rather than to fix the Planck constant h , and it would also like to adopt a new name for the kilogram that does not involve the prefix kilo. It favours defining the mole to fix N_A , and the kelvin to fix k .

IEC/TC25 TC25 set up a Working Group on the redefinition of the ampere, which has met twice in the last year. The TC25 Working Group voted almost unanimously in favor of defining the ampere to fix e , the elementary charge.

The CCU also noted a number of other published papers: the complete set of papers submitted to the CCU at its 18th meeting is available on the CCU restricted-access website as a ZIP file. Of particular note are the three published papers:

- Redefinition of the kilogram, ampere, kelvin and mole: a proposed approach to implementing CIPM Recommendation 1 (CI-2005), by I.M. Mills, P. Mohr, T.J. Quinn, B.N. Taylor and E. Williams, *Metrologia*, 2006, **43**, 227-246 (see also paper CCU/07-10, which is a concise summary of the paper by Mills *et al.*).
- Considerations on future redefinitions of the kilogram, the mole and of other units, by P. Becker, P. de Bièvre, K. Fujii, M. Gläser, B. Inglis, H. Lübbig, and G. Mana, *Metrologia*, 2007, **44**, 1-14 (see also the paper CCU/07-06 which is a concise summary of the paper by Becker *et al.*)
- Base units of the SI, fundamental constants and modern quantum physics, by Ch. Bordé, *Phil. Trans. Roy. Soc. A*, 2005, **363**, 2177-2201.

The CCU also received further relevant (unpublished) papers with the titles:

- Some personal thoughts for the 18th meeting of the CCU, by B.N. Taylor, CCU/07-07;
- A few comments on the reform of the SI, by Ch. Bordé, CCU/07-17;
- Concise summary of tests of the exactness of the relations for K_J and R_K , by P.J. Mohr, B.N. Taylor and D.B. Newell, CCU/07-08;
- Alternative ways of defining the kilogram, ampere, kelvin and mole, by I.M. Mills, CCU/07-09.

The views of the CCU at its 18th meeting

An extensive general discussion of alternative ways of revising the definitions of the base units of the SI took place at the 18th meeting of the CCU in June 2007. No votes were taken, but the following points are the President's summary of the sense of the meeting that emerged from our discussion.

The only true invariants of nature that can be used to define the base units of the SI are the fundamental constants of physics or the properties of simple atoms. This is the subject of quantum metrology, and our objective should be to define all the base units of the SI in this way.

Although it is clearly desirable to adopt simple definitions that are easy to comprehend, especially for non-experts in modern theoretical physics, the nature of modern quantum physics is such that this is not always possible. This problem may be to some extent alleviated by offering simple *mises en pratique* for the realization of the definitions, and it is important to pay attention to this. However the fundamental principles of the definition of a base unit should be clearly distinguished from its realization, which may often be achieved in a variety of different ways.

The principles behind any new definition of a base unit may be conveniently summarized by stating which of the fundamental constants are fixed by each definition.

All changes to the definitions of base units should be made to preserve continuity in the values of the constants concerned, by making use of the latest CODATA estimates of the values of the fundamental constants at the time of adopting any new definitions. Here “continuity” means that measurements made using the new definitions should agree with measurements made using the old definitions to the extent that the uncertainty of measurements allow.

The actual words used to express the definition of a base unit may usually be formulated in a variety of different ways for the same definition. This is an important aspect of the definition. Although it is desirable to decide the principles of each definition as soon as possible if the new definitions are to be implemented in 2011 (as discussed at our meeting), the words used to express each definition require careful consideration, and do not have to be finally decided until perhaps 2009 for a change to be implemented in 2011.

The meeting was unanimous in agreeing that a new definition of the kelvin, unit of thermodynamic temperature, should be adopted to fix the value of the Boltzmann constant k (or k_B). This would escape the dependence of the present definition on the properties of a particular material which is difficult to realize (pure water of a specified isotopic composition), and replace it by a definition referenced instead to a fundamental constant. If this change is made, k would become an exactly known constant, and the temperature of the triple point of water T_{TPW} would become an experimental quantity. The relative standard uncertainty in T_{TPW} if the change were to be made now would be 0.46 mK. This uncertainty in T_{TPW} would not significantly change the thermodynamic uncertainty in measurements of temperature on the international temperature scale ITS-90.

Of the two alternative ways of defining the kilogram in terms of a fundamental constant, the meeting recognized that a definition in terms of the mass of a particle (such as the carbon 12 atom, which would fix the value of the Avogadro constant N_A) has the advantage of ease of comprehension. However a definition to fix the value of the Planck constant h is more closely related to modern quantum physics, is not dependent on an arbitrarily chosen particle, and has significant advantages for electrical metrology as discussed below. The feeling of the majority in the meeting of the CCU was clearly in favour of a new definition of the kilogram to fix the Planck constant h rather than the Avogadro constant N_A . There was also a clear feeling that a new definition of the kilogram should not be implemented until the present inconsistency between the XRCD measurements of N_A and the watt balance measurements of h has been satisfactorily resolved. The meeting wished to encourage all further experiments to better determine the values of the Planck constant and the Avogadro constant.

The possible difficulty of comprehending a definition of the kilogram that fixes h would be mitigated by emphasizing the intention that one way of realizing the new definition will be to maintain one or more mass standards at the BIPM as references whose values will be measured from time to time by a watt balance (or any other method linked to h directly). In this way the present close coordination of practical mass standards throughout the world will be maintained, but the unit of mass will be linked by the new definition to an invariant of nature, h , rather than to a prototype whose mass is known to be drifting with time. However there will be nothing to stop any laboratory at any time making its own direct measurement of mass using the new definition in the same way that it can directly realize the second or the metre at present.

Regarding the definition of the ampere, the choice is between defining the ampere to fix the value of μ_0 , and hence also ε_0 , Z_0 (and q_p if h is fixed), leaving the elementary charge e to be determined experimentally, or defining the ampere to fix e , leaving either the constants μ_0 , ε_0 , Z_0 or the constant q_p to be determined experimentally. The CCU meeting was strongly in favour of a definition to fix the elementary charge e . The meeting felt that defining the kilogram to fix h and the ampere to fix e would be a significant advantage for electrical metrology, despite the possibility of small correction terms to the relations $K_J = 2e/h$ and $R_K = h/e^2$ being one day discovered.

Regarding the definition of the mole, the CCU believes that it is important to retain the present situation in which “amount of substance” is regarded as a base quantity with its own dimension, with the mole as the corresponding base unit. The CCU recommends a new definition of the mole to fix N_A in place of the present definition to fix the molar mass of carbon 12, $M(^{12}\text{C})$. This would be simpler and thus desirable, and would have the advantage that the definition of the mole would no longer be dependent on the definition of the kilogram. The change would mean that the value of $M(^{12}\text{C})$ would become an experimental quantity, but the uncertainty in its value would be only 1.4×10^{-9} , which is so small that it would have no impact on chemical metrology.

The CCU is not recommending any change in the present definition of the candela. However the CCPR has recently established a task group within its Working Group on Strategic Planning to investigate the possible reformulation of the wording of the definition of the candela, and its potential impact on industry. Reformulation, through linkage to the Planck constant, h , would provide greater consistency among the definitions of the base units. This may better serve the additional needs of emerging sectors such as the quantum-based technologies.

Summary

To summarize, the CCU is advising that new definitions should be adopted for the kilogram, ampere, kelvin and mole to fix the values of h , e , k and N_A respectively. We believe that these changes should not be made until the present inconsistency between the XRCD measurements of N_A and watt balance measurements of h is satisfactorily resolved. We advise that it would be desirable to make all changes simultaneously, and we suggest planning to make these changes at the 24th meeting of the CGPM in 2011. We intend to report further in due course, suggesting words for these new definitions, and suggesting possible *mises en pratique*.

Prof. Mills concluded this report to the CGPM by noting that:

- on 26 March 1791 the first decree initiating the creation of the metric system began with the following words: “Considérant que, pour parvenir à établir l'uniformité des poids et mesures, il est nécessaire de fixer une unité de mesure naturelle et invariable et que le seul moyen d'étendre cette uniformité aux nations étrangères et de les engager à convenir d'un

système de mesure est de choisir une unité qui ne renferme rien d'arbitraire ni de particulier à la situation d'aucun peuple sur le globe...”; but that in choosing the definition of the new unit of length, the metre, to be based on a single measurement of the Paris meridian and realized as a platinum bar, le mètre des archives, this grand design could not be fully achieved at that time, and

- in 1870 James Clerk Maxwell said in his presidential address to the British Association for the Advancement of Science: “If, then, we wish to obtain standards of length, time and mass which shall be absolutely permanent, we must seek them not in the dimensions or the motion or mass of our planet but in the wavelength, the period of vibration and the absolute mass of these imperishable and unalterable and perfectly similar molecules”; but still, the knowledge of science and technology of the day did not allow Maxwell’s precept to be followed and the BIPM only fifteen years later adopted new standards of the metre and the kilogram that were artefact standards set to match the previous metre and kilogram of the Archives;
- now, at the dawn of the 21st century, we have the possibility of finally achieving what was sought by the founders of the metric system, Talleyrand and Condorcet, and later by Maxwell, namely, to establish a system of units that is firmly linked to the fundamental constants of nature and that would at last be “*naturel et invariable*” and “*ne renfermerait rien d’arbitraire ni de particulier à la situation d’aucun peuple sur le globe*”.

The CCU looks forward to a proposal from the CIPM at the 24th meeting of the CGPM in 2011 that embodies all these ideas and that presents to the Member States of the BIPM an SI well adapted to the 21st century. Prof. Mills concluded by thanking Dr Claudine Thomas for the work she was doing as Executive Secretary of the CCU.

The President opened the meeting for discussion and asked Prof. Mills about various ways of redefining the base units of the SI. In particular, he stressed the importance of defining the ampere by fixing μ_0 and not by fixing the electronic charge e ; as μ_0 was a property of the vacuum it was more fundamental than e . He also said that it was important that the CCU work on the exact wording of the proposed changes to the definitions of the base units; he said that initially he had been in favor of fixing e , but with time he had come to a new decision. It was important to give serious consideration to these proposed fundamental changes.

19 Report from the Working Group on the Dotation of the BIPM

Dr Kaarls, the Chairman of the Working Group on the Dotation of the BIPM (hereinafter the Working Group) had previously made a short statement on Thursday 15 November about the first round of discussions. In relation to Draft Resolution H, he reported that the Working Group had unanimously decided not to write off any outstanding debts from Member States, but would consider helping Member States in arrears to reschedule their debts, and that the Working Group was prepared to consider amending Article 6 of the Metre Convention, Appendix of 1921, at the 2011 meeting of the General Conference, to help with the problem of financial arrears.

The Chairman went on to say that in the first meeting of the Working Group, no agreement had been forthcoming about the proposed dotation increase of 15 %. Some members of the Working Group were in favour of funding the full amount, while other members were reluctant to fund such an increase. The Chairman said that it was important for the future of the BIPM that the Working Group agrees on a significant increase in the dotation for the coming four years, and that a majority of the Working Group delegates were not in favour of the development of a linear accelerator facility at the BIPM during the 2009-2012 programme of work. However, the Working Group was prepared to support a modification to Draft Resolution C in which the CIPM would be invited to present options for addressing future needs based on a linear accelerator to the CGPM at its next meeting.

On Friday 16 November, the Chairman of the Working Group reported to the General Conference on the second day of deliberations of the Working Group. He said that no agreement had been forthcoming from the Working Group on the original proposal from the CIPM for an 11 % step increase in the annual dotation with an additional 4 % for inflation each year of the quadrennium. The Chairman went on to say that under the terms of the Metre Convention, the re-evaluated dotation must be agreed unanimously by the General Conference or there must only be abstentions as the vote on the dotation is binding only if none of the States expressed an opinion against. In view of this requirement, the proposed dotation was revised downwards and was further discussed. He noted that the BIPM was likely to have difficulties living with the final proposed dotation, which is a step increase of 1.6 %, with 2 % increase for inflation in the first year and 2 % for inflation in the subsequent three years. The Chairman commented that in response to this proposed dotation several Member States had offered to make voluntary contributions to assist the BIPM.

The President opened the meeting to discussion.

Dr Inglis (Australia) said that an increase in the dotation of 1.6 % was totally inadequate for the BIPM to implement the programme of work, and that Australia would be abstaining in the subsequent vote on the proposed dotation.

Mr Gunn (United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland) commented that the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland understood the many problems expressed by some Member States during the discussions in the Working Group, but he asked Member States to find ways of helping the BIPM.

The representatives of both Brazil and Egypt expressed support for the BIPM, but said they would be abstaining in the vote of the proposed dotation as they thought it inadequate.

Dr Kumar (India) commented that given the size of the proposed dotation, there would likely need to be cuts in programmes at the BIPM; he asked which current activities would continue

and which would not. He also went on to ask about having an additional discretionary contribution to the dotation. The President of the CIPM replied that the discretionary contribution did not work well and should be avoided.

The Director of the BIPM said that with a step increase of only 1.6 % in its dotation, the BIPM would not be able to deliver the programme of work at its present level. The CIPM would have to look at the current and proposed programme and prioritize it. He went on to express his bitter disappointment at the results of the discussions in the Working Group, given the expressions of support he and the BIPM had received.

Dr Jones (New Zealand) said that perhaps a new approach was required for deciding the future dotation of the BIPM. Perhaps the Metre Convention needed to be changed to prevent a few Member States from vetoing the proposed dotation when at the same time a large number of States are willing to support the proposed dotation. He went on to say that in his view, voluntary contributions were not a practical solution. The Chairman of the Working Group commented that, yes, perhaps it was time to consider changing the Metre Convention.

Dr Cruz (Portugal) expressed his disappointment with the proposed dotation. He asked why it was only at the very last minute that the lack of consensus within the Working Group on the Dotation of the BIPM had become evident. The various delegates of Member States had done their work with their respective governments, why had there been no early warning about this lack of consensus, given that the BIPM's proposed dotation had been circulating for some months.

Dr Louw (South Africa) commented that South Africa had supported a larger proposed dotation. He went on to say that the final Resolution, upon which delegates would vote, must contain some mechanism for Member States to make voluntary contributions to the BIPM. This point was also made by Dr Steele (Canada) who said that a lot of goodwill had been expressed by Member States concerning the work of the BIPM, and although voluntary contributions were not an ideal solution to the financing of the BIPM, the final Resolution should have some wording which made it possible for individual Member States to make voluntary contributions.

Dr Tanaka (Japan) said that Japan had been prepared to vote for a larger dotation, but that there should be means of allowing Member States to make voluntary contributions to support the work of the BIPM. This point was also made by Dr Chung (Republic of Korea), who went on to say that the BIPM should use its influence with NMIs to get them to request greater resources from their national governments. She also commented that a more flexible approach to funding the BIPM was required, which might require moving away from the present text of the Metre Convention.

Dr Roberts (United States of America) commented that while everyone wished to help the BIPM, some governments were not in a position to make a greater contribution, given their national fiscal constraints. It was important to be realistic about the funding position, and to encourage the BIPM to seek other sources of raising revenue.

Dr Quinn commented that this was the third meeting of the General Conference where the Dotation needed to finance the science and work of the BIPM, which all thought important, had not been voted. It was essential for the future that the BIPM demonstrate the importance of international metrology, and look to the next meeting of the CGPM to demonstrate why the BIPM should be supported. He mentioned that the BIPM was at the heart of the CIPM MRA and that this was the way forward. It was not necessary to rewrite the Metre Convention; there was a

great deal of willingness among Member States to support the BIPM and that this support should be harnessed.

When the revised text of Draft Resolution C was presented, the United States delegation stated that it would veto the Resolution if the dotation increase of 1.6 % was based on the dotation plus the additional discretionary contribution voted for 2008 by the 22nd meeting of the CGPM, rather than, as had been assumed by the United States of America delegation, only on the dotation.

The President announced that there would be a further meeting of the Working Group on the Dotation late in the morning of Friday 16 November in order to address this turn of events.

Dr Kumar (India) asked what would happen if a Member State vetoed the proposed Resolution on the dotation which eventually surfaced from the Working Group. The President replied that such a situation might result in the need to reconvene a meeting of the CGPM to reconsider the problem of the BIPM dotation.

After a third meeting of the Working Group on the Dotation, the Chairman of the Working Group later reported that it had revised the proposed text of Resolution C to include an additional discretionary contribution of 4 % of the dotation voted for 2008. Thus, the proposed text includes an increase in the dotation of 1.6 % in 2009, plus a 2 % increase each year for inflation; and an additional discretionary contribution of 4 % of the dotation voted for 2008 for 2009 plus 2 % each of the succeeding three years for inflation. The Chairman of the Working Group reminded delegates that if there were any vetoes against this proposed Resolution when it was voted, the General Conference would need to meet again within a period of time to be specified.

20 Proposals from delegates

The President asked if there were any proposals from delegates, and there were none.

21 Renewal of half of the International Committee

The Metre Convention requires that at every General Conference, one half of the members of the CIPM must be renewed. Dr Carneiro, Mr Énard, Dr McLaren, Dr Sacconi, the four members who had been provisionally elected since the last General Conference, were the first to be nominated for ballot. The Secretary of the CIPM, Dr Kaarls, outlined to the delegates that at the last meeting of the CIPM (held the previous week at BIPM headquarters), a list of five additional CIPM members was drawn by ballot: Dr Bennett, Dr Kaarls, Prof. Moscati, Dr Semerjian and Dr Valdés, and that these nine members would be proposed for re-election by the CGPM.

Voting papers were then distributed to the delegations, and the delegates eligible to vote deposited their votes in the despatch box.

After the votes had been counted, the four provisional members of the CIPM were elected: Dr Carneiro, Mr Énard, Dr McLaren and Dr Sacconi. In addition, the five re-elected members of the CIPM were Dr Bennett, Dr Kaarls, Prof. Moscati, Dr Semerjian and Dr Valdés.

22 Votes on all Resolutions

Draft Resolution A: On the initiatives taken to strengthen the collaboration between National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies

There were no changes to the text of this Resolution, which was unanimously adopted without discussion as Resolution 1.

Draft Resolution B: On the report of the International Committee to the General Conference on Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM)

There were no changes to the text of this Resolution, which was unanimously adopted without discussion as Resolution 2.

Draft Resolution C: Dotation of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) for the years 2009 to 2012

The Secretary of the CGPM read the final revised text of this Resolution and said that there would first be a blank vote and then the formal vote. Before the vote, Prof. Valdés (Argentina) asked why those Member States who wished to make a voluntary contribution to the BIPM could not announce their intention here and now. The President of the CIPM replied that not all

States are in a position at present to announce that they are able to make a voluntary contribution. In the initial blank vote, the United States of America and Mexico abstained and all other Member States accepted the proposed Resolution. This result was repeated in the formal vote taken immediately after the blank vote. Draft Resolution C was adopted as Resolution 3 with forty-two votes for and two abstentions (United States of America and Mexico).

Draft Resolution D: On the relevance to trade of the CIPM Mutual Recognition Arrangement, and other related Arrangements

There were no changes to the text of this Resolution, which was unanimously adopted without discussion as Resolution 4.

Draft Resolution E: On Associate States of the General Conference

Mrs Chambon (France) commented that France wanted changes to the proposed text. The revised text was subsequently voted upon and unanimously adopted as Resolution 5.

Draft Resolution F: On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference

Dr Kumar (India) asked for some clarification of the proposed text, but did not ask for any change of the text. Dr Steele (Canada) did ask for a change in wording. The revised text was subsequently voted upon and unanimously adopted as Resolution 6.

Draft Resolution G: On the importance of promoting the work carried out under the Metre Convention to encourage more States to accede to the Metre Convention or become Associates of the General Conference

Mr Énard (France) spoke against this Resolution, saying that it was not a core activity of the BIPM, and that the BIPM did not have the resources necessary to undertake such work. He said that France would abstain in the vote on the proposed Resolution.

Dr May (United States of America) was also critical of this Resolution, saying that there were better means available to assisting developing countries enter the world measurement system.

The proposed Resolution was put to the vote, where Canada, France and the United States of America abstained and the other forty-one Member States supported the Resolution, adopted as Resolution 7.

Draft Resolution H: On financial arrears of Member States

The Chairman of the Working Group on the Dotation of the BIPM commented that there had been unanimous support for this revised Resolution in the Working Group. The revised text was subsequently voted upon and unanimously adopted as Resolution 8.

Draft Resolution I: On the revision of the *mise en pratique* of the definition of the metre and the development of new optical frequency standards

There was a change to the list of years given in the text of this Resolution, which was unanimously adopted without further discussion as Resolution 9.

Draft Resolution J: Clarification of the definition of the kelvin, unit of thermodynamic temperature

There were no changes to the text of this Resolution, which was unanimously adopted without discussion as Resolution 10.

Draft Resolution K: On the importance of SI traceable measurements to monitor climate change

There were no changes to the text of this Resolution, which was unanimously adopted without discussion as Resolution 11.

Draft Resolution L: On the possible redefinition of certain base units of the International System of Units (SI)

There were no changes to the text of this Resolution, which was unanimously adopted as Resolution 12. After the vote, Prof. Thor (Sweden) welcomed the availability of choice in the proposed new definitions of the SI base units, and went on to say that he had a suggestion for a new name for the kilogram.

The final texts of the Resolutions are presented on pages 421-435.

23 Other business

There was no other business.

24 Closure of the 23rd meeting of the CGPM

The President brought the 23rd meeting of the General Conference to an end by saying what a pleasure it had been for him to serve, and thanked the President of the CIPM, Prof. Göbel; the Secretary of the CGPM, Dr Kaarls; and the Director of the BIPM, Prof. Wallard. He went on to offer his congratulations to the new Deputy Director and Director Designate of the BIPM, Prof. Kühne, and to thank the staff of the BIPM for their contributions to the 23rd meeting of the General Conference and the French Ministère des Affaires Étrangères et Européennes for the use of the facilities.

The Director of the BIPM thanked the President, Prof. Bordé, for his Presidency of the 23rd meeting of the General Conference, the members of the Working Group for their hard work and the staff of the BIPM for their efforts.

**Resolutions adopted by the
23rd meeting of the General Conference
on Weights and Measures (2007)**

■ **On the initiatives taken to strengthen the collaboration between National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies**

Resolution 1

The 23rd General Conference,

noting the initiative by the International Committee for Weights and Measures (CIPM) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) to address the concerns raised in Resolution 11 of the 22nd General Conference on the importance of a close technical relationship between the staff of National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies,

welcomes

the joint statement by the CIPM and the ILAC on the role and responsibilities of National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies,

the regular meetings now taking place internationally, regionally and nationally to strengthen the relationship,

the work of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) and the ILAC to identify areas of collaboration between the two bodies so as to strengthen the integrity of traceable measurements worldwide with the aim of benefiting users of the world metrology system,

recommends Member States to take note of the joint statement and to adapt it to their national situation,

invites the BIPM and the ILAC to pursue further initiatives to enhance their cooperation and regular dialogue.

■ **On the report of the International Committee to the General Conference on Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM)**

Resolution 2

The 23rd General Conference,

considering

Resolution 5 of the 22nd General Conference which noted the report on the long-term needs related to metrology, and which invited the International Committee to keep a careful watch on the increasing demands placed on National Metrology Institutes and the BIPM in relation to evolving needs,

the request of the 22nd General Conference to the International Committee to report to the 23rd General Conference on the adequacy of the response of the BIPM to meet these needs, together with any financial and programme implications there may be in meeting such international needs through the activities of the BIPM, and to update its 2003 Report,

notes

the continuing rise of requirements for improved measurement standards; for adoption of metrological concepts in new areas; and for an increase in national and international resources to address such issues,

the relevance of metrology to trade, innovation and emerging technologies,

the initiatives taken by the BIPM and the Consultative Committees of the International Committee to liaise, and collaborate, with an increasing number of intergovernmental organizations and international bodies with responsibilities in areas such as environment and climate change, health, food, drugs, and forensic work,

that as a result of this collaboration, there has been an expansion of the impact and influence of the scientific and technical activities carried out under the auspices of the Metre Convention,

welcomes

the updated report “Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM”, presented to the 23rd General Conference,

the initiatives taken by the International Committee to address the issues of traceability in materials metrology,

proposals to address a number of these evolving needs in the BIPM programme of work,

thanks the many organizations and individuals who contributed to the report of the International Committee, and

invites

the International Committee, Member States, and National Metrology Institutes to support initiatives to intensify the impact of concepts such as traceability to the International System of Units, and uncertainty of measurement into as many areas of economic and societal activity as possible,

the International Committee to identify the highest priorities for improved metrology in areas such as nanotechnology, biosciences, medicine, food and environmental measurements and to prepare proposals for initiatives to be taken by the BIPM at the international level,

National Metrology Institutes to address evolving needs and to note the liaison and other work of the BIPM at the intergovernmental and international level so as to develop the collaborations necessary to pursue them at a national level,

the International Committee to report to the next General Conference on the adequacy of the response of the BIPM to meet these needs and to consider whether they have implications for the coordination of the laboratory work of the BIPM and to come forward, if necessary, to the 24th General Conference with proposals in the BIPM programme of work for 2013-2016,

the International Committee to continue to report to subsequent General Conferences on evolving needs in metrology.

■ **Dotation of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) for the years 2009 to 2012**

Resolution 3

The 23rd General Conference,

considering

- the increased importance of the work of the BIPM to facilitate international trade and industrial innovation, to the assessment of climate change and human health, and the nutritional content and safety of food in all Member States,
- the record of the BIPM as a scientifically expert body which reacts to the needs of Member States,
- the broadened responsibilities contained in the programme of work for 2005-2008 and which would be further broadened in the proposed 2009-2012 programme of work,
- the way in which the BIPM continues to adopt best management practice and improve the efficiency and effectiveness of its staff,
- the difficulty of the BIPM, for financial reasons, to recruit an adequate number of staff to meet programme goals presented to Member States,
- the initiatives taken by the BIPM to attract a greater number of its staff through secondments and fixed-term contracts or other short-term arrangements,
- that the BIPM's financial reserves need to be at a level which ensures that the BIPM can operate with adequate financial security in a changing world,
- the overall impact of previous financial and other decisions by the CGPM on the BIPM's budget,

thanks those Member States and their National Metrology Institutes (NMIs) who have supported the work of the BIPM through a variety of voluntary contributions,

notes that some Member States and NMIs have already expressed their firm intention to make voluntary contributions to support the programme of work of the BIPM,

urges NMIs to continue to provide their voluntary support, of all kind, to the BIPM at least at the level of their 2005-2008 contributions,

further urges Member States, as well as international organizations, private organizations and foundations also to provide additional voluntary financial and other support,

invites the CIPM to present, to the 24th CGPM, options for addressing the needs for dosimetry comparisons and calibrations using a linear accelerator,

decides that the fixed part of the annual dotation of the BIPM will be increased in such a way that the fixed part and the complementary part (defined in Article 6, 1921, of the Rules annexed to the Metre Convention (1875)) shall, for those States that are parties to the Metre Convention at the time of the 23rd General Conference be:

10 540 000 euros in 2009

10 751 000 euros in 2010

10 966 000 euros in 2011

11 185 000 euros in 2012,

and further decides to support the increasing workload of the BIPM by an additional discretionary contribution of:

407 000 euros in 2009

415 000 euros in 2010

423 000 euros in 2011

431 000 euros in 2012,

requests Member States to declare to the BIPM, as soon as possible, their intention to pay their share of this discretionary contribution,

and requests the Director and the CIPM to prioritize the activities proposed in the programme of work in light of the dotation agreed by the CGPM.

■ **On the relevance to trade of the CIPM Mutual Recognition Arrangement, and other related Arrangements**

Resolution 4

The 23rd General Conference,

considering

- that in order to facilitate trade, it is necessary to reduce or eliminate barriers which may exist as a result of a lack of equivalence of the realization of the International System of Units at a national level,
- that the CIPM Mutual Recognition Arrangement, the Arrangement of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) and the Mutual Acceptance Arrangement of the International Organization of Legal Metrology (OIML) complement each other and support a uniform worldwide metrology system,
- the role of the Technical Barriers to Trade Committee (TBT) of the World Trade Organization (WTO) and the mutual benefit which would be achieved through a joint activity to address traceability issues,

noting and welcoming

- the initiatives taken by the International Committee to respond to Resolution 6 of the 22nd General Conference on the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement,
- the signature by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) of a common statement which promotes the use of the CIPM Mutual Recognition Arrangement, the Mutual Acceptance Arrangement of the OIML and the ILAC Arrangement, which was drawn up by these three bodies and which was transmitted to intergovernmental organizations, international bodies, and to bodies whose work is influenced by these Arrangements,
- the positive responses received from a number of bodies to whom the joint statement was sent,

and further noting that the long-standing application made by the BIPM for observer status at the WTO Committee on TBT has still not received a favourable response,

requests Member States to address any impediments to the acceptance of this application as soon as possible.

■ On Associate States of the General Conference**Resolution 5**

The 23rd General Conference,

considering

- Resolution 3 of the 21st General Conference,
- that the status of Associate State should be a possible first step to accede to the Metre Convention,
- the technical and economic benefits gained by Associates,
- the level of the financial subscription of the Associates in relation to these activities and benefits,
- the increasing costs to Member States of the participation of Associates in the CIPM MRA and in some elements of the work of Consultative Committees,

invites the International Committee to draw up criteria which would enable it to review whether it would be appropriate for an Associate to become a Member State and to report to the 24th General Conference on any changes to the conditions regarding the status of Associate,

decides

- that the International Committee will review the situation of each Associate State five years after its admission as an Associate with a view to encouraging it to accede to the Metre Convention,
- 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, and
- that an Associate State which accedes to the Metre Convention will pay an entrance fee from which its subscriptions paid as Associate of the CGPM, will be deducted, up to a maximum of five years subscription.

■ On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference**Resolution 6**

The 23rd General Conference,

considering

- Resolution 3 of the 21st General Conference,
- the discussions at the 22nd General Conference concerning the admission of formal regional economic cooperations as Associate Economies of the General Conference,
- that the Associate status has been granted to such an Economy,
- the desirability of setting criteria against which such applications be assessed,

decides

- that the International Committee shall develop criteria against which applications from Economies to become Associates of the CGPM should be assessed and to submit these criteria for approval to the next CGPM,
- that no further Economies shall become Associates of the CGPM until these criteria are approved by the CGPM.

- **On the importance of promoting the work carried out under the Metre Convention to encourage more States to accede to the Metre Convention or become Associates of the General Conference**

Resolution 7

The 23rd General Conference,

considering

- that, in 1999, at its 21st meeting, the General Conference created the category of Associate of the General Conference for States which did not then accede to the Metre Convention and for Economies to facilitate the participation in the CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA) by States that might have an initial difficulty in allocating sufficient funds to meet the cost of acceding to the Metre Convention,
- the increasing number of States in development and States in transition that have become Associates of the General Conference,
- that it is in the interest of all States and Economies to establish links through their coordinating National Metrology Institute (NMI) to the world's measurement system organized and coordinated under the auspices of the Metre Convention,
- that there remain however a large number of States that find difficulties in accomplishing the formalities and paying the subscription required to become an Associate,
- that it is in the interest of all States and Economies to reduce, and to avoid, technical barriers to trade by becoming signatories to the CIPM MRA,
- that the Member States wish to create a simple, all inclusive, and cost-effective way to establish such links and to encourage these States to accede to the Metre Convention or become Associates of the General Conference,

recalling Resolution 4 of the 22nd CGPM on the value and benefits of the Metre Convention for the Member States and for Associates of the General Conference, and which invites Member States to promote wider membership,

welcomes the work of the Regional Metrology Organizations (RMOs) in promoting among their members the accession to the Metre Convention and the status of Associate of the CGPM,

decides

- that the BIPM should undertake a limited outreach activity to alert NMIs of States in development and in transition to the benefit of becoming a Member State or an Associate of the CGPM,

- that the BIPM shall set a policy open to the NMIs of those States which did neither accede to the Metre Convention nor become Associates of the General Conference, giving access to information related to the activities of the BIPM and enabling them to participate in seminars or meetings initiated, organized, or supported by the BIPM and which are dedicated to those States which address issues such as the international recognition of national metrology infrastructures, and encouraging those States and their NMIs to participate in RMOs,
- that an NMI wishing to take advantage of this policy may do so by application to the Director of the BIPM,
- that such an NMI shall be encouraged to work with the appropriate authorities in its State to accede to the Metre Convention or to become an Associate of the General Conference.

■ **On financial arrears of Member States**

Resolution 8

The 23rd General Conference,

recalling that Article 6 al. 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. ”

and Article 11 of the Metre Convention reads:

“11. Les Gouvernements qui useraient de la faculté, réservée à tout État, d’accéder à la présente Convention, seront tenus d’acquitter une contribution dont le montant sera déterminé par le Comité sur les bases établies à l’article 9, et qui sera affectée à l’amélioration du matériel scientifique du Bureau.”

considering

- the importance of the work carried out by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) and the services delivered to Member States,
- the absolute necessity that contributions of Member States be paid timely and consistently to allow the BIPM to fulfil its mission and to avoid financial problems in the day-to-day operation of the BIPM,
- the need to define the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion,

invites Member States which have failed to fulfil their financial obligations to pay their outstanding arrears,

decides that:

- when a Member State has not paid its contributions for six years, the International Committee for Weights and Measures (CIPM) shall send to the defaulting Member State a formal notification inviting it to fulfil its financial obligations and reminding it of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion. Such a notification shall be sent no later than nine months before the next meeting of the General Conference on Weights and Measures (CGPM),
- the CIPM may enter into a rescheduling agreement with that defaulting Member State for the payment of its arrears,
- if, further to the above-mentioned notification, a Member State persists in its failure to fulfil its financial obligations or does not perform its obligations under an agreement with the

CIPM, the latter shall recommend to the CGPM to take a decision with regard to the exclusion of that State in accordance with Article 6 al. 8 of the Rules annexed to the Metre Convention,

- the exclusion shall be notified by the CGPM to that Member State through the French Ministry of Foreign Affairs, which shall accordingly inform all Member States,
- an excluded Member State 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 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.

■ **On the revision of the *mise en pratique* of the definition of the metre and the development of new optical frequency standards**

Resolution 9

The 23rd General Conference,

considering that:

- there have been rapid and important improvements in the performance of optical frequency standards,
- femtosecond comb techniques are now used routinely for relating optical and microwave radiations at a single location,
- National Metrology Institutes (NMIs) 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 Consultative Committee for Length and the Consultative Committee for Time and Frequency to review the frequencies of optically-based representations of the second,
- the additions to the *mise en pratique* of the definition of the metre and to the list of recommended radiations made by the International Committee in 2002, 2003, 2005, 2006, and 2007,
- the initiative taken by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) to raise the issue of how to compare optical frequency standards,

recommends that:

- NMIs commit resources to the development of optical frequency standards and their comparison,

- the BIPM works toward 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.

■ **Clarification of the definition of the kelvin, unit of thermodynamic temperature**

Resolution 10

The 23rd General Conference,

considering

- that the kelvin, unit of thermodynamic temperature, is defined as the fraction 1/273.16 of the thermodynamic temperature of the triple point of water,
- that the temperature of the triple point depends on the relative amount of isotopes of hydrogen and oxygen present in the sample of water used,
- that this effect is now one of the major sources of the observed variability between different realizations of the water triple point,

notes and welcomes the decision by the International Committee for Weights and Measures in October 2005, on the advice of the Consultative Committee for Thermometry, that

- the definition of the kelvin refers to water of a specified isotopic composition,
- this composition be:

0.000 155 76 mole of ^2H per mole of ^1H ,
0.000 379 9 mole of ^{17}O per mole of ^{16}O , and
0.002 005 2 mole of ^{18}O per mole of ^{16}O ,

which is the composition of the International Atomic Energy Agency reference material Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW), as recommended by the International Union of Pure and Applied Chemistry in “Atomic Weights of the Elements: Review 2000”,

- this composition be stated in a note attached to the definition of the kelvin in the SI Brochure as follows:

“This definition refers to water having the isotopic composition defined by the following amount-of-substance ratios: 0.000 155 76 mole of ^2H per mole of ^1H , 0.000 379 9 mole of ^{17}O per mole of ^{16}O and 0.002 005 2 mole of ^{18}O per mole of ^{16}O ”.

■ On the importance of SI traceable measurements to monitor climate change**Resolution 11**

The 23rd General Conference,

recalling Resolution 4 of the 21st General Conference on Weights and Measures (1999) concerning the need to use SI units in studies of Earth resources, the environment, human well-being and related issues,

considering

- the expansion in the number of international and national initiatives to address the challenges and implications of climate change for the world,
- working arrangements between the CIPM and the World Meteorological Organization (WMO),
- the increasing importance of optical radiation measurements and physico-chemical measurements of air, ground-based as well as air-borne, and physico-chemical measurements of ocean water, which support research into the understanding of the causes and impacts of climate change,
- the importance of basing long-term measurements which relate to climate change on the stable references of the International System of Units (SI),

welcomes the proposed BIPM/WMO international conference to address the increasing important role of metrology in studies on global climate change,

recommends relevant bodies to 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,

and further recommends appropriate funding bodies to 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.

■ On the possible redefinition of certain base units of the International System of Units (SI)**Resolution 12**

The 23rd General Conference,

considering

- that, for many years, National Metrology Institutes (NMIs) as well as the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) have made considerable efforts to advance and improve the International System of Units (SI) by extending the frontiers of metrology so that the SI base units could be defined in terms of the invariants of nature – the fundamental physical constants,
- that, of the seven base units of the SI, only the kilogram is still defined in terms of a material artefact – the international prototype of the kilogram (2nd CGPM, 1889, 3rd CGPM, 1901) and that the definitions of the ampere, mole and candela depend on the kilogram,
- Resolution 7 of the 21st General Conference (1999) which 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”,
- the many advances, made in recent years, in experiments which relate the mass of the international prototype to the Planck constant h and the Avogadro constant N_A ,
- initiatives to determine the value of a number of relevant fundamental constants, including work to redetermine the Boltzmann constant k_B ,
- that as a result of recent advances, there are significant implications for, and potential benefits from, redefinitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole,
- Recommendation 1 of the International Committee (C1-2005) at its meeting in October 2005, and various Recommendations of Consultative Committees on the subject of a redefinition of one or more of the base units of the SI,

noting

- that any changes in definitions of units of the SI must be constrained by self-consistency,
- that it is desirable that definitions of the base units should be easily understood,
- the work of the International Committee and the Consultative Committees,
- the need to monitor the results of relevant experiments,
- the importance of soliciting comments and contributions from the wider scientific and user communities, and
- the decision of the International Committee in 2005 to approve, in principle, the preparation of new definitions of the kilogram, ampere, kelvin and the possibility of redefining the mole,

recommends that National Metrology Institutes and the BIPM

- pursue the relevant experiments so that the International Committee can come to a view on whether it may be possible to redefine the kilogram, the ampere, the kelvin, and the mole

using fixed values of the fundamental constants at the time of the 24th General Conference (2011),

- should, together with the International Committee, its Consultative Committees, and appropriate working groups, work on practical ways of realizing any new definitions based on fixed values of the fundamental constants, prepare a *mise en pratique* for each of them, and consider the most appropriate way of explaining the new definitions to users,
- initiate awareness campaigns to alert user communities to the possibility of redefinitions and that the technical and legislative implications of such redefinitions and their practical realizations be carefully discussed and considered,

and requests the International Committee to report on these issues to the 24th General Conference in 2011 and to undertake whatever preparations are considered necessary so that, if the results of experiments are found to be satisfactory and the needs of users met, formal proposals for changes in the definitions of the kilogram, ampere, the kelvin and mole can be put to the 24th General Conference.

Appendix A

Convocation of the 23rd meeting of the General Conference on Weights and Measures

The 23rd meeting of the General Conference is hereby convoked for

Monday 12 November 2007 at 10:00

at the Centre de Conférences Internationales, 19 avenue Kléber, Paris 16^e.

Constitution of the 23rd meeting of the General Conference

Convention du Mètre (1875): Article 3^{*}

“The operation of the International Bureau of Weights and Measures shall be under the exclusive direction and supervision of the International Committee for Weights and Measures^{**} which latter shall be under the control of the General Conference on Weights and Measures^{***} to be composed of the delegates of all the contracting Governments.”

Rules annexed to the Metre Convention (1875): Article 7^{*}

“The General Conference, mentioned in Article 3 of the Convention, will meet in Paris on the convocation of the International Committee at least once every six years.

Its task is to discuss and to initiate measures necessary for the propagation and improvement of the metric system, and to sanction new fundamental metrological measurements and initiatives which may have been made between its meetings. It will receive a report from the International Committee on the work accomplished and will proceed, by secret ballot, to the renewal of half of the International Committee.

Votes at the General Conference take place by States: each State has the right to one vote.

The members of the International Committee have the right to take part in the meetings of the Conference. They may at the same time be delegates of their Governments.”

* BIPM translation.

** 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 23rd meeting of the General Conference

All the sessions will take place at the

**Centre de Conférences Internationales
19, avenue Kléber, Paris 16^e**

in a room offered by the Ministère des Affaires Étrangères de la République Française with simultaneous translation in French and English.

First session,	Monday	12 November 2007 at 10:00
Second session,	Monday	12 November 2007 at 15:00
Third session,	Tuesday	13 November 2007 at 09:30
Fourth session,	Thursday	15 November 2007 at 09:30
Fifth session,	Friday	16 November 2007 at 09:30
Sixth session,	Friday	16 November 2007 at 15:00

A meeting of directors of National Metrology Institutes of the Member States will take place on Wednesday 14 November starting at 09:30 at the BIPM to be followed by visits to the laboratories of the BIPM and a reception in the grounds of the Pavillon de Breteuil. The meeting of directors is not a part of the General Conference and will be chaired by the President of the International Committee.

The General Conference Working Group on the Dotation of the BIPM will meet at 15:00 on Tuesday 13 November and, if required, on Thursday 15 November at 15:00, at the Centre de Conférences Internationales.

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, and 17 and will conclude with a number of reports from Consultative Committees (item 18). Item 18 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 report to the fifth session. The fifth and the sixth sessions will be concerned with voting on all the Resolutions, and with the remaining agenda items.

Provisional agenda of the 23rd meeting of the General Conference

- 1 Opening of the General Conference.
- 2 Address by His Excellency the *Ministre des Affaires Étrangères de la République Française*.
- 3 Reply by the President of the International Committee.
- 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 International Committee on work accomplished since the 22nd meeting of the General Conference.
- 10 Report on relations with intergovernmental organizations and international bodies:
 - 10.1 Reports on relations with organizations and bodies, including 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 On the initiatives taken to strengthen the collaboration between National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies.
- 11 Report of the CIPM on Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM.
- 12 Programme of work at the BIPM and financial implications:
 - 12.1 Programme of work at the BIPM;
 - 12.2 Annual dotation of the BIPM.
- 13 Nomination of members for 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 encouraging Associate States of the General Conference to accede to the *Metre Convention*;
 - 15.2 On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference.
- 16 Proposal to create a category of Corresponding National Metrology Institute of the BIPM.
- 17 Financial arrears of Member States.
- 18 Reports of Presidents of Consultative Committees:
 - 18.1 The Consultative Committee for Length;
 - 18.2 The Consultative Committee for Mass and Related Quantities;
 - 18.3 The Consultative Committee for Time and Frequency;
 - 18.4 The Consultative Committee for Electricity and Magnetism;
 - 18.5 The Consultative Committee for Thermometry;
 - 18.6 The Consultative Committee for Photometry and Radiometry;
 - 18.7 The Consultative Committee for Ionizing Radiation;
 - 18.8 The Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in Chemistry;
 - 18.9 The Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration;
 - 18.10 The Consultative Committee for Units.
- 19 Proposals by delegates.

- 20 Renewal of half of the International Committee.
- 21 Votes on all Resolutions.
- 22 Other business.
- 23 Closure of the General Conference.

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 Conference after all discussion has been completed.

1 Opening of the General Conference

The 23rd meeting of the General Conference is taking place four years after the preceding Conference. The practice of having quadrennial General Conferences is now well established, since such a periodicity provides sufficient opportunity for Member States to review the important activities carried out under the Convention while not being so frequent that the administrative and other costs of running a General Conference are prohibitive.

5 Presentation of credentials by delegates

To help in the efficient organization of the Conference, it is desirable that the BIPM be informed of the composition of each delegation at least two weeks before the opening of the Conference.

Delegates entitled to vote at the Conference are required, on arrival, to present credentials from an appropriate authority of their Government.

9 Report of the President of the International Committee

Article 19 of the Rules annexed to the Metre Convention stipulates that “The President of the International Committee will give the General Conference an account of the work carried out since the time of the last meeting”.

The President’s report will be circulated to delegates at the meeting. Among other items of particular significance, the President will report on:

- the achievements and work of the BIPM since the last General Conference;
- the effects of the closure of the Photometry and Radiometry section, and of the Length section at the BIPM;
- other consequences of the decision by, at least, the last two General Conferences to approve the BIPM’s programmes of work, but not to provide the financial resources required to fully deliver the programme of work;
- the follow-up to Resolutions voted during the 22nd meeting of the General Conference, in particular, Resolution 6 on the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA), Resolution 9 on the cross-border transport of measurement standards, metrological equipment and reference materials, Resolution 10 on the symbol for the

decimal marker, and Resolution 11 on the relationship between National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies;

- collaborations with intergovernmental organizations and international bodies;
- the current state of the CIPM MRA, including its scientific and economic impact, as well as the need for further promotion to regulators, legislators and other potential beneficiaries;
- the current state of the International System of Units (SI) and proposals for the possible future redefinition of a number of the base units, as reflected in Draft Resolution L;
- the metrological needs resulting from innovations and from new developments in physics and engineering, and from the requirements of new areas of application such as laboratory medicine, the environment, food and other physically- and chemically-based areas of scientific, economic and social activity. The report of the CIPM on “Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM”, which is referred to in Draft Resolution B and which will be presented during the Conference, being an update of the report presented to the 22nd meeting of the General Conference;
- the present number of Member States which acceded to the Metre Convention and Associates of the General Conference. On 1 January 2007, there were fifty-one Member States and twenty-two Associates of the General Conference;
- issues related to the situation of Member States in financial arrears. The CIPM has carefully considered the current situation in which several States have substantial financial arrears, which may result in the inability of these States to participate in future activities carried out under the Metre Convention. The CIPM has therefore prepared Draft Resolution H which deals with these issues;
- the proposal from the CIPM to create a category of “Corresponding National Metrology Institute of the BIPM”, which is referred to in Draft Resolution G, so as to promote awareness of the work of the BIPM, and to encourage applications from developing States to accede to the Metre Convention or as an Associate of the CGPM and from Economies as Associates of the CGPM.

The work of the Consultative Committees of the CIPM will be presented under agenda item 18.

10.2 On the initiatives taken to strengthen the collaboration between National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies

In recent years, there has been an organizational tendency to separate National Metrology Institutes from recognized National Accreditation Bodies because of potential conflicts of interest. In addition, the international standard ISO 17011 (Conformity Assessment – General Requirements for Accreditation Bodies Accrediting Conformity Assessment Bodies) has set out some of the precautions needed to give confidence in these national structures. However, it is clear that both types of organizations need to continue to work together, and to exchange the information needed to ensure the effective operation of national metrology systems. The CIPM and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) are both convinced of the value and importance of this relationship and have prepared a joint statement on the role and responsibilities of National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies. This joint statement was sent on January 2006 and widely distributed. The BIPM and the ILAC now host annual meetings of Regional Metrology Organizations and Regional Accreditation

Bodies to discuss matters of mutual interest so as to complement the BIPM/ILAC relationship at the international level, and to encourage national dialogues and collaborations.

■ **On the initiatives taken to strengthen the collaboration between National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies**

Draft Resolution A

The 23rd General Conference,

noting the initiative by the International Committee for Weights and Measures (CIPM) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) to address the concerns raised in Resolution 11 of the 22nd General Conference on the importance of a close technical relationship between the staff of National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies,

welcomes

- the joint statement by the CIPM and the ILAC on the role and responsibilities of National Metrology Institutes and recognized National Accreditation Bodies,
- the regular meetings now taking place internationally, regionally and nationally to strengthen the relationship,
- the work of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) and the ILAC to identify areas of collaboration between the two bodies so as to strengthen the integrity of traceable measurements worldwide with the aim of benefiting users of the world metrology system,

recommends Member States to take note of the joint statement and to adapt it to their national situation,

invites the BIPM and the ILAC to pursue further initiatives to enhance their cooperation and regular dialogue.

11 Report of the CIPM on Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM

There are always new metrological needs to address. Many of these come from innovation or scientific advances in areas currently covered by the BIPM and the Consultative Committees of the CIPM. A growing number of metrological needs, however, come from the potential benefits which metrology can bring to areas such as: environmental monitoring and global climate change; medical diagnostic measurements and treatments; the monitoring and control of therapeutic and sports drugs; forensic science; and the possibility of improved traceability in food-related measurements. The International Committee and the BIPM monitor these needs and consider the role that metrology may have at the international and national levels. The International Committee presented a report on Evolving Needs to the 22nd General Conference and does so again to the 23rd CGPM. The report also provides the International Committee with an opportunity, if necessary, to make a proposal to the General Conference for a revision or an amendment to the role of the BIPM so as to address these metrological needs.

■ **On the report of the International Committee to the General Conference on Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM)**

Draft Resolution B

The 23rd General Conference,

considering

- Resolution 5 of the 22nd General Conference which noted the report on the long-term needs related to metrology, and which invited the International Committee to keep a careful watch on the increasing demands placed on National Metrology Institutes and the BIPM in relation to evolving needs,
- the request of the 22nd General Conference to the International Committee to report to the 23rd General Conference on the adequacy of the response of the BIPM to meet these needs, together with any financial and programme implications there may be in meeting such international needs through the activities of the BIPM, and to update its 2003 Report,

notes

- the continuing rise of requirements for improved measurement standards; for adoption of metrological concepts in new areas; and for an increase in national and international resources to address such issues,
- the relevance of metrology to trade, innovation and emerging technologies,
- the initiatives taken by the BIPM and the Consultative Committees of the International Committee to liaise, and collaborate, with an increasing number of intergovernmental organizations and international bodies with responsibilities in areas such as environment and climate change, health, food, drugs, and forensic work,
- that as a result of this collaboration, there has been an expansion of the impact and influence of the scientific and technical activities carried out under the auspices of the Metre Convention,

welcomes

- the updated report “Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM”, presented to the 23rd General Conference,
- the initiatives taken by the International Committee to address the issues of traceability in materials metrology,
- proposals to address a number of these evolving needs in the BIPM programme of work,

thanks the many organizations and individuals who contributed to the report of the International Committee, and

invites

- the International Committee, Member States, and National Metrology Institutes to support initiatives to intensify the impact of concepts such as traceability to the International System of Units, and uncertainty of measurement into as many areas of economic and societal activity as possible,

- the International Committee to identify the highest priorities for improved metrology in areas such as nanotechnology, biosciences, medicine, food and environmental measurements and to prepare proposals for initiatives to be taken by the BIPM at the international level,
- National Metrology Institutes to address evolving needs and to note the liaison and other work of the BIPM at the intergovernmental and international level so as to develop the collaborations necessary to pursue them at a national level,
- the International Committee to report to the next General Conference on the adequacy of the response of the BIPM to meet these needs and to consider whether they have implications for the coordination or the laboratory work of the BIPM and to come forward, if necessary, to the 24th General Conference with proposals in the BIPM programme of work for 2013-2016,
- the International Committee to continue to report to subsequent General Conferences on evolving needs in metrology.

12 Programme of work at the BIPM and financial implications

12.1 Programme of work at the BIPM

A detailed programme of work to be carried out at the BIPM during the years 2009-2012, corresponding to the dotation requested below in Draft Resolution C, will be proposed by the International Committee in a document entitled “Programme of Work and Budget of the International Bureau of Weights and Measures for the years 2009-2012”. Following past practice, this document will be sent to Member States not less than six months before the Conference; that is, not later than May 2007.

After the last CGPM, and in accordance with the remarks made during that General Conference, the CIPM discussed the detailed criteria used to set the broad priorities for the programme of work of the BIPM.

Scientific programme criteria are that the BIPM:

- should maintain and disseminate realizations of agreed SI standards, notably International Atomic Time (TAI) and Coordinated Universal Time (UTC), and the international prototype of the kilogram;
- should develop and operate commonly agreed reference facilities and travelling artefact standards for comparisons on behalf of NMIs of the Member States. In general, the commitment to maintain these facilities should be for, at least, ten years;
- must offer good value for money through shared cost facilities, through networks or through provision of transfer artefacts for comparisons;
- should regularly manage and organize comparisons as a core activity so as to help save costs at individual NMIs;
- should have a small number of “front line” research activities to maintain its scientific capability, and should maintain a programme of scientific work to support the Consultative Committees;

- should pursue scientific work which occupies a niche and offer a large impact for the resources available, and should not compete or un-necessarily duplicate similar activities at NMIs, etc.; and
- should offer NMIs from Member States the opportunity to second or otherwise attach scientists to the BIPM for short periods to pursue the BIPM work programme, and to help provide opportunities to build up an experience of international work.

International coordination criteria are that the BIPM:

- should identify the activities which will produce a large impact from the resources devoted to international liaison and coordination on behalf of NMIs of Member States, and should regularly revise its priorities in this area;
- should aim to create or open up opportunities at the international level which can be followed up by NMIs and designated institutes nationally and regionally; and
- should maintain the secretariats of Consultative Committees and Joint Committees while looking for opportunities for NMIs to share the burden of this increasing activity, especially through Working Group support, etc.

The seven main features of the programme of work for the period 2009-2012 are:

- Steps to prepare for changes to the current definitions of a number of base units of the SI, which are expected to be made within the next few years. Two such changes have a particularly significant impact on the BIPM's technical work. The first, a proposed redefinition of the kilogram together with a number of other base units of the SI, underlines the importance of the BIPM watt balance and the new project to develop new mass artefact reference standards to ensure the continuity of the world mass metrology system. The second are the technical steps needed to prepare for the inclusion in the international time scale, within a few years, of the new generation of highly accurate "optical clocks". In due course, these may replace the current definition of the second;
- Long-term plans to extend and improve reference facilities or travelling standards such as the International Reference System (SIR) or the travelling Josephson standard, provided that it is technically and financially more cost effective to provide and maintain them at the BIPM rather than at an NMI or NMIs. This work supports key and other comparisons within the framework of the CIPM MRA, which is increasingly recognized by regulators, legislators and accreditors as a highly effective framework within which to tackle technical barriers to trade;
- Further readjustment of work in physical metrology, which has already resulted in the closure of two sections to address only the highest priorities;
- A chemistry programme which is constructed around work to support climate change and air quality, and which provides primary references to address current top priorities in healthcare, food, and forensic work as identified in partnership with the relevant international organizations;
- A continuing application of the SI to new sectors to which it can bring benefits;
- Administrative and technical support for the implementation of the CIPM MRA; and
- Promotion of the benefits of traceable measurement internationally, and to States which have not yet acceded to the Metre Convention.

The main components of the proposed work plan are:

Mass metrology and the watt balance are core aspects of the work of the BIPM which has, 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:

- maintenance and dissemination of the international prototype, with capabilities for a range of mass measurements in air and vacuum;
- techniques to improve mass metrology measurements; and
- forward-looking proposals for essential new work, which anticipates the techniques required to disseminate a mass definition based on a fixed value of a fundamental constant, and which maintains continuity of mass measurements.

The watt balance project which combines the expertise available in the Mass and Electricity sections at the BIPM, is essential to the BIPM's responsibilities for maintaining the international prototype of the kilogram and for its dissemination after the proposed redefinition of the mass unit. Although other national laboratories are also working on similar projects, these are subject to the availability of continuing national funding. The international metrology community therefore expects that the BIPM will operate a watt balance and, as pointed out in the mass programme, realizes any new definition in a way which enables it to provide traceability to NMIs which do not themselves possess a watt balance. The BIPM watt balance, while of course dependent on support from Member States is aimed at a long-term commitment to maintain and operate the balance for more than ten years. The programme will continue its development, and move from room temperature to cryogenic measurements.

Time, frequency and gravimetry bring together a number of unique capabilities. The calculation and dissemination of International Atomic Time (TAI) is a mandated activity and is continually expanding to include contributions from new time laboratories. Dissemination of time is poised to enter a new era, which requires the successful implementation of new transfer techniques and the inclusion of a new generation of optical frequency standards. The BIPM 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 Coordinated Universal Time (UTC). In gravimetry, the BIPM reference site and facilities are unique and will continue to be required to satisfy the needs of the gravitational and geophysical communities. The 2009-2012 programme will therefore focus on:

- calculation, dissemination and improvement of TAI and UTC;
- time transfer using two-way techniques or other satellite based techniques;
- work to take account of the new generation of optical frequency standards which are expected to demonstrate further improvements in the next few years; and
- completion of the BIPM absolute gravimeter and its use in international comparisons.

Electrical metrology remains at the heart of the work of many NMIs which are continually upgrading their capabilities to deliver improved services to customers at a national level. These upgrades require the continuation of the BIPM's well-established series of travelling Josephson and quantum Hall comparisons to provide international confidence in the local realizations. The new calculable capacitor 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 and ohm for use in comparisons of the Consultative Committee for Electricity and Magnetism using travelling standards for on-site measurements;
- ongoing BIPM key comparisons in capacitance; and
- completion of the calculable capacitor project and a measurement of the von Klitzing constant.

Chemical metrology has opened up enormous opportunities at the international and national level to bring about a commitment to implement the metrological concepts of traceability and uncertainty calculation in a variety of new 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. Without a sustained activity, these advantages could be lost. The proposed programme will include:

- a consolidation of progress so far with a future concentration on reference facilities, comparisons, and carefully selected research work;
- a laboratory-based gas metrology activity directed largely towards metrology for air quality monitoring and climate change; and
- a laboratory-based organic chemistry programme with an emphasis on primary references in support of the CCQM's interests in food, healthcare and forensic applications.

Ionizing radiation metrology has long been a core task of the BIPM, which maintains unique reference dosimetry and radioactivity facilities. It works, through comparisons and calibrations, to validate and improve national realizations of the relevant standards. Experience has shown that these calibrations help to reduce the uncertainties offered by NMIs, with the immediate consequence that this can be disseminated nationally to hospitals and other bodies which perform dosimetry directly on patients. A reduction in uncertainty improves treatment and saves lives. In radioactivity measurement, the BIPM's unique facilities continue to serve a growing number of users and a wider range of radionuclides. These underpin confidence in the safety and protection for the nuclear and medical industries as well as contribute to the ability to measure and control radiation measurements worldwide, so adding to confidence in security and nuclear monitoring. The programme will focus on:

- maintaining and extending the International Reference System for radionuclides (SIR) to beta emitters, so as to provide back-up facilities and continue the BIPM ongoing key comparisons;
- maintaining the existing cobalt 60 and caesium 137 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; and
- a new proposal for a photon beam reference facility at the BIPM, to meet the needs of this form of therapy treatment. This would require the installation of a linear accelerator at the BIPM which would be available on demand, as a shared cost reference facility to be used by NMIs.

The proposed programme of work on the photon beam reference facility project would require the recruitment of one scientist. The CIPM recommends that this scientist would initially work in collaboration with an NMI or NMIs on existing linear accelerators, which may have some

spare capacity and that the investment of about 2.3 million euros for a dedicated accelerator at the BIPM be deferred until the 2013-2016 period.

Promotion of the work of the BIPM and the CIPM MRA requires more resources in all areas. The programme of work therefore places an increasing emphasis on outreach and the promotion of the work carried out under the Metre Convention, the CIPM MRA, and the impact of metrology on international trade and society.

The programme of work also proposes a range of interactions with several intergovernmental organizations and international bodies to increase the uptake of best metrology practice, and the use of traceability and uncertainty assessments in areas where these have yet to be fully adopted.

12.2 Annual dotation of the BIPM

The annual dotations of the BIPM decided by the last two General Conferences did not permit the BIPM to complete the programmes of work which were simultaneously approved. In spite of the increase in activity expected from the implementation of the CIPM MRA and the creation of the Chemistry section, the 21st meeting of the CGPM decided in 1999 to increase the dotation by only 1.5 % *per annum*. This was set to cover price increases in France during the period 2001-2004.

In proposing the dotation for 2005-2008, the CIPM drew the attention of the 22nd meeting of the General Conference to the increase in workload between 2001 and 2003 stemming from the implementation of the CIPM MRA, and to the urgent need for an expansion into the broad area of chemical metrology. However, the CIPM, after considering the responses of directors of NMIs and the economic situation in Member States, proposed an increase of some 8.5 % (a real increase of 6.7 % plus 1.8 % per annum for inflation). This was far less than the 20 %, or so, which would have been needed to address all the requests for increased work, highlighted in the Report on “Evolving Needs for Metrology in Trade, Industry and Society, and the Role of the BIPM” which was adopted by the CGPM in 2003.

Priorities for the work of the BIPM had to be set. The CIPM therefore decided to close two scientific sections of the BIPM (Photometry and Radiometry in 2004 and Length in 2006). At the 22nd meeting of the General Conference, delegations finally voted an increase of 3.6 % in 2005 (a real increase of only 1.6 % plus 2 % for inflation in 2005) plus a yearly inflation correction of 2 % for the period 2006-2008. It also voted an additional discretionary contribution of 134 000 euros, on average, per year for the period 2005-2008 to make up the difference between the 3.6 % increase which was acceptable to all delegations of the General Conference and the 5 % increase acceptable to most delegations. The report of the General Conference records that this compromise was still less than the budget proposed by the CIPM. A number of Member States requested that any further reduction in the calibration services, which were of special value to them, should be avoided.

Since 2005, the BIPM has been under great pressure. The number of coordination meetings and workshops held at the BIPM has increased dramatically. These meetings have been extremely successful and have opened up opportunities to extend the influence of the BIPM and of the Member States. Examples of this greater influence can be found in the collaborations established with the World Health Organization, the World Meteorological Organization, and the Codex Alimentarius Commission within which there is now much greater understanding of, and commitment to, issues of traceability and measurement uncertainty.

Work of this nature requires a considerable amount of the time of senior staff with practical scientific and technical experience of the field, and is taking place across all areas of BIPM activities. The senior staff resource required to meet these commitments is, however, decreasing as two out of the scientific Section Heads who will have retired between 2002 and 2007 will not be replaced. All but one Section Head is now the Executive Secretary for two Consultative Committees and is responsible for an increased number of Working Groups.

The remaining Section Head is Executive Secretary to the largest, the CCQM, as well as to the Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM). He is also responsible for opening up the many new interactions with intergovernmental organizations and international bodies in areas relevant to chemical measurements. There is no doubt that the BIPM is taking on a greatly increased amount of coordination. This work shows no sign of diminishing, as more links are made with new organizations or the existing interactions are intensified as our contributions to their work are appreciated, and more is demanded from the BIPM by the organizations and by NMIs.

As has been stated on many occasions, the BIPM's scientific and technical expertise provides it with the credibility and competence needed to discuss the details of collaboration and cooperation with intergovernmental organizations and international bodies.

Since 1 March 2003 (the date of the BIPM organigram contained in the 2005-2008 work plan submitted to the 22nd meeting of the CGPM), five staff and three research fellow posts out of the forty-seven scientific and technical staff then in post have not been filled because of budgetary limitations. The reduction in staffing for these areas of work represents an overall reduction of some 17 %.

As a result of the financial and other decisions by the General Conference and the CIPM, BIPM work was prioritized. A clear priority, among others, for Member States was to strengthen the Chemistry section and to continue building a watt balance.

To meet these priorities, there have been several internal staff transfers to the watt balance and the calculable capacitor projects, notably from the Mass section. As a result, the scientific base in mass metrology has been endangered. In consequence, there have been delays in many of the physical metrology activities included in the programme of work for the period 2005-2008, in the launch of some comparisons, and in meeting requests for calibrations.

In the Time section, the BIPM became vulnerable to the loss of specialist software skills through retirement, resignation or sick-leave of the key staff member responsible for TAI software. An external audit pointed out the consequent danger to the integrity of TAI and dissemination of UTC.

Other essential management-related aspects of BIPM work have also either consumed or diverted resources away from scientific work. For example, in the past few years, the BIPM has implemented an ISO/IEC 17025 Quality System for its scientific services, updated its health and safety system, introduced a staff appraisal system with target setting and performance monitoring, and now has a formal approach to programme formulation, justification, and monitoring.

In simple terms, the BIPM's scientific work, and its support to Member States has suffered from lack of staff. In particular, there have been significant delays in some of the services to Member States and in the deliverables contained in the programme of work. In some cases, particularly TAI and mass services, these delays were sufficiently serious to give rise to concerns to the

BIPM management and to the CIPM that they had to be addressed so that the BIPM could continue to fulfil its mission.

The BIPM was faced with:

- the impossibility of maintaining the programme voted by Member States;
- the threat to services and continuity in the core areas of time and mass measurement; and
- the need to promote the CIPM MRA, and to attract more Member States and Associates.

The CIPM therefore agreed in 2006 to fill two vacant positions, which were not filled, up to then, for financial reasons:

- a technician position in the Mass section; and
- a physicist position in the Time section, requalified as assistant.

These two posts were funded from exceptional income, such as the sale of equipment from the former Photometry and Radiometry section, support for the secretariat of the Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine, and underspending in laboratory expenditure. The latter resulted from a tight control on capital, and the lack of staff to work on approved scientific activities.

The CIPM also decided to postpone its decision on the case for a third staff member devoted to international work and promotion of the CIPM MRA. This position was also intended to provide continuity, in 2008, for the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB) Secretary in the event that a suitable secondment from an NMI might not be achieved. This post was foreseen in the 2005-2008 programme of work but has, up until now, been filled by secondees from NMIs.

The proposed programme of work for 2009-2012 will require an increase of staff resources. The additional work is set out in general terms in Section 12.1 and is detailed and justified in the document entitled “Programme of work and budget of the International Bureau of Weights and Measures for the years 2009-2012” which will be distributed in May 2007.

The starting point for the dotation for the new *quadrennium* is the dotation voted by the previous General Conference for the last year of the current *quadrennium*. In the present case, this is the full dotation voted by the 22nd CGPM for 2008, namely 10 312 000 euros. The CIPM proposes that this be increased by 15 % (which includes a real increase of 11 % plus 4 % to cover inflation in a scientific organization) on 1 January 2009 to 11 859 000 euros, and that on 1 January of each of the succeeding three years of the *quadrennium*, it be increased by a further 4 % to cover inflation in a scientific organization.

The dotation requested in Draft Resolution C below will enable the BIPM to:

- deliver a programme of work, which meets the justified, prioritized and urgent needs of Member States;
- improve the impact of the CIPM MRA worldwide;
- enhance outreach and promotion of the benefits of association with the work carried out under the Metre Convention;
- continue to make the best use of its staff and capital resources or to out-source where necessary; and
- support a proportion of the costs of staff seconded from NMIs.

■ **Dotation of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) for the years 2009 to 2012**

Draft Resolution C

The 23rd General Conference,

considering

- the increased importance of the work of the BIPM to international trade, industrial innovation, climate change, human health and medicine, and the protection of the food chain in all Member States,
- the record of the BIPM as a scientifically expert body which reacts to the needs of Member States,
- the broadened responsibilities contained in the programme of work for 2005-2008 and which would be further broadened in the proposed 2009-2012 programme of work,
- the way in which the BIPM continues to adopt best management practice and improve the efficiency and effectiveness of its staff,
- the inability of the BIPM, for financial reasons, to recruit an adequate number of staff to meet programme commitments agreed by Member States,
- the initiatives taken by the BIPM to attract a greater number of its staff through secondments and fixed-term contracts or other short-term arrangements,
- that the BIPM's financial reserves need to be at a level which ensures that the BIPM can operate with adequate financial security in a changing world,
- the overall impact of previous financial and other decisions by the CGPM on the BIPM's budget,

thanks those National Metrology Institutes which have responded to the staffing needs of the BIPM through secondments,

urges National Metrology Institutes to increase the number of staff seconded or provided to the BIPM to fill short-term positions,

notes that the dotation for 2013-2016 shall include an investment of some 2.3 millions of euros to install a linear accelerator at the BIPM,

decides that the fixed part of the annual dotation of the BIPM will be increased in such a way that the fixed part and the complementary part (defined in Article 6, 1921, of the Rules annexed to the Metre Convention (1875)) shall, for those States that are parties to the Metre Convention at the time of the 23rd General Conference be:

11 859 000 euros in 2009

12 333 000 euros in 2010

12 826 000 euros in 2011

13 339 000 euros in 2012.

14 Report on the implementation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement

Signatories to the CIPM MRA come from States and Economies responsible for over 90 % of world trade, and the CIPM MRA is increasingly recognized by a wide range of bodies as being of relevance to the reduction of technical barriers to trade.

At its last meeting, the General Conference noted in its Resolution 6 the positive social and economic impact of the CIPM MRA and encouraged the CIPM to take all possible steps to promote it at the intergovernmental, international, and governmental level. It also invited Member States to promote the CIPM MRA to their national regulatory, accreditation and standardization bodies. The International Committee immediately realized the value of making reference to similar Arrangements developed, or being developed, by the OIML and the ILAC. As a result, the tripartite “Common statement and declaration by the BIPM, OIML, and ILAC on the relevance of various international agreements on metrology to trade, legislation, and standardization” was signed on 23 January 2006. It was sent to some 100 intergovernmental organizations and international bodies by the signatory organizations and further copies were sent, by NMIs and other bodies, to relevant national bodies.

Despite the clear relevance of the CIPM MRA to international trade, and despite an approach by the Director of the BIPM to the Director-General of the World Trade Organization (WTO), no decision has yet been taken by the WTO on the long-standing application made by the BIPM to become an Observer to the WTO Committee on Technical Barriers to Trade. The General Conference is therefore invited, once more, and following Resolution 6 adopted at its last meeting, to restate the importance of this relationship.

■ On the relevance to trade of the CIPM Mutual Recognition Arrangement, and other related Arrangements

Draft Resolution D

The 23rd General Conference,

considering

- that in order to facilitate trade, it is necessary to reduce or eliminate barriers which may exist as a result of a lack of equivalence of the realization of the International System of Units at a national level,
- that the CIPM Mutual Recognition Arrangement, the Arrangement of the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) and the Mutual Acceptance Arrangement of the International Organization of Legal Metrology (OIML) complement each other and support a uniform worldwide metrology system,
- the role of the Technical Barriers to Trade Committee (TBT) of the World Trade Organization (WTO) and the mutual benefit which would be achieved through a joint activity to address traceability issues,

noting and welcoming

- the initiatives taken by the International Committee to respond to Resolution 6 of the 22nd General Conference on the importance of the CIPM Mutual Recognition Arrangement,

- the signature by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) of a common statement which promotes the use of the CIPM Mutual Recognition Arrangement, the Mutual Acceptance Arrangement of the OIML and the ILAC Arrangement, which was drawn up by these three bodies and which was transmitted to intergovernmental organizations, international bodies, and to bodies whose work is influenced by these Arrangements,
- the positive responses received from a number of bodies to whom the joint statement was sent,

and further noting that the long-standing application made by the BIPM for observer status at the WTO Committee on TBT has still not received a favourable response,

requests Member States to address any impediments to the acceptance of this application as soon as possible.

15 Report on issues related to Associates of the General Conference

15.1 On encouraging Associate States of the General Conference to accede to the Metre Convention

Since the decision by the 21st meeting of the General Conference to create a category of Associate of the CGPM, it has become clear that several Associates now play a much greater role in the work carried out under the Metre Convention than was envisaged in 1999. Many Associates now bring significant scientific and economic benefits to activities within the CIPM MRA. In return, they also gain many benefits from their status. Since the last General Conference, the CIPM has taken a number of decisions which open up a limited number of additional possible benefits to Associates under certain conditions. This was in recognition of the fact that:

- experience showed that there was a high level of scientific competence in a number of laboratories from Associates;
- there was a scientific value to the Associates, but also to Member States, from the inclusion of these laboratories in a number of activities, especially those organized by Consultative Committees or their Working Groups;
- in some Consultative Committee comparisons, only one set of reference samples is produced. In the absence of a linked Regional Metrology Organization (RMO) comparison, it is clearly more efficient, and there is scientific benefit, from including competent laboratories from Associates in the Consultative Committee comparison; and
- in a number of cases, representatives of Associates held the Chair of technical committees in the RMOs and that their participation in, for example, Working Groups on Calibration and Measurement Capability reviews brought added value.

These decisions have been set out in the document CIPM/05-05 on “Services available to Associate States and Economies of the CGPM and their participation in the CIPM MRA” which is available on the open part of the CIPM pages on the BIPM website. The 21st meeting of the General Conference did not set a period for the status of Associate. However, the CIPM proposes that, in the light of recent experience, those States which are Associates and which take advantage of a large number of these services should be strongly encouraged to become Member States. This move, the CIPM believes, is consistent with the spirit of the discussions at the 21st

meeting of the General Conference. These stressed the value of full participation in the activities under the CIPM MRA, but recognized that a number of States might initially find it hard to justify the financial commitments needed to become a Member State. The General Conference was, at that time, of the opinion that Associates would only take part in the CIPM MRA through their Regional Metrology Organizations. This is no longer the case and many Associates have had the opportunity to play a direct role as a result of CIPM decisions. This role includes participation in pilot studies and other activities led by Working Groups of Consultative Committees. These benefits and the experience gained by Associates should, the CIPM believes, encourage these Associate States to become Member States.

The Draft Resolution E recognizes, of course, that the decision to accede to the Metre Convention remains with the Associate State. Nevertheless it includes a proposal that the CIPM carries out a regular review of the level of participation of Associates and the extent to which they take part in the CIPM MRA, and have calibration and measurement capabilities listed in Appendix C of the BIPM key comparison database (KCDB).

■ On Associate States of the General Conference

Draft Resolution E

The 23rd General Conference,

considering

- Resolution 3 of the 21st General Conference,
- that the status of Associate State should, where possible, be the first step to accede to the Metre Convention,
- the technical and economic benefits gained by Associates,
- the level of the financial subscription of the Associates in relation to these activities and benefits,
- the increasing costs to Member States of the participation of Associates in the CIPM MRA and in some elements of the work of Consultative Committees,

invites the International Committee to draw up criteria which would enable it to review whether it would be appropriate for an Associate to become a Member State and to report to the 24th General Conference on any changes to the conditions regarding the status of Associate,

decides

- that the International Committee will review the situation of each Associate State five years after its admission as an Associate with a view to encouraging it to accede to the Metre Convention,
- 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, and
- that an Associate State which accedes to the Metre Convention will pay an entrance fee from which its subscriptions paid as Associate of the CGPM, will be deducted.

15.2 On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference

The 22nd meeting of the General Conference discussed the request made by CARICOM (the Caribbean Community) to become an Associate of the CGPM, and confirmed the CIPM's interpretation of the word Economy as a formal regional economic cooperation. In the special case of an Associate such as CARICOM, which is a regional economic intergovernmental organization and which comprises several individual states, the CIPM, in 2005, agreed that:

- the CIPM MRA should be signed by the relevant Economy (in this case, CARICOM) as the recognized coordinating body for the CIPM MRA;
- each Member State of the Economy may have its own Calibration and Measurement Capabilities; and
- each Member State of the Economy would designate its own NMIs or other designated institutes. The Economy would, however, be the channel through which such national designations are notified to the Director of the BIPM.

CARICOM became an Associate of the CGPM on 10 October 2005. Subsequently, the CIPM reviewed the situation of such formal regional economic cooperation and proposes that it should consider any subsequent application on a case-by-case basis. The CIPM also proposes that the CGPM should delegate the final decision on whether to accept such an application to the International Committee, but that clear criteria for the acceptance of applications from such cooperation should be set. These criteria could include:

- the stated intentions, legal basis and general activities of the Economy;
- the financial and technical status of the individual members of the Economy;
- the reply of the individual members of the Economy to the International Committee's recommendation that they become Associates in their own right;
- the expected level of participation of the Economy in the CIPM MRA.

■ On the acceptance of Economies as Associates of the General Conference

Draft Resolution F

The 23rd General Conference,

considering

- Resolution 3 of the 21st General Conference,
- the discussions at the 22nd General Conference concerning the admission of formal regional economic cooperations as Associate Economies of the General Conference,
- that the Associate status has been granted to such an Economy,
- the desirability of setting criteria against which such applications be assessed,

decides

- that Economies cannot automatically become Associates of the CGPM, and
- that the International Committee shall set the criteria against which such applications should be assessed and decide whether to accept any new applications.

16 **Proposal to create a category of Corresponding National Metrology Institute of the BIPM**

The Member States and the Associates of the General Conference are responsible for over 90 % of world trade. However, the number of States and Economies so far involved in the work carried out under the Metre Convention falls short from the number of members of many other intergovernmental organizations and international technical or trade-related bodies. The International Committee is therefore convinced of the need for a new initiative that would involve a larger number of States and Economies in the work carried out under the Metre Convention, and which will have the long-term aim of encouraging States to accede to the Metre Convention or to become Associates of the General Conference and Economies to become Associates of the General Conference. The International Committee therefore will report to the Conference on two proposals:

- the need to encourage existing Associate States to become Member States where possible and appropriate so that they can play a greater role in the work carried out under the Metre Convention; and
- to launch an outreach, awareness and liaison programme, through the creation of a category of “Corresponding National Metrology Institute of the BIPM”. The initial aim of this initiative would be to draw more and more developing and emerging States and Economies into contact with the work of the BIPM. This new category of Corresponding National Metrology Institute of the BIPM should be a stepping stone for the States of these Corresponding National Metrology Institutes to acceding to the Metre Convention or becoming an Associate of the General Conference, and for the NMIs to become signatories to the CIPM MRA.

- **On the importance of promoting the work carried out under the Metre Convention and on the creation of the category of Corresponding National Metrology Institute of the International Bureau of Weights and Measures (BIPM), to encourage more States to accede to the Metre Convention or become Associates of the General Conference**

Draft Resolution G

The 23rd General Conference,

considering

- that, in 1999, at its 21st meeting, the General Conference created the category of Associate of the General Conference for States which did not then accede to the Metre Convention and for Economies to facilitate the participation in the CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA) by States that might have an initial difficulty in allocating sufficient funds to meet the cost of acceding to the Metre Convention,
- the increasing number of States in development and in transition that have become Associates of the General Conference,
- that it is in the interest of all States and Economies to establish links through their coordinating National Metrology Institute (NMI) to the world’s measurement system organized and coordinated under the auspices of the Metre Convention,

- that there remain however a large number of States that find difficulties in accomplishing the formalities and paying the subscription required to become an Associate,
- that it is in the interest of all States and Economies to reduce, and to avoid, technical barriers to trade by becoming signatories to the CIPM MRA,
- that the Member States wish to create a simple, all inclusive, and cost-effective way to establish such links and to encourage these States to accede to the Metre Convention or become Associates of the General Conference,

recalling Resolution 4 of the 22nd CGPM on the value and benefits of the Metre Convention for the Member States and for Associates of the General Conference, and which invites Member States to promote wider membership,

decides

- to create the category of Corresponding National Metrology Institute of the BIPM, free of charge, and open to the NMIs of those States which did neither accede to the Metre Convention nor become Associates of the General Conference,
- to invite NMIs of States and Economies which did neither accede to the Metre Convention nor become Associates of the General Conference, to become Corresponding National Metrology Institute of the BIPM,
- that an NMI which becomes a Corresponding National Metrology Institute of the BIPM will be entitled to have access to information related to the activities of the BIPM, and to participate in seminars or meetings initiated, organized, or supported by the BIPM and which are dedicated to States in development and which address issues such as the development and international recognition of national metrology infrastructures,
- that an NMI wishing to become a Corresponding National Metrology Institute of the BIPM may do so by application to the Director of the BIPM,
- that the status of Corresponding National Metrology Institute of the BIPM shall be granted for a period of three years, renewable only for one further three-year period on application to the Director of the BIPM,
- that a Corresponding National Metrology Institute of the BIPM shall be encouraged to ask the appropriate authorities in its State to apply at any time to accede to the Metre Convention or to become an Associate of the General Conference.

17 Financial arrears of Member States

The issue of financial arrears has been a constant concern over the years. Although arrears were generally recovered and some Member States entered into successful financial rescheduling agreements, some others still fail to fulfil their financial obligations.

Article 6 of the Rules annexed to the Metre Convention provides for two sanctions when a Member State fails to fulfil its financial obligations. The first is a suspension of the advantages and prerogatives after three years of arrears, and the second is exclusion from the Metre Convention after three additional years of arrears; i.e. a total of six years of arrears.

The “suspension sanction” is, and has always been, strictly and consistently applied. However, the “exclusion sanction” has never been imposed, despite Article 6, al. 8, as:

- after three years of arrears, the annual contribution of the defaulting Member State is distributed among all the other Member States. Such a distributed contribution is an advance made to the defaulting Member State;
- some arrears of up to twelve years have been successfully recovered and advances were subsequently reimbursed;
- if a defaulting Member State is excluded, it may use its exclusion as an argument for not reimbursing advances to the other Member States, although its commitments remain in this respect;
- the Convention and its annexed Rules contain no specific provision on the decision-making process or on the procedure to be followed with regard to exclusion.

Further and after due consideration of the decision-making process of other international organizations, it is proposed to:

- clearly state that it is only the General Conference which can exclude a Member State and/or write-off the arrears;
- define the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion.

The General Conference is therefore invited to adopt the following Resolution.

■ On financial arrears of Member States

Draft Resolution H

The 23rd General Conference,

recalling that Article 6, al. 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. ”

considering

- the importance of the work carried out by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) and the services delivered to Member States,
- the absolute necessity that contributions of Member States be paid timely and consistently to allow the BIPM to fulfil its mission and to avoid financial problems in the day-to-day operation of the BIPM,

- the need to define the decision-making process and a procedure governing the recovery of arrears and exclusion,

invites Member States which have failed to fulfil their financial obligations to pay their outstanding arrears,

decides that:

- when a Member State has not paid its contributions for six years, the International Committee for Weights and Measures (CIPM) shall send to the defaulting Member State a formal notification inviting it to fulfil its financial obligations and reminding it of the procedure governing the recovery of arrears and exclusion. Such a notification shall be sent no later than nine months before the next General Conference on Weights and Measures (CGPM),
- the CIPM may enter a rescheduling agreement with that defaulting Member State for the payment of its arrears, which shall not include any write-off of arrears,
- if, further to the above-mentioned notification, a Member State persists in its failure to fulfil its financial obligations or does not perform its obligations under a rescheduling agreement with the CIPM, the latter shall recommend to the CGPM to take a decision with regard to the outstanding arrears of that Member State,
- further to a formal request by that Member State, the CGPM may write off, in whole or in part, its arrears, if it is satisfied that its failure to fulfil its financial obligations is due to conditions beyond the control of that Member State. Any such decision shall be valid only if no Member State has expressed an opinion to the contrary,
- the CGPM may, provided there is no vote against, exclude a Member State which fails to fulfil its financial obligations in accordance with Article 6 al. 8 of the Rules annexed to the Metre Convention,
- the exclusion shall be notified by the CIPM to that Member State through the French Ministry of Foreign Affairs, which shall accordingly inform all Member States,
- an excluded Member State may only again accede to the Metre Convention if its remaining arrears have been paid by that Member State or written off by the CGPM. Pursuant to Article 11 of the Metre Convention, that Member State shall pay an entrance contribution equal to its first annual contribution,
- a Member State which withdraws may only again accede to the Metre Convention if its remaining arrears have been paid by that Member State or written off by the CGPM. Pursuant to Article 11 of the Metre Convention, that Member State shall pay an entrance contribution equal to its first annual contribution.

18 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 Conference itself, each President will highlight the most important elements of the work of their Committees since the 22nd 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. These include:

- a continuing and substantial preoccupation with the technical work which underpins the CIPM MRA. Apart from the Consultative Committee for Units, 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. Consultative Committees also approve proposals for new key comparisons and comment on the extent to which they can be used as evidence of technical competence for a range of CMCs. A number of Consultative Committees have also formed Working Groups for the interregional review of CMCs. These generally meet on an annual basis and are increasingly seen as an efficient way of resolving interregional questions on a face-to-face basis. Consultative Committees are also responsible for the review and approval of key comparison reports carried out at the Consultative Committee and the RMO level before they are included in the BIPM key comparison database;
- following agreement by the CIPM on the general rules and policy for Consultative Committees, many Committees have set up Strategy Working Groups. These set priorities and work plans for the CCs and also, in many cases, are used to provide advice to the CIPM on the scientific work of the BIPM and its future plans. Some CCs have set up a specific Working Group on the proposed BIPM programme of work, which is to be presented to the General Conference, thus providing the CIPM with the views of the NMIs represented on the Committees. This endorsement of the proposed work at the Consultative Committee level helped the CIPM to come to an overall view of priorities;
- 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 impacts of any redefinition in their areas of concern and also help prepare proposals for any *mise en pratique* of the unit when, and if, its definition becomes based on a fixed value of a fundamental constant. This follows the precedent established at the time of the change, in 1983, of the definition of the metre from a number of wavelengths of light to a new definition based on a fixed value for the speed of light;
- 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 International Atomic Energy Agency, the International Commission on Illumination, the International Earth Rotation and Reference Systems Service and the International Astronomical Union. Consultative Committees have more recently established strong links with the World Health Organization, World Meteorological Organization Food and Agricultural Organization of the United Nation/Codex Alimentarius Commission, World Anti-Doping Agency, and others. In many cases, these links have been formalized through Memoranda of Understanding or letters of cooperation approved by the CIPM. This trend is consistent with the discussions on the importance of international collaboration and coordination which took place during the 22nd 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

- several Consultative Committees have organized workshops and similar events to discuss key technical developments and to assist in technology and knowledge transfer among NMIs or participants in comparisons.

Specific Draft Resolutions to be presented to the CGPM by the Presidents of Consultative Committees are:

18.1 and 18.3 Consultative Committee for Length and Consultative Committee for Time and Frequency

On the revision of the *mise en pratique* of the definition of the metre and the development of new optical frequency standards

The Consultative Committee for Time and Frequency (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 has been 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 Consultative Committee for Length (CCL) and the CCTF have established a Joint Working Group 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 *mise en pratique* of the metre and to the list of recommended radiations were adopted by the CIPM in 2002 (Recommendation 1, CI-2002), 2003 (Recommendation 1, CI-2003), 2005 (Recommendation 3, CI-2005) and in 2006 (Recommendation 1 (CI-2006)). An effect of the Joint Working Group recommendations should be to stimulate further progress which may eventually result in a proposal to redefine the second using an optical, rather than a microwave, transition.

This development poses significant technical issues. In particular, it is difficult to remotely compare the highest performance frequency standards using existing satellite-based time transfer techniques. The CCL and the CCTF therefore need to continue to encourage national laboratories and the BIPM to consider what needs to be done so as to take advantage of the higher performance offered by frequency standards in the optical domain. The BIPM work programme presented to this General Conference therefore includes a proposal to coordinate an international project to address the issue, to evaluate the scientific options and to propose a way in which optical frequency standards can be compared remotely.

■ **On the revision of the *mise en pratique* of the definition of the metre and the development of new optical frequency standards**

Draft Resolution I

The 23rd General Conference,

considering that:

- there have been rapid and important improvements in the performance of optical frequency standards,
- femtosecond comb techniques are now used routinely for relating optical and microwave radiations at a single location,
- National Metrology Institutes (NMIs) 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 Consultative Committee for Length and the Consultative Committee for Time and Frequency to review the frequencies of optically-based representations of the second,
- the additions to the *mise en pratique* of the definition of the metre and to the list of recommended radiations made by the International Committee in 2002, 2003, 2005, and 2006,
- the initiative taken by the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) to raise the issue of how to compare optical frequency standards,

recommends that:

- NMIs commit resources to the development of optical frequency standards and their comparison,
- the BIPM works toward 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.

18.5 Consultative Committee for Thermometry

Clarification of the definition of the kelvin, unit of thermodynamic temperature

Recent key comparisons carried out by the Consultative Committee for Thermometry on water triple point cells demonstrated clear differences between the realizations of national standards in which there had been a correction for the isotopic concentration from Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW) and those that had not. This Draft Resolution confirms the support of the General Conference for changes made to the Supplementary Information for the International Temperature Scale of 1990 (ITS-90).

■ Clarification of the definition of the kelvin, unit of thermodynamic temperature

Draft Resolution J

The 23rd General Conference,

considering

- that the kelvin, unit of thermodynamic temperature, is defined as the fraction $1/273.16$ of the thermodynamic temperature of the triple point of water,
- that the temperature of the triple point depends on the relative amount of isotopes of hydrogen and oxygen present in the sample of water used,
- that this effect is now one of the major sources of the observed variability between different realizations of the water triple point,

notes and welcomes the decision by the International Committee for Weights and Measures in October 2005, on the advice of the Consultative Committee for Thermometry, that

- the definition of the kelvin refers to water of a specified isotopic composition,
- this composition being:

0.000 155 76 mole of ^2H per mole of ^1H ,
 0.000 379 9 mole of ^{17}O per mole of ^{16}O , and
 0.002 005 2 mole of ^{18}O per mole of ^{16}O ,

which is the composition of the International Atomic Energy Agency reference material Vienna Standard Mean Ocean Water (VSMOW), as recommended by the International Union of Pure and Applied Chemistry in “Atomic Weights of the Elements: Review 2000”,

- this composition be stated in a note attached to the definition of the kelvin in the SI Brochure as follows:

“This definition refers to water having the isotopic composition defined by the following amount-of-substance ratios: 0.000 155 76 mole of ^2H per mole of ^1H , 0.000 379 9 mole of ^{17}O per mole of ^{16}O and 0.002 005 2 mole of ^{18}O per mole of ^{16}O ”.

18.6 Consultative Committee for Photometry and Radiometry

On the importance of SI traceable measurements to monitor climate change

Previous General Conferences (see Resolution 4 of the 21st CGPM and Resolution 5 of the 22nd CGPM) have discussed the value of tracing measurements related to climate change to the SI and the importance of environmental measurements. Many NMIs have already established substantial programmes related to the environment. In recent years, concern with the Earth’s climate has increased dramatically and the BIPM has therefore intensified its interactions with the World Meteorological Organization (WMO) and related bodies. The BIPM maintains reference standards for ground-based ozone and has adjusted a considerable part of the proposed work plan towards work that underpins climate change. This aims to anticipate the need for internationally consistent standards which can meet the trend to measurements on lower concentrations of the gases which contribute to global warming and to emissions of reactive gases. The WMO has been an important contributor to the identification of scientific needs and

priorities for comparisons and is collaborating with the BIPM to reestablish means of traceability to the SI in this area.

The Consultative Committee for Photometry and Radiometry has, together with the Consultative Committee for Amount of Substance and the Consultative Committee for Ionizing Radiation, taken a specific interest in environmental measurements and presented its views to the CIPM in 2005. In view of the increasing number of initiatives taken by Member States to address climate change, the following Draft Resolution is presented to the CGPM.

■ **On the importance of SI traceable measurements to monitor climate change**

Draft Resolution K

The 23rd General Conference,

recalling Resolution 4 of the 21st General Conference on Weights and Measures (1999) concerning the need to use SI units in studies of Earth resources, the environment, human well-being and related issues,

considering

- the expansion in the number of international and national initiatives to address the challenges and implications of climate change for the world,
- working arrangements between the CIPM and the World Meteorological Organization (WMO),
- the increasing importance of optical radiation measurements and physico-chemical measurements of air, ground-based as well as air-borne, and physico-chemical measurements of ocean water, which support research into the understanding of the causes and impacts of climate change,
- the importance of basing long-term measurements which relate to climate change on the stable references of the International System of Units (SI),

welcomes the proposed BIPM/WMO international conference to address the increasing important role of metrology in studies on global climate change,

recommends relevant bodies to 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,

and further recommends appropriate funding bodies to 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.

18.10 Consultative Committee for Units

On the possible redefinition of certain base units of the SI

For many years there has been considerable interest in a redefinition of the kilogram and other base units of the SI. This interest is based on two main factors. Firstly, the kilogram is the last remaining base unit to be defined using a physical artefact. Secondly, recent progress made at

NMIs and elsewhere offers the possibility of redefinitions of several base units of the SI based on fixed values of a number of the fundamental constants of physics. There are, however, scientific conditions to be met before redefinitions can take place. Metrologists have to be fully confident that the values chosen for the fundamental constants on which the redefinition is to be based do not introduce noticeable discontinuities in the dissemination of the unit. This requires agreement and consistency between any alternative experimental approaches used to fix the values of the relevant fundamental constants. Finally, the realizations of the units should ensure that user communities, including the most demanding of these, will benefit or remain substantially unaffected.

The progress made in recent years has given metrologists greater confidence that a definition of the kilogram based on the Planck or Avogadro constant should be possible. If the results of the experiments currently under way agree, and if they offer uncertainties which approach a few parts in 10^8 , the scientific conditions for a redefinition of the kilogram should broadly be met. Currently, there are still some discrepancies between the results obtained by different approaches adopted by the research groups concerned, and the history of metrology has shown that it is often prudent to wait and be confident that it is the right time for a redefinition. The Consultative Committees of the CIPM have discussed this subject on many occasions, particularly so over the last two years, and several of them have made recommendations to the CIPM.

Specifically, the Consultative Committee for Units believes that there is the possibility of a redefinition of the kilogram by the CGPM in 2011. The Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) cautiously welcomed this possibility but pointed out the need for resolution of discrepancies between the relevant results from independent experiments. Furthermore, the CCM recommends that the relative standard uncertainty of the best realization of the definition of the kilogram should not exceed two parts in 10^8 at the level of one kilogram. The Consultative Committee for Electricity and Magnetism considered that a redefinition of the kilogram based on a fixed value for the Planck constant, if combined with a redefinition of the ampere fixing the value of the elementary charge, would have benefits for electrical metrology. The Consultative Committee for Amount of Substance observed that there are implications for the definition of the mole and concluded that no redefinition should be considered before the discrepancy of 1×10^{-6} between experiments based on the Planck constant and the Avogadro constant has been solved, and the Consultative Committee for Thermometry considered that new determinations of the Boltzmann constant are needed in preparation for an eventual redefinition of the kelvin. All Consultative Committees are concerned to ensure that there is adequate preparation for any redefinition or redefinitions and that user communities should be fully informed and consulted about any possible effects.

At its meeting in 2005, the CIPM therefore adopted a recommendation (Recommendation 1 (CI-2005)) that, *inter alia*, invited all Consultative Committees to consider the implications of changing the definitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole and to report to the CIPM not later than June 2007. The CIPM also recommended that:

- NMIs pursue their current experiments with vigour to provide additional data to enhance confidence in the changes proposed;
- NMIs and Consultative Committees further their work on how any new definitions could be realized; as this would probably require a *mise en pratique* for each unit. Many of the Consultative Committees concerned have now set up special Working Groups to deal with these issues; and

- endorsed the proposal of the CCU that the 23rd meeting of the CGPM should alert Member States to the possibility of redefinitions of several units of the SI at the 24th meeting of the CGPM in 2011, should all the relevant conditions be met.

The CIPM also recommended that user communities should be informed and consulted.

■ **On the possible redefinition of certain base units of the International System of Units (SI)**

Draft Resolution L

The 23rd General Conference,

considering

- that, for many years, National Metrology Institutes (NMIs) as well as the International Bureau of Weights and Measures (BIPM) have made considerable efforts to advance and improve the International System of Units (SI) by extending the frontiers of metrology so that the SI base units could be defined in terms of the invariants of nature – the fundamental physical constants,
- that, of the seven base units of the SI, only the kilogram is still defined in terms of a material artefact – the international prototype of the kilogram (2nd CGPM, 1889, 3rd CGPM, 1901) and that the definitions of the ampere, mole and candela depend on the kilogram,
- Resolution 7 of the 21st General Conference (1999) which 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”,
- the many advances, made in recent years, in experiments which relate the mass of the international prototype to the Planck constant h or the Avogadro constant N_A ,
- initiatives to determine the value of a number of relevant fundamental constants, including work to redetermine the Boltzmann constant k_B ,
- that as a result of recent advances, there are significant implications for, and potential benefits from, redefinitions of the kilogram, the ampere, the kelvin and the mole,
- Recommendation 1 of the International Committee (C1-2005) at its meeting in October 2005, and various Recommendations of Consultative Committees on the subject of a redefinition of one or more of the base units of the SI,

noting

- that any changes in definitions of units of the SI must be constrained by self-consistency,
- that it is desirable that definitions of the base units should be easily understood,
- the work of the International Committee and the Consultative Committees,
- the need to monitor the results of relevant experiments,
- the importance of soliciting comments and contributions from the wider scientific and user communities, and

- the decision of the International Committee in 2005 to approve, in principle, the preparation of new definitions of the kilogram, ampere, kelvin and the possibility of redefining the mole,

recommends that National Metrology Institutes and the BIPM

- pursue the relevant experiments so that the International Committee can come to a view on whether it may be possible to redefine the kilogram, the ampere, the kelvin, and the mole using fixed values of the fundamental constants at the time of the 24th General Conference (2011),
- should, together with the International Committee, its Consultative Committees, and appropriate Working Groups, work on practical ways of realizing any new definitions based on fixed values of the fundamental constants, prepare a *mise en pratique* for each of them, and consider the most appropriate way of explaining the new definitions to users,
- initiate awareness campaigns to alert user communities to the possibility of redefinitions and that the technical and legislative implications of such redefinitions and their practical realizations be carefully discussed and considered,

and **requests** the International Committee to report on these issues to the 24th General Conference in 2011 and to undertake whatever preparations are considered necessary so that, if the results of experiments are found to be satisfactory and the needs of users met, formal proposals for changes in the definitions of the kilogram, ampere, the kelvin and mole can be put to the 24th General Conference.

19 Proposals by delegates

Delegates from Member States are requested to let the International Committee 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 General Conference. This is in accordance with the decision of the 9th meeting of the General Conference (1948) “the wishes or proposals thus deposited will be distributed by the Bureau of the Comité to all Member States of the Convention, 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”.

20 Renewal of half of the International Committee

In conformity with Articles 7 (1875) and 8 (1921) of the Rules annexed to the Metre Convention, the Conference will proceed by secret ballot to the renewal of half of the membership of the International Committee. Outgoing members are first, those who in the case of vacancies have been provisionally elected since the last Conference, and second, those selected by ballot from among the remaining members of the International Committee. Outgoing members are eligible for re-election.

January 2007

For the International Committee for Weights and Measures
Pavillon de Breteuil, F-92312 Sèvres Cedex

The Secretary,
R. Kaarls

The President,
E.O. Göbel

Appendix B

Programme of work and budget of the International Bureau of Weights and Measures for the four years 2009-2012

Executive Summary

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 2009-2012.

Each project in the document delivers a facility or a service to Member States and each has the scientific support of National Metrology Institute (NMI) representatives to the Consultative Committees of the CIPM. The NMI representatives have consistently stated that the BIPM programme is essential to them. They also press for additional staff resources to maintain current activities and to allocate to new ones. A number of high-priority activities are currently under-resourced.

Without the proposed work, each project would need to be duplicated nationally, at considerably more expense. By sharing the cost of a facility and supporting the BIPM, Member States save money and increase the efficiency and effectiveness of their national metrology structures. An international metrology system which serves current needs and which works globally to extend the network of traceable measurement can only be achieved, at minimum cost to Member States, through the work of the BIPM. Current areas where the BIPM is making a major impact include: support to international commerce and trade, industrial innovation, human health and safety, medicine, food and the environment.

The current programme of work covers existing areas of work, which are always changing so as to address changing priorities, and proposes a modest additional effort to address additional projects which are judged by the Consultative Committees and the CIPM to be of the highest importance.

Before drawing up the programme of work, the BIPM and the CIPM established detailed criteria for the BIPM's scientific work as well as its activities in the coordination of international metrology. The BIPM first prepared initial proposals for activities in the 2009-2012 period, in line with these criteria. The proposals were then reviewed by the Consultative Committees. Only those of the highest metrological importance and relevance were retained, and the CIPM prioritized the draft programme of work, and approved it at its meeting in October 2006. The CIPM considers that all the proposed activities fit the criteria they established, and are the minimum needed to address today's needs. The CIPM unanimously recommends that the General Conference on Weights and Measures (CGPM) approves and funds the full programme of work.

The programme of work identifies the main scientific drivers and metrological requirements, states why the BIPM is uniquely positioned to address a particular aspect or project and lists the beneficiaries and deliverables.

The seven main features of the programme are:

- Steps to prepare for changes to the current definitions of a number of base units of the International System of Units (SI) which are expected to be made within the next few years. Two such changes have a particularly significant impact on the BIPM's technical work. The first, a proposed redefinition of the kilogram together with a number of other base units of the SI, underlines the importance of the BIPM watt balance and the new project to develop new mass standards artefact reference standards to ensure the continuity of the world's mass metrology system. The second are the technical steps needed to prepare for the inclusion in the international time scale, within a few years, of the new generation of highly accurate "optical clocks". In due course, these may replace the current definition of the second.
- Long-term plans to extend and improve reference facilities or travelling standards, provided that it is technically and financially more cost-effective to provide and maintain them at the BIPM rather than at a NMI or NMIs. Examples include the International Reference System for gamma-ray emitting radionuclides (SIR) or the travelling Josephson standard. This work supports key and other comparisons within the framework of the CIPM Mutual Recognition Arrangement (CIPM MRA), which is increasingly recognized by regulators, legislators and accreditors as a highly effective framework within which to tackle technical barriers to trade.
- Further readjustment of the work in physical metrology, which has already resulted in the closure of two sections to address only the highest priorities.
- A chemistry programme constructed around work to support climate change and air quality, and which provides primary references which address the current top priorities in healthcare, food, and forensic work as identified in partnership with relevant intergovernmental organizations and international bodies.
- A continuing application of the SI to new sectors in which it can bring benefits.
- Administrative and technical support for the CIPM MRA.
- Promotion of the benefits of traceable measurements internationally and to States which have not yet acceded to the Metre Convention.

The CIPM also supports a new project to address international traceability and uncertainty of measurement in radiation dosimetry for cancer and other treatment based on linear accelerators. The current hospital-based therapy techniques based on ^{60}Co sources of radiation are being steadily replaced by sources based on radiation from linear accelerators. As more and more NMIs start to invest in accelerator-based national facilities, access to an international reference facility to be used for comparisons will enable uncertainties at a national level to be reduced to those currently achieved with ^{60}Co sources. A capital investment of some 2.3 million euros is needed to fund a linear accelerator facility at the BIPM. In prioritizing this programme of work, the CIPM proposes that the General Conference should decide on plans that would bring a BIPM linear accelerator facility online during the 2013-2016 programme of work. The use of an NMI-based accelerator as an international facility is not a long-term solution to international needs as, within a few years, the increasing workload of NMI accelerators would mean that no single machine would be able to offer sufficient time for international comparisons.

To fund this programme of work, the BIPM requires a step increase of 15 % in its dotation. This is made up from a real terms increase of 11 % plus 4 % inflation for a scientific organization. The increase is primarily a consequence of the growing number of responsibilities which Member States place on the BIPM and the underfunding of the previous two programmes of work.

1 Introduction

This document provides information on item 12 of the Provisional Agenda of the 23rd meeting of the General Conference and Draft Resolution C on the Dotation of the BIPM. The Provisional Agenda appears on page 51 of the text of the Convocation for the General Conference sent to Governments of Member States in January 2007. Agenda item 12 concerns the programme of future work at the BIPM and its financial implications.

2 The BIPM's mission

The role and mission of the BIPM has been discussed and approved at the last two General Conferences. The following is the relevant extract from the report *Evolving Needs for Metrology and Society and the Role of the BIPM* submitted to, and approved by the 22nd meeting of the CGPM.

The role of the BIPM

The goal of the BIPM is worldwide uniformity of measurement.

The BIPM will achieve this goal by providing the necessary scientific and technical basis for such uniformity and by collaborating with other institutions and organizations that have related missions. Therefore, its principal tasks are:

The International System of Units (SI)

- To keep up-to-date and disseminate the text of the International System of Units as published in the SI Brochure.

Basic scientific and technical tasks

- To conserve and disseminate the primary standard of mass, the international prototype of the kilogram.
- To establish and disseminate International Atomic Time (TAI) and, in collaboration with the International Earth Rotation Service, Coordinated Universal Time (UTC).
- To make its own realizations of other base and derived units of the SI and, if necessary, other units that are not yet possible to link to the SI.
- To participate in the development of primary methods of measurement and procedures in chemical analysis and bioanalysis and, where necessary, to maintain its own standards in these fields.
- To undertake research focused on the development of 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 to publish the results of this research.

Specific technical services in support of NMIs

- To carry out certain international comparisons of practical realizations of certain base and derived units of the SI, as may be necessary to meet the needs of the ensemble of the NMIs.
- To provide a specialized calibration service for NMIs for selected national measurement standards whenever this is desirable and feasible.
- To provide opportunities for technology transfer during calibrations and comparisons organized by the BIPM.
- To provide facilities for the exchange of scientific staff between the BIPM and NMIs.
- To provide certain consultancy services to NMIs related to peer review of their activities.

Global coordination of metrology

- To provide support as necessary in the operation of the CIPM Mutual Recognition Arrangement of national measurement standards and of calibration and measurement certificates issued by NMIs through the operation of the BIPM key comparison database, the management of the Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM (JCRB), and through participation in meetings of Consultative Committees and appropriate meetings of the Regional Metrology Organizations and through the publication of the results of key and supplementary comparisons.
- To provide the scientific and administrative Secretariat for the General Conference on Weights and Measures, the CIPM and its Consultative Committees as well as the secretariat for meetings of directors of NMIs and the various Joint Committees, and to publish reports of their deliberations.

Relations with other organizations

- To enter 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 or the CIPM, and where it may stimulate corresponding coordination at the national or regional level.
- To collaborate, and where appropriate enter into agreements to establish Joint Committees with intergovernmental organizations and international bodies having related missions.
- To address the common interest of the NMIs of Member States as the occasion arises.

Information and publicity

To promote as widely as possible using all appropriate methods, the activities carried out under the Metre Convention, in particular:

- To provide through the BIPM website, a centre for information on matters related to the Metre Convention, the CIPM, its Consultative Committees, Joint Committees, the CIPM

MRA, including the BIPM key comparison database, and matters related to international metrology.

- To edit and arrange for the publication of *Metrologia*, the international scientific journal of metrology.
- To ensure, with other appropriate organizations, that basic documents needed for uniformity of measurements, such as those on the vocabulary in metrology (VIM) and on the expression of uncertainty in measurement (GUM), are kept up-to-date and widely disseminated.
- To organize workshops and summer schools for the benefit of staff from the NMIs.

Cost effectiveness and evolving role of the BIPM

The BIPM will carry out these tasks in the most cost-effective and efficient way possible designed to achieve its goal and will continue to be ready to adapt and change its tasks as the need arises, and as decided by the CIPM acting under the authority of the Member States.

3 General approach and background to the 2009-2012 programme of work

As a result of remarks at the last General Conference, the CIPM reviewed the criteria on which the BIPM should base its programme of work. These are summarized in Annex 1 to this programme of work.

So that the CIPM can place each four-year programme of work into the context of a longer term picture, the BIPM has drafted ten-year plans for its technical activities. This is an evolving task, and the ten-year plans will be reviewed by the CIPM on a regular basis.

In drawing up the proposed programme of work for 2009-2012, the BIPM and CIPM have started from an assessment of:

- the high-level drivers and triggers for its work, based on an analysis of scientific need, the views of NMIs, the work of the newly-established Consultative Committee strategy groups, international and national roadmaps and reports, and the views of intergovernmental organizations or international bodies with which the BIPM works;
- the potential beneficiaries, which include the NMIs, international bodies, intergovernmental organizations and specialist user communities in which greater use of the SI can bring benefits;
- the expected outcomes and impacts of the work; and
- where the BIPM can make a unique contribution.

Similar criteria were applied to the BIPM's scientific and coordination activities.

The CIPM adopted a new format for the programme of work in which individual programmes are composed of two main building blocks:

- A core programme, which sets out the evolution of activities established in previous work programmes and which addresses changing priorities in the NMIs and elsewhere. These activities conform with the programme of work criteria and the above analysis. Adjustments to the current resources which would be needed to deliver the programme are identified.
- Proposals for new projects which, if approved, will be rolled into the current activities. In general, proposals for new projects address major new activities in the metrology of the areas concerned. All would require additional investments. New staff requirements are clearly identified.

The main features for the proposed 2009-2012 programme of work as approved by the CIPM are:

- Steps to prepare for changes to the current definitions of a number of base units of the International System of Units (SI) expected to be made within the next few years. Two such changes affect the units for mass and time artefact reference standards. The first is needed to ensure the continuity of the world's mass metrology system. The second change is needed to prepare for the inclusion, in the international time scale, of the new generation of highly accurate "optical clocks". In due course, these may replace the current definition of the second. The BIPM will be involved in coordinating the technical work NMIs need to put in place so as to resolve the problem of how to compare these clocks with an accuracy consistent with their performance.
- Ongoing work in dosimetry to meet the impact of, and a change of the techniques in medical measurement practice for tumour treatment worldwide. This requires an international reference facility for the comparison of national facilities and which would lead to a reduction in measurement uncertainty at the national level. Initial work on this project would start in the 2009-2012 programme of work. The CGPM is asked to endorse this project, with a view to providing the funds for a capital investment of some 2.3 million euros in the 2013-2016 programme of work so as to provide the international reference facility.
- To build on the successes of the recent expansion in chemical metrology and to set the priorities for work to underpin the metrology of gas standards relevant to climate change and air quality. The second priority is for primary reference standards for medical measurements. A potential project on bioanalysis, forensic science and food will be deferred until the 2013-2016 programme of work, although a study on priorities and international needs will be started during the 2009-2012 programme of work.
- Increased coordination as a result of opportunities to introduce the SI concepts of traceability and uncertainty to new areas of application such as climate change, food, forensic science, and healthcare, and to promote them to an increasing number of intergovernmental organizations and international bodies, especially in areas where metrological concepts are under-developed.
- Support for the work of Consultative Committees as they identify the needs of new areas of innovative measurement to support emerging technologies such as nanotechnology, micro-electronic mechanical systems, energy, security, and new materials.
- Initiatives to promote the benefits of association with the Metre Convention to non-members, and to help raise the metrological competence of Member States and Associates through experience building and knowledge transfer.

4 The BIPM's place in world metrology

Many of the justifications for an activity at the BIPM stem from its unique position in the world metrology system. All activities and new project proposals draw on this general remit and justification. In order not to repeat the general justifications in each building block of the programme of work, they are summarized here.

The BIPM offers:

- A unique independent intergovernmental organization in charge of the worldwide uniformity of measurement, by providing the necessary scientific and technical basis for such uniformity and by collaborating with other institutions and organizations that have related missions while implementing the work programme approved by its Member States.
- An environment in which long-term commitments and continuity can be provided, within the ten-year plans and related four-year programmes of work, for cost-shared reference facilities available to NMIs or Designated Institutes in all Member States.
- A scientific intergovernmental organization which can develop and maintain unique travelling standards on a cost-shared basis which can be used to compare and validate national standards, usually as part of an ongoing comparison service piloted by the BIPM.
- Technology or knowledge transfer services, including workshops, competence-building events, and training opportunities through secondments and exchanges based on BIPM experience and views derived from its coordination role.
- Within available resources and based on its scientific competence, a pilot role for key or other comparisons, and the technical management of activities such as the BIPM key comparison database (KCDB) and the Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) database.
- Advice and help with problem-solving based on the BIPM's technical international competences.
- A range of short-term development or secondment opportunities for NMI staff.
- A unique coordination role through the secretariats of Consultative Committees, Working Groups and Joint Committees.
- A route to collaboration and partnership with intergovernmental organizations and international bodies which would not be available to individual NMIs.

To discharge many of these aspects of its work; particularly, the international and coordination activity, as effectively as possible, it is widely agreed that the BIPM needs to be a scientifically-based organization. This brings it credibility and up-to-date metrological knowledge which comes from competent scientists who are aware of the priorities of international metrology, and of current work in the NMIs. It also comes from carefully selected scientific work which meets the CIPM criteria and which is validated through the Consultative Committees and their strategy groups, and approved by the CIPM.

5 Programme of work at the BIPM

A number of activities and projects cut across the organizational arrangements at the BIPM. Activities refer to work carried out within the core, ongoing programme and are modified in the light of changing priorities. The proposed projects are new areas of work which, if approved, become new activities within the programme of work. In some cases, projects displace current activities so that the work can be carried out broadly within the existing budgets. In other cases, they require additional resources.

5.1 Mass and watt balance

5.1.1 *Mass programme*

Background

The BIPM has been the custodian of the international prototype of the kilogram since 1875, has provided calibrated 1 kg Pt-Ir prototypes to Member States, and has calibrated national standards on demand.

The innovations in the 2009-2012 programme of work are driven by the probability that the kilogram will soon be redefined in terms of a fundamental constant of physics.

Aim

The programme of work of the Mass section will ensure that the kilogram continues to be disseminated and that the hierarchy, coherence, and traceability of the world's mass metrology system will be preserved after any redefinition.

What can the BIPM uniquely provide?

The BIPM holds the artefact that currently defines the SI unit of mass (the kilogram), and so is uniquely responsible for providing traceability to the NMIs which hold national realizations of the kilogram. In addition, the BIPM watt balance project will provide the ability to monitor the highest level mass standards and to ensure a long-term basis for realizations of the unit based on a new definition, and for its realization and dissemination in artefact form. NMI representatives in Consultative Committees agree that the BIPM must commit to maintaining this capability on their behalf and have pressed for additional resources to be devoted to the maintenance of the SI unit of mass through the watt balance and the associated activities of the Mass section. The Consultative Committees have drawn attention to the fact that they consider this work under-resourced. In addition, it seems probable that macroscopic realizations of a new definition of the kilogram will become available from several sources. As each of these will produce a result having significant experimental uncertainty, there will be a need for coordination in order to arrive at the best macroscopic realization of 1 kg. Such coordination would be perfectly consistent with the BIPM's traditional role and would enable the world's mass measurement system to be provided at minimum cost to Member States. Any other solution would require investment of at least the same level of resource nationally as well as duplication if several NMIs felt the need to invest, on behalf of others, in similar reference facilities for mass measurement.

Programme activities in mass

M-A1* Mass comparisons for NMIs, and in support of BIPM's own needs

Support for this activity is through:

- a) Comparison and calibration of 1 kg Pt-Ir artefacts and calibrations and comparisons of secondary standards requiring state-of-the-art mass balances.
- b) Hydrostatic volume determinations of 1 kg artefacts needed to apply a buoyancy correction to mass comparisons made in air or other gases.
- c) Internal calibrations of submultiples of the kilogram needed for the BIPM's own mass standards and those of the Chemistry and Ionizing Radiation sections.
- d) Calibrations of instruments for determining the density of air or other gases for the Mass section and other sections within the BIPM.
- e) Determination of magnetic properties of mass standards. This activity has taken on added importance with the development of watt balances, where some sensitive parts may be exposed to strong magnetic fields and gradients. Many NMIs now use apparatus either supplied by the BIPM or based on the BIPM design for determining the magnetic properties of their standards.

M-A2 Improved mass metrology at the 1 kg level

The activities and deliverables include:

Active participation in the International Avogadro Coordination (IAC), to determine the mass of 1 kg spheres of single-crystal silicon. This is aimed at a new value for the Avogadro constant with a relative uncertainty of 20×10^{-9} in 2009.

Mass transfer between air and vacuum as the international prototype of the kilogram is maintained in air whereas the experiments to link the kilogram to fundamental constants require mass measurements of artefacts in vacuum.

Surface changes in mass standards.

M-A3 Provision of national prototypes to Member States

As the only source of prototypes, the BIPM will continue to manufacture and provide calibrated 1 kg Pt-Ir prototypes to Member States.

M-A4 Coordination activities

The section is responsible for the Consultative Committee for Mass and Related Quantities (CCM) and the Consultative Committee for Thermometry (CCT) as well as their Working Groups (eleven for the CCM and nine for the CCT). It also participates in the annual technical meeting of all watt balance teams worldwide. Staff Members of the section also contribute to the work of the International Organization of Legal Metrology (OIML).

*M refers to "mass" and A to "activity".

Benefits

The BIPM has provided 12 Pt-Ir prototypes and has calibrated 1 kg prototypes and standards for 32 Member States in the last ten years.

Resources

Staff shortages during the current programme of work have led to a number of problems, which have impacted on the service given to Member States. In particular:

- The launch of CCM.M-K4 was behind schedule.
- The automation of the activity on calibration of submultiples of the kilogram was delayed and continues to move more slowly than was planned.
- We have temporarily stopped the development of a calibration station for relative humidity and dew point meters until resources become available.
- LabView automation of data collection for the calibration service is delayed, although substantial progress on enhancements to software have been achieved through a secondment from DFM, Denmark.

The present staffing (one full-time and two part-time scientists, one assistant and one technician) is insufficient to accomplish the scientific and coordination responsibilities that were agreed within the last programme of work. This is largely because of reassignment of 1.3 scientists to the BIPM watt balance and the replacement of only one of the two technicians who retired.

The CIPM meeting in October 2006 agreed to the recruitment of one technician to fill a vacancy left open because of financial limitations, so as to restore staffing to the level at which the core programme can be delivered without continuing unacceptable delays. Even so, it is anticipated that the new technician will spend a considerable fraction of his/her time working on the watt balance project.

New project

M-P1* Maintenance of 1 kg artefacts

Two complementary projects are a natural evolution of the main programme and are driven by the need to meet the consequences of a redefinition of the kilogram. Without this project, the BIPM would not be able to address what are, perhaps, the most significant changes in the mass unit and its dissemination for many decades.

M-P1A Maintenance of a facility for comparison of 1 kg artefacts under vacuum or inert atmospheres

Aim

A redefinition of the kilogram will mean that the uncertainty of the mass of the international prototype will no longer be taken to be nil and the anticipated *mise en pratique* may prove to be the *de facto* definition of the macroscopic kilogram well into the 21st century. The project aims

*M refers to “mass” and P to “project”.

to link silicon and Pt-Ir mass artefacts used in watt balances and in the IAC which are maintained in air, in vacuum or in an atmosphere of a gas such as nitrogen or argon.

What can the BIPM uniquely provide?

The BIPM can make a long-term commitment to maintain this facility on behalf of the international mass community, and is a natural location because of its expertise and its role as the lead organization for mass measurements in the IAC. The basic facilities already exist at the BIPM in a unique suite of balances which operate at the highest metrological level, and which are based on decades of investment and the expertise of world-class metrologists.

Programme

The project will construct a reference facility around the new 1 kg vacuum balance. The balance accommodates eight 1 kg artefacts up to the size of a silicon sphere and has been designed to include auxiliary artefacts for dealing with gas buoyancy and surface effects. An interlock for loading and unloading artefacts under controlled atmospheres has yet to be designed and installed.

The project will also establish means of transporting artefacts among NMIs and the BIPM, while maintaining them under whatever ambient conditions are desired.

Benefits

The new facility will benefit NMIs of Member States and their stakeholders. For the dozen or so NMIs investing in watt balance development and X-ray silicon crystal diffraction measurements, the facility will help ensure that they will not have to bear the added overhead of organizing and carrying out mass comparisons.

The details of the proposed facility will be decided through consultation with the CCM and the CCEM Working Group on Electrical Methods to Monitor the Stability of the Kilogram and so will meet the requirements of large, medium, and small NMIs from all RMOs.

Deliverables

- a working vacuum balance with external interlock, 2009; and
- a service of 1 kg mass comparisons between the BIPM and NMIs, to be carried out in vacuum or under specified atmosphere, 2009–continuing.

M-P1B Maintenance of an international group of approximately twelve 1 kg artefacts to be maintained under an inert atmosphere

Aim

This project is predicated on the adoption of Project M-P1A and aims to maintain a group of the most stable 1 kg artefacts that can be made, based on current advances in materials science and surface metrology. It will provide a replacement for the official Pt-Ir copies of the international prototype which is one of the options for replacement of the international prototype in the *mise en pratique* for realizing the macroscopic kilogram.

What can the BIPM uniquely provide?

The BIPM's unique contribution has already been given under Project M-P1A. It has unrivalled experience in the manufacture of mass standards and a deep understanding of surface science needed to improve them. In addition to the resources at the BIPM, the selection and/or

manufacture of an international group of artefacts will require coordination among NMIs active in standards research as well as experts in materials and surface science.

Benefits

The benefits of this project to the macroscopic mass community and to the NMIs will be substantial, because it should eventually replace the international prototype with a better artefact.

Deliverables

- creation of the international group of artefacts, 2009;
- establishment of a facility for cleaning elements of the international group, 2010;
- monitoring of intra-group masses, 2009–continuing; and
- comparisons of NMI standards to the international group, 2012–continuing.

Partners in this activity will include NMIs with active research in artefact standards, including but not limited to the LNE, METAS, NIST, NMIJ, NPL and the PTB.

Overall resources

The resource required for projects M-P1A and M-P1B is one new permanent technician to provide project support and to carry out the additional routine measurements needed as part of the projects. The scientific direction for the mass projects will be through one new scientist.

5.1.2 *The watt balance*

Background

In 2002, the CIPM decided that the BIPM should begin work on a new design of a watt balance, which would be directed towards the possibility of a quantum-based realization of the SI base unit for mass. The project is critical to the future of the BIPM as the holder of the international prototype of the kilogram. It is also a vital complement to the mass programme for 2009-2012 which involves realizations or a *mise en pratique* of any “new” definition of the mass unit. The BIPM design for a cryogenic balance adopts a different approach from that in other NMIs and should increase confidence in the measurements needed for any redefinition of the kilogram. This is one of the “front line” research-based projects recommended by the CIPM.

Aims and drivers

This project aims to develop a watt balance capable of linking the mass of the international prototype to the Planck constant with an uncertainty of about 1 part in 10^8 .

The project currently brings together staff from different sections of BIPM. The BIPM is also collaborating with other institutes and will seek secondments.

As there is the possibility of a redefinition of the kilogram in 2011, support for the evolution and development of the SI is central to the BIPM’s mission.

What can the BIPM uniquely provide?

The BIPM conserves the international prototype so it is the logical place to make the long-term commitment to operate a watt balance to realize the new kilogram definition. The BIPM currently has many of the core skills needed to realize the experiment and will collaborate with other NMIs to supplement them or to import special skills where necessary. In recent years, a

number of NMIs with experiments in this area have either closed their activity for financial or technical reasons. In addition, others cannot commit to maintain a watt balance capability for as long as it may be needed – probably decades. BIPM can, with the support and commitment of Member States, provide this facility on a long-term basis for the world.

W-A1* Watt balance programme

This is a research project with many unknowns and it is difficult to provide a detailed plan of the individual deliverables for the period 2009-2012. In the 2005-2008 programme of work, the BIPM is testing the feasibility of the simultaneous static and dynamic measurement phases at room temperature. The initial results are encouraging but will be limited at an uncertainty level of about 1 part in 10^6 .

The experience of the other groups in this work is that the time scales are long and the metrology difficult. We expect that the work on the room temperature instrument will not be completed before 2008 but, if collaborative resources could be made available from NMIs, the time scale could be shortened and work begun in parallel on the cryogenic aspects of the project.

Benefits

The BIPM experiment would initially provide a valuable confirmation of other watt balance results and would be an independent assessment of the current discrepancy between the watt balance and the silicon artefact approach.

The long-term benefits to the mass community are that there would be a state-of-the-art watt balance available for monitoring of Pt-Ir masses used to maintain the kilogram and to support the proposed *mise en pratique*.

Resources

This project is currently carried out by a cross-section team drawn from staff members of three BIPM sections (Mass, Electricity, and Time, Frequency and Gravimetry), equivalent to about two full-time staff.

In order to reflect the high priority accorded by the CIPM to this project and to make the progress required, it is essential that there be the full-time commitment of a new scientist to the project. In addition, we propose to develop collaborations and short-term secondments from other NMIs.

Total new resource requested for the mass and watt balance: two scientists and one technician.

The Head of the Mass section will retire during the programme and will be replaced.

5.2 Time, Frequency and Gravimetry

The Time, Frequency and Gravimetry section contains three groups: the traditional time activity, a small number of activities which were transferred as a result of the closure of the Length section in 2006, and the gravimetry/interferometry work.

*W refers to “Watt balance” and A to “activity”.

5.2.1 Time

Aims and drivers

The main driver for this work is the establishment of the world's time scales International Atomic Time (TAI) and Coordinated Universal Time (UTC), an operation mandated by the CGPM to the BIPM in 1987. The world's needs for more precise and accurate time measurement are continuing, driven by the space, communications and transportation communities. The advent of optical clocks also provides the scientific potential for an improved TAI, but the current satellite-based systems of time transfer are not precise enough to compare the best of these new clocks. This issue will be addressed internationally to improve the formulation and dissemination of TAI and UTC.

The BIPM utilizes and coordinates the work of some 70 NMIs to maintain TAI and UTC, and to provide access to UTC, through its local realizations, in the relevant Member States or Associates of the CGPM. This is primarily through the monthly publication of *Circular T*. To produce TAI and UTC, the BIPM must receive data from national time laboratories, international time services such as the International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS), the International GPS Service for Geodynamics (IGS), and satellite-based systems such as the GPS, GLONASS, and Galileo. The section also maintains, and contributes to, state-of-the-art capability in time transfer, and to managing a comparison and calibration service for GNSS time equipment where this underpins the effectiveness, and improves the efficiency of TAI and UTC.

What can the BIPM uniquely provide?

BIPM has been given the unique role of establishing the world's time scales. The beneficiaries include the NMIs, the national administrations, all communities which need precise time-keeping (scientists, Earth and space navigation, satellite systems, communications, etc.), and civil timekeeping. No individual Member State has ever offered to maintain this capability on behalf of all other users of the world time scale. In any case, the cost of investing in the suite of facilities which currently exist at the BIPM would be many times the cost of current support to the BIPM by Member States. The current BIPM team provides acknowledged leadership for the world's time metrologists in NMIs and elsewhere. Its set of technical skills does not exist in the same form anywhere else. Its coordination role with over a dozen international bodies which have responsibilities in the subject is effective only because of the expertise of the BIPM staff, developed through practical work in time scales and time transfer. As a result, BIPM staff are regularly asked to represent the NMI community in the many international groups and committees which operate internationally. The section has a long track record of influence and effective liaison. In addition to its day to day contacts with NMIs through the formulation and dissemination of time scales, it has a strong network of information dissemination to time laboratories worldwide.

Programme activities in Time

Scientific work

- Algorithms for TAI

The maintenance and update of the algorithm for the calculation of TAI is an ongoing activity of the section and is at the heart of improvements to the frequency stability and accuracy of the time scale. Today, TAI is characterized by a frequency stability (Allan relative standard

deviation) of 0.4×10^{15} for averaging times of one month and by a frequency accuracy of a few parts in 10^{15} .

- Time links for TAI

The reference time scale is based on clock comparisons through three types of time links: GPS common-view with single and multi-channel, single-frequency, time receivers; GPS common-view with multi-channel, dual-frequency, geodetic type receivers; and two-way satellite time and frequency transfer.

The work aims to reduce the uncertainty of clock comparisons for TAI, based on new algorithms and software for the optimal utilization of the data, to below the current performance of a nanosecond.

The main priorities for the 2009-2012 programme of work are to:

- move from common view comparisons to the current state-of-the-art provided by a GPS “all-in-view” method. This would aim at a reduction of the Type B uncertainty of clock comparisons by between 20 % and 30 %;
- reduce time transfer uncertainty through a move to GPS phase and code measurements;
- utilize redundant time links to improve on the current techniques for clock comparisons; and
- utilize GLONASS satellites, satellite-based augmentation systems, and Galileo to improve time computation and transfer.

Activities in time

T-A1* Frequency accuracy of TAI

The frequency accuracy of TAI will improve over the next ten years driven by the arrival of new frequency standards. At the moment, about five caesium fountains contribute to TAI, and we expect a doubling of this number by 2009. In addition, optical clocks should provide the basis for an improved representation of the second at the 10^{-17} level in the next decade.

However, current international methods of frequency transfer cannot operate at these levels of uncertainty and new solutions must be found so that optical frequency standards can contribute to further improvements of the accuracy of TAI.

T-A2 Coordination, knowledge and technology transfer projects

The Time, Frequency and Gravimetry section has the ongoing responsibility of piloting and publishing the results of the key comparison on time, CCTF-K001.UTC. The section is responsible for providing the Executive Secretary for the Consultative Committee for Time and Frequency (CCTF), the Consultative Committee for Length (CCL) and the four Working Groups of the two committees.

*T refers to “time” and A to “activity”.

The section arranges regular workshops, publishes an annual report and, from time to time, hosts secondments and guest workers from other laboratories.

T-A3 Calibration campaigns

The section is the pilot laboratory for two calibration services (GNSS and two-way time and frequency transfer equipment in NMIs) which underpin the consistency of TAI through the integration of new clock comparison techniques.

T-A4 Internal services

The section will continue to provide a reference frequency from one H-maser in the laboratory to BIPM projects in electricity, ionizing radiation and the watt balance.

T-A5 Liaison activities

The BIPM liaises closely with the following international bodies and intergovernmental organizations:

- International GNSS Service (IGS);
- International Earth Rotation and Reference Systems Service (IERS);
- International Astronomical Union (IAU);
- International Telecommunication Union, Radiocommunication Sector (ITU-R);
- Time scales algorithms symposium (TSAS); and
- International Committee for GNSS (ICG).

Deliverables

- A continuous improvement in the formulation and delivery of TAI with reduced uncertainties and with a response to NMIs of no more than fifteen working days after the delivery of all the national time data.
- Time transfer uncertainties to be reduced by between 20 % and 30 %.
- Implementation of the GPS "all-in-view" system during the programme of work.
- Inclusion of the next generation of atomic fountains and, where possible, optical clocks in TAI.

Resources

Recent external quality audits have criticized the current resource of five physicists (three full-time, two part-time) and two technicians, because of the vulnerability this creates in such a small group if there was to be a loss of critical competence. The principal fear is the impact on the provision of TAI, which would result if any of the current staff were, for any reason, not available. The consequences for the international time system would, as a minimum, be a substantial increase in the delay of the provision of *Circular T*, consequent delays to an NMI's ability to update local UTC, and the introduction of greater inaccuracies in the international time scales. Should, for example, BIPM lose the skills of its key software expert, it would lose its

core competence in time algorithms. To a certain extent, it has tried to compensate for this vulnerability, largely brought about through a lack of finance necessary to replace retired staff, through multi-tasking between the other members of the group.

In addition, reductions in staffing of some 30 % since 2000 have led to a failure to deliver all the activities detailed in the 2005-2008 programme of work and to reduce the effort devoted to:

- full improvement of the TAI algorithms;
- the calculation of uncertainties for the delivery of UTC;
- the software package needed for *Circular T* which is now only maintained on a part-time basis by one physicist; and
- incorporation of new time comparison systems into TAI.

Following a decision of the CIPM in 2006, a software specialist was recruited to fill a previously unfilled vacancy and to ensure that the TAI algorithms could be maintained in the event of staff sickness or loss. Recently, the group has been successful in attracting short-term collaborators and students. This approach will be expanded, where possible, in the 2009-2012 programme of work.

5.2.2 *Optical frequencies*

Background

The responsibility for BIPM work associated with the BIPM.L-K11 comparison, for which it had acted as pilot laboratory, was transferred to “node” NMIs in RMOs during 2007. The section, however, needs to develop its appreciation and understanding of optical frequency techniques, and of how trapped ion or atom “optical” clocks can lead to improvements in TAI. The CCTF therefore approved a new project (OF-P1), to be carried out through a Working Group of NMIs, under the coordination of the BIPM, to address the question of which techniques are best suited to the comparison of the new, and highly accurate, generation of optical frequency standards.

Aims

The primary aim of this activity is to maintain the BIPM’s internal knowledge of, and competence in, the state-of-the-art technology of optical frequency standards and the techniques for their comparison. It is also needed to support CCTF activities, especially in relation to a potential redefinition of the second. The second aim is to meet the BIPM’s internal needs for the calibration of stabilized laser sources for the calculable capacitor, watt balance, absolute gravimeter and International Comparison of Absolute Gravimeters (ICAG) campaigns. This will be based on the BIPM’s existing comb systems. No new development work will be undertaken.

What can the BIPM uniquely provide?

The majority of this work is an essential part of the internal competences needed to manage and pilot a number of activities, which are part of the long-term plans of the CCL and the CCTF. BIPM expertise, together with its knowledge of the work carried out in NMIs which are active in optical frequency standards, enables it impartially to assess the current uncertainties of “optical clocks” which are proposed as secondary representations of the second. This work is carried out in a new Joint Working Group of the CCL and the CCTF which is managed by the BIPM. In

addition, the Working Group has asked the BIPM to coordinate an international collaborative project to assess how optical clocks can contribute to the improvement of the world's time scale and to a possible redefinition of the second.

Beneficiaries

The NMIs are the direct beneficiaries as they continue to develop optical frequency standards to the state in which they become credible, proven and practical options to be used in secondary representations of the second with improved uncertainties.

Activities within the optical frequency programme

OF-A1* Coordination activities

The section will provide the resources needed to service the CCL and its Working Groups, and maintain the *mise en pratique* of the definition of the metre. It also supports the CCTF and the Joint Working Group CCL/CCTF on Secondary Representations of the Second and the *Mise en Pratique* of the Metre which examines proposals from NMIs for new optical frequency standards to be added to the agreed list of secondary representations of the second. Staff will also be involved in the work of the CCTF related to optical frequency standards.

The section also provides scientific support for the maintenance of the BIPM comb system for internal calibration requirements which are needed for the optical frequency and interferometric length measurement for the watt balance, the calculable capacitor, and the BIPM absolute gravimeter. The section also provides the calibrations required for the gravimeter comparisons (ICAG) which are piloted by the BIPM.

Staff of the section will also be involved in the coordination of the international collaborative project on remote calibrations and time transfer techniques for the next generation of optical frequency standards.

OF-A2 Iodine cell service

This exists to serve the BIPM's internal needs for iodine cells required for the stabilized lasers used in the calculable capacitor, and which are fabricated to our design by an external company. In addition, the service is also offered to NMIs which do not have an internal capability for the production of iodine cells. These cells are used as the frequency references for national stabilized laser standards which realize the metre at a primary level. The BIPM also provides, for a fee, services to a company which makes 633 nm He-Ne stabilized lasers to BIPM design and to a commercial manufacturer of absolute gravimeters.

Deliverables

- Secretariat functions for the CCL and its Working Groups as well as resources for the assessment of secondary representations of the second through the Joint Working Group CCL/CCTF.
- An internal laser frequency calibration service, based on existing equipment, to meet internal needs for the watt balance and calculable capacitor.

*OF refers to "optical frequency" and A to "activity".

- Frequency calibration of stabilized lasers which are part of the absolute gravimeters taking part in the International Comparisons of Absolute Gravimeters (ICAG).
- While expertise exists, and within resources, respond to NMI requests for advice on the application of comb and He-Ne stabilized laser systems.
- An iodine cell filling service to meet internal needs and, within the resources available, for external customers.

Resources

No new resources are required but a proportion of the time of two scientists transferred after the closure of the Length section and about 0.3 of a technician, also transferred, will be available to meet these needs; the precise level of which (except for the CCL and CCL/CCTF activity) is currently unpredictable.

New project

OF-P1* Optical clocks

There has been much attention given to the improvements of realizations of the second which trapped atom and ion systems can bring. Recent work has shown that these systems can operate with uncertainties of better than 10^{-17} , and can be compared with each other either directly or through femtosecond comb techniques at similar levels of uncertainty. Many experts believe that the performance could approach two orders of magnitude better. The practical question which faces the time community is the identification of the techniques which could be used to compare these systems remotely or which could be used to enable them to contribute to TAI. Current best time transfer techniques through satellite-based systems appear to be limited to a few parts in 10^{17} , and appear unsuitable for the so-called “optical clocks” as the measurement times of 100-200 days required to reach this level would be unacceptable. In addition, systematic errors from variations in the gravitational potential would be at this level.

The BIPM held a number of meetings with the NMIs concerned, and all agree on the need to address the issue. At its meeting in September 2006, the CCTF therefore set up a Working Group on Coordination of the Development of Advanced Time and Frequency Transfer Techniques. The aims of this project are to consider the different technical possibilities for comparison; these include: optical fibre links, transportable optical frequency standards, optical satellite links, and improved microwave links. The Committee left open a decision on the best way of carrying out the scientific work. The Working Group will therefore consider:

- the best way of providing a facility, or a travelling standard for the international comparison of optical frequency standards;
- the state of play of two-way systems and their likely improvement in the near future;
- the options for a transportable standard with a performance of 10^{17} or better; and
- the long-term role of the BIPM, if any, in the project.

The CCTF asked the BIPM to coordinate this work from within the Time, Frequency and Gravimetry section, and resources to carry out this work are available from the staff transferred from the former Length section.

*OF refers to “optical frequency” and P to “project”.

5.2.3 Gravimetry

Background

The BIPM has maintained a gravimetry programme for over forty years, based on a number of major scientific contributions to the field and the organization of seven International Comparisons of Absolute Gravimeters (ICAG).

Aims and drivers

The aim of the programme is to improve the ability of institutes in Member States to realize national gravimetric standards and to make and compare gravity measurements with a lower uncertainty than is currently possible, so as to overcome the limitations created by use of commercial instruments.

The main drivers continue to be the requirements of the geophysical community for applications concerned with:

- Earth studies;
- gravity observations in the exploration for hydrocarbon reserve by investigating geological structures; and
- the need to increase the precision in gravity field (geoid) measurements to the same level as those provided through determination of location in a geocentric reference frame using global positioning technology.

Current absolute gravimeters perform at about the 6 μ Gal level, whereas the applications above require some 2-3 μ Gal in laboratory conditions. The results of recent ICAG measurements point to weaknesses in the gravimeters themselves as the limiting factor in their measurement uncertainty.

Absolute gravimetry is important because of increasing instabilities in the Earth's field, especially in tectonically active areas, which require more frequent measurements as well as recalibrations of gravity monitoring networks. Absolute gravimeters have become the acknowledged primary standards. To provide consistent results worldwide, gravity networks require linking at the level of a few microgals and this can only be done through absolute gravity measurements and comparisons of instruments. There are, however, relatively few absolute gravimeters in the world, and most require further characterization in order to perform reliably. The majority are from one company and need further work to make them fully SI-traceable.

What can the BIPM uniquely provide?

The BIPM is uniquely equipped to maintain international responsibility for gravimeter calibrations. It maintains one of the world's best, stable, well-characterized, networks for the comparison of relative and absolute gravimeters. In addition it has the capability and resources to accommodate the increasing number of gravimeters which take part in ICAG measurements and can, uniquely among other potential sites, also provide calibration of the laser sources used in gravimeters. The BIPM is similarly well placed to coordinate the work of over fifty national institutes with responsibility for gravimetry. It takes the lead in introducing state-of-the-art SI-traceable gravimetry measurements into the relevant international unions and intergovernmental organizations.

Beneficiaries

The direct beneficiaries of our activity include the NMIs, especially those involved in watt balance experiments, and other national bodies with a responsibility for national gravity reference systems as well as the International Association of Geodesy (IAG) and the International Union of Geodesy and Geophysics (IUGG). The primary benefit is an assured and fully SI-traceable capability which facilitates the compatibility and comparability of national systems.

Activities within the gravimetry programme

G-A1* Gravimetry

The 2005-2008 programme of work included an activity to improve the BIPM reference (absolute) gravimeter, currently based on a commercial model bought in 1993. This work, which will conclude in the 2009-2012 programme, has made good progress and elements of a novel redesigned system have been realized through cooperation with the INRIM (ex-IMGC, Turin), and the VNIIM (St Petersburg).

Deliverables

During the 2009-2012 programme of work, key deliverables will include:

- An absolute gravimeter capable of meeting state-of-the-art requirements and which is aimed at the need for a reduction in uncertainty to 2-3 μGal .
- International coordination and organization of the 2009 ICAG based on improved data analysis software, and which incorporates the new BIPM absolute gravimeter. It requires the use of one of the BIPM frequency comb systems for frequency calibrations of the internal stabilized lasers.
- Provision of SI-traceable calibrations for the absolute gravimeters at the reference sites of the BIPM gravity network monitored by the BIPM absolute gravimeter, and which requires the BIPM's internal time service (H-maser).
- Use of the BIPM system for the g measurements necessary for the BIPM watt balance, which will require construction of a new site in the watt balance laboratory and development of methodology for the measurements.
- Support for the CCM Working Group on Gravimetry.
- Chairmanship and international coordination of the IAG study group on comparison of absolute gravimeters.

Resources

There are no new resources required. The programme requires the continued commitment of one man year over the next four years to gravimetry, together with support for the watt balance, the calculable capacitor, measurements of the refractive index of air for the Mass section, and an oversight of developments and techniques in nanotechnology. Software support during the ICAGs is provided through the allocation of some 40 % of a physicist working on TAI. This is

*G refers to “gravimetry” and A to “activity”.

currently provided by one scientist transferred from the Length section. He will retire in 2009 and will be replaced by an internal redeployment of resources.

These resources (1.4 man years) are augmented, from time to time by guest workers or students.

5.3 Electricity

Background

In electrical measurements, the BIPM maintains a core programme that is based on the highest level realizations of representations of the volt and the ohm using the Josephson effect and the quantum Hall effect, respectively.

Aims and drivers

The proposed programme aims at continuing to provide reference facilities and transfer standards for the basic electrical standards of voltage, resistance, and capacitance which are maintained at NMIs. The BIPM's unique travelling standards and artefacts are required for several CCEM key comparisons and so provide direct support to the CIPM MRA. High-accuracy Josephson voltage standards and quantum Hall resistance standards are essential to watt balance measurements. Furthermore, a calculable capacitor, traceable to 1 pF standard capacitors, is essential for an SI determination of the von Klitzing constant.

Innovative programmes in electrical metrology remain a core activity of all the major NMIs. The main technical trends in the subject include the much broader application of arrays of Josephson junctions, particularly of the more stable programmable type. Applications also include dc voltage standards, ac/dc transfer, ac voltage standards, power measurements, travelling standards and laboratory instruments. The measurement of the quantized Hall resistance with ac and the measurement of the von Klitzing constant using the calculable capacitor has led to a shift in the attention of the larger NMIs to precision ac standards. This comes at a time when very high-quality capacitance standards have become commercially available. Measurement systems are becoming more complex, especially those in which there is an increasing amount of software.

NMI surveys show no reduction in demand for BIPM services over the programme of work period.

Beneficiaries

NMIs in virtually all Member States continue to be the major beneficiaries of comparison services, technology transfer, competence building and training.

What can the BIPM uniquely provide?

The BIPM has a unique niche in that it provides extremely well-characterized travelling standards, and is prepared to make a long-term commitment to be the pilot for ongoing BIPM key comparisons. No other NMI has offered to take on this responsibility, and the associated cost. The need for this series of comparisons is regularly assessed through questionnaires to the NMIs concerned who continue to make requests for comparisons. The BIPM capacitance facility is among the best in the world and most of the major NMIs use it for calibrations and measurements of the variation of capacitance as a function of environmental parameters.

A core competence in electrical metrology is also an essential ingredient for the watt balance project.

Activities in the electricity programme

E-A1* Maintenance of a representation of the volt, international comparisons and calibrations

1 V and 10 V arrays of Josephson junctions provide the basic reference standards of dc voltage for four ongoing BIPM key comparisons of voltage standards and, based on the equipment developed for this purpose, for calibrations. Over the past few years, the average number of comparisons has increased from four to six per annum. These comparisons will continue in the period 2009-2012.

Programmable arrays make it considerably easier to use Josephson standards and so we expect more NMIs to use them. In order to cope with this increased demand for comparisons, we shall simplify some travelling standards and look for cost reductions through the use of the internet.

The series of bilateral comparisons using uniquely characterized BIPM Zener standards will continue for NMIs that do not have Josephson arrays as their reference standards. Current demand is for some three comparisons per year.

Deliverables

- Ongoing programme of on-site Josephson key comparisons as part of the CCEM programme of work.
- A transportable compact programmable Josephson array standard at 10 V by 2009.
- Maintenance of the Zener-based ongoing series of bilateral key comparisons as part of the CCEM programme of work, and as an essential underpinning activity for the CIPM MRA.

E-A2 Maintenance of a representation of the ohm, international comparisons and calibrations

At the BIPM, quantum Hall resistance (QHR) standards provide the basic reference standards of resistance for three ongoing key comparisons of resistance standards at the highest level of accuracy, and for calibrations.

Our quantum-Hall resistance standards are also indispensable for the BIPM watt balance work. The programme of on-site comparisons of quantum Hall standards will continue at about one per year and will continue to be less extensive than that for the Josephson standards. This is because of the technical difficulty inherent in these comparisons, and the relatively small number of NMIs which have the necessary technology.

Good conventional wirewound resistance standards, such as those at the BIPM, are, however, sufficiently stable to use as travelling standards to conduct meaningful key comparisons at 1 Ω and 10 k Ω with those NMIs that use turnkey QHR standards or those that do not possess QHR standards.

During the period of the programme of work, we shall review the level of demand for these comparisons and also decide whether quantum Hall array resistance standards would provide a more convenient travelling standard for these comparisons.

*E refers to “electricity” and A to “activity”.

Deliverables

- On-site QHR comparisons and ongoing BIPM key comparisons at 1 Ω and 10 k Ω using travelling resistance standards planned as part of the CCEM programme of work.
- A review for the CCEM on the potential use of QHR array standards at the BIPM by 2010.
- Measurements of the von Klitzing constant using the quantum Hall system and the calculable capacitor in time for the CODATA revision in 2010.

E-A3 Capacitance standards derived from the quantized Hall resistance

Since 1998, the BIPM has maintained capacitance standards derived from the quantized Hall resistance through a chain of impedance bridges as a routinely available reference facility for NMIs.

This capability is the basis of two ongoing BIPM key comparisons, at 10 pF and 100 pF, as well as capacitance calibrations. There has recently been an increase in demand for these services to an average of over twenty calibrations per annum.

Deliverables

- An ongoing programme of calibrations against the BIPM reference facilities.
- Piloting of two BIPM key comparisons as part of the CCEM programme of work.
- A review, by 2010, of progress on single-electron tunnelling experiments at NMIs and elsewhere, and their possible application at the BIPM for a reference facility.

E-A4 Calculable capacitor

The construction of a calculable capacitor in collaboration with the NMIA (Australia) is progressing and should be in operation during 2008, following which it will be used, together with the QHR standard, to measure the von Klitzing constant in time for the CODATA adjustment of the fundamental constants of 2010. If the changes to the SI that are presently under discussion are accepted by the CGPM, the BIPM calculable capacitor would serve as a *mise en pratique* of the farad that would enable us to facilitate the work of maintaining practical capacitance standards. Only two other such facilities will exist in the world at the expected level of performance. Calculable capacitors are notoriously difficult to operate and the BIPM's continued activity in the area will ensure that this expertise is available to other NMIs who may need it in, for example, a change of personnel.

Deliverables

- Measurement of the von Klitzing constant by 2010.
- Preliminary work needed to establish the calculable capacitor as one option for the proposed *mise en pratique* of the farad by 2010.

E-A5 Coordination

The section is responsible for the CCEM, the CCPR and their Working Groups. It also maintains relations with the International Union of Radio Science on electrical matters, with the International Commission on Illumination on photometry, and with the World Meteorological Organization on radiometry and traceability.

Resources

We do not propose any change in the resources of four scientist and two technician man years per annum for this work but with significant portions of staff active on the watt balance and the calculable capacitor.

5.4 Ionizing Radiation

Background

The programme will cover a number of evolving activities and developments that result from changes in NMI programmes, technology, and national or international regulations.

The two major areas of work in the Ionizing Radiation section are dosimetry and radionuclide measurement. Proposals for the future programme of work at the BIPM were presented to the Consultative Committee for Ionizing Radiation (CCRI), were subsequently modified and have been endorsed.

Aims

The aim and principal role of the Ionizing Radiation (RI) section is to assure the equivalence of dosimetry and radionuclide measurement standards worldwide. It is achieved through CIPM key comparisons using the BIPM reference and primary standards facilities which are regularly improved and expanded.

What can the BIPM uniquely provide?

For many years, the BIPM has operated and upgraded its unique shared cost international reference facilities to meet the changing requirements of the NMIs. There are no similar facilities anywhere else in the world with such a well characterized history of stability and improvement. They provide the apex of dosimetry and radioactivity comparison facilities. The costs of replicating them would be many times the BIPM's total dotation. Without them, the world would loose the means of ensuring traceability or of creating confidence in the uncertainties associated with delivery of services at the national level. The BIPM facility in dosimetry has enabled NMIs to reduce their uncertainties, through regular comparisons with unequivocal benefits to patients in the healthcare treatment system. In radioactivity, the BIPM's facilities are unique and have contributed to confidence in radioactivity measurements in healthcare, in environmental measurements and for international security.

Beneficiaries

The direct users are the NMIs that maintain national facilities. At the moment, twenty-eight NMIs currently use the BIPM facilities for radionuclide activity measurement, twenty-two take part in dosimetry comparisons, and twenty-three benefit from dosimetry calibrations. A further ten are traceable through the International Atomic Energy Agency (IAEA) for whom we provide SI calibrations.

This work enables Member States to meet international or national regulations or standards.

Programme activities in Ionizing Radiation

RI-A1* Dosimetry

The BIPM provides an international framework for consistent and demonstrably equivalent national measurements. These then are used to provide traceable calibrations to accredited laboratories and end-users for the medical, industrial and academic use of radiation, for human health and safety, and for environmental protection. Each of these uses is regulated through national legislation for which traceability and quality assurance are required.

The field of medical radiation measurement operates at the limit of scientific performance. It is always under pressure to reduce uncertainties so as to reduce death rates from cancer and other diseases. Technological change is rapid and many current techniques are being supplemented by innovations that depend on international coordination for confidence in their safe and successful implementation.

The programme centres on dosimetry comparisons of primary standards from NMIs and SI-traceable calibrations of transfer instruments used as national standards by NMIs that have secondary standards.

Dosimetry for ^{60}Co will remain a core activity for, at least, the next ten years and the BIPM cobalt source will need to be replaced soon after 2011.

Specific activities and deliverables for the dosimetry programme include:

- Maintaining the low- and medium-energy X-ray and the new mammography X-ray facilities for ongoing BIPM comparisons.
- Maintaining the ^{60}Co and ^{137}Cs beam facilities and standards for ongoing BIPM comparisons at these higher energies.
- Maintaining the newly developed BIPM graphite calorimeter as an independent primary standard with a smaller uncertainty than the BIPM ionometric standard for absorbed dose to water for ^{60}Co . Together, these two techniques will help reduce the uncertainties and enhance the robustness of the key comparison results.
- Maintaining the newly developed brachytherapy transfer standard for ongoing BIPM comparisons.
- Developing an absorbed dose standard in medium-energy X-rays for ongoing BIPM comparisons.

These facilities will meet the basic needs of the NMIs for international comparisons and in the last case, will help to reduce uncertainties in international comparisons of dosimetry from about 3 % to 1 % or even less. This improvement would be transferred directly to all national laboratories that have absorbed dose facilities, and consequently should improve delivery of the therapy radiation dose to the patient.

RI-A2 Radionuclides

The well-established global need for radionuclide metrology serves the medical and nuclear industries, health and radiation safety, including homeland security, and environmental

*RI refers to “ionizing radiation” and A to “activity”.

monitoring. In the latter field, a major driver is the proposed new international recommendations on contamination limits, particularly in consumer goods, and the consequent need to reduce measurement uncertainties.

The International Reference System for gamma-ray emitting radionuclides (SIR) is the principal reference facility at the BIPM. There is no similar well-characterized and stable reference facility elsewhere in the NMI network and it is used for 59 ongoing BIPM comparisons, with more than 900 individual measurements and regular updates of results. During the present programme we will extend the methodology to operate with pure beta-emitters.

The specific tasks and deliverables for radionuclide metrology in the 2009-2012 programme of work are:

- To maintain the SIR and its extension to beta-emitters for ongoing key comparisons (approximately twenty per annum) that are published in the KCDB, and develop an extension to alpha-emitters.
- To maintain the gamma-ray spectrometry facility for the analysis of impurities and apply the new mathematical model of the efficiency curve of the SIR ionization chambers to reduce the uncertainty on any impurity correction.
- To apply the SIR results so as to provide unique supporting evidence for the nuclear data that are published periodically in *Monographie BIPM-5*.
- To maintain the new SIR transfer instrument for $^{99}\text{Tc}^m$ radionuclide activity measurements and to develop the instrument for other short-lived radionuclides, e.g. ^{18}F , as used in cancer diagnosis, or other radionuclides relevant to anti-terrorist procedures, thus enabling NMIs located geographically far from the BIPM to participate in comparisons.
- To ensure the organization and analysis of key comparisons for the CCRI(II) approved ten-year programme, specifically for: ^{35}S , ^{109}Cd , ^{228}Th , and ^{222}Rn .
- To maintain the BIPM primary measurement methods of radionuclide activity and set up a new primary measurement facility at the BIPM to ensure robust comparison results with reduced uncertainties.
- To study and publish recommendations on uncertainty evaluation in the measurement of radionuclide activity and on ways in which uncertainties may be reduced at the BIPM and at the NMIs.

RI-A3 Technology and knowledge transfer activities

These include:

- Training, assistance and advice to participants during and after completion of the comparisons, particularly where results are discrepant.
- Guest workers or visitors for short periods, especially when we can help improve the standards they bring to the BIPM.
- Support and help to NMIs through comparisons which use travelling standards.
- Collaborative publications (70 % of the RI publications have joint authorship with NMIs).
- Scientific workshops designed to share experiences in dosimetry as well as radionuclide activity.

RI-A4 Coordination

The section will continue to have responsibility for the CCRI, the Consultative Committee for Acoustics, Ultrasound and Vibration (CCAUV) and the Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM) WG 1 for the Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) as well as providing international representation to the International Commission on Radiation Units and Measurements, the International Committee for Radionuclide Metrology, and the International Atomic Energy Agency.

Resources

The work proposed can be achieved within the current permanent staff of four scientists and technicians in radionuclide metrology and four scientists and technicians in radiation dosimetry, with the section Head providing support for both areas. There are no significant additional demands on the capital budget as the upgrading of the dosimetry facilities has now been completed. We shall endeavour to attract additional staff through secondment from the NMIs for specific pieces of work.

New project

RI-P1* A megavolt X-ray and electron beam facility for absorbed dose standards

Background

The CIPM discussed this proposed project in October 2006. The present proposal is unusual in that the establishment of this project would be over the following two programmes of work. There is a good case for the full project to be started as soon as possible. However, the CIPM felt that the 23rd meeting of the General Conference may wish to indicate its agreement to the project but to delay the large capital investment required until the 2013-2016 period.

Aims and drivers

The BIPM international reference for absorbed dose to water for radiotherapy dosimetry has been based on direct measurements in ^{60}Co photon beams (1.25 MeV) since 1990. However, external beam radiotherapy in many countries is moving away from ^{60}Co and is now increasingly based on photon beams from linear accelerators (3 MV to 20 MV). There are two reasons for this:

- the advantages which these techniques can produce through intensity modulated treatments. This leads to a more effective targeting of the tumour using simultaneous 3D imaging, leading to a conformally enhanced tumour dose and a reduced level of damage to healthy tissue and, consequently, to better survival rates; and
- an increase in the problems of regulation concerned with transportation and the frequent reloading of cobalt sources.

Although reference dosimetry in ^{60}Co will continue to be required for the foreseeable future, the CCRI endorsed the need for international reference dosimetry facilities in high-energy photon beams.

*RI refers to “ionizing radiation” and P to “project”.

Present arrangements do not meet uncertainty levels needed by the NMIs and their hospital therapy communities. In 1998, to establish the present limitations, the CCRI launched a comparison using a set of travelling standards to confirm the dissemination of absorbed dose standards in the accelerator beams at six NMIs. This proved to be difficult to achieve at the required 1 % level of uncertainty mainly because of the large differences in the accelerator beams in use by the NMIs, which introduced an uncertainty of about 2 %. A BIPM facility would enable comparisons to be made in the same radiation beam thus reducing this uncertainty to the level necessary to improve dosimetry for cancer treatment.

NMI machines are already heavily used and while in the short term, a comparison could be based on a machine outside the BIPM, it would use almost half the available annual time, and would probably not be an acceptable long-term solution. Our proposal is therefore to eventually place a shared-cost facility at the BIPM, and to dedicate it to comparison and calibration work with access at times to suit the NMIs that take part.

Comments from the NMIs (the beneficiaries)

The proposed high-energy facility at the BIPM is strongly supported by the ARPANSA, ENEA, LNE-LNHB, METAS, NIST, NPL, NRC, and the PTB, all represented at the CCRI, some of whom are currently being equipped with new, clinical-style linear accelerators. The immediate benefit to each NMI would be the ability to compare their primary standards directly with an international reference held at the BIPM, to raise confidence in the measurement techniques, and to reduce uncertainties at the international level in terms of degrees of equivalence.

Impact

The proposed BIPM facility would provide confidence in the uncertainties of national accelerator-based calibration services at a level similar to those from the ^{60}Co machines used in patient treatment.

A recent study in the United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland showed that the cost of lives saved through the use of linear accelerators would be between US\$12 million and US\$320 million a year for some 200 000 cancer treatments per year. This was based on the established relationship between uncertainty and dose control, and the reduced damage to healthy tissue in cancer treatment which resulted. Extrapolating this estimate to the 5 million cancer treatments worldwide using high-energy beams would imply a benefit of between US\$240 million to US\$6400 million. A BIPM facility would aim to reduce the variation between national high-energy dosimetry from the currently estimated 3 % to 1 %; that is close to the uncertainty achieved currently using cobalt therapy. Assuming only a modest 10 % enhancement to the national savings, from use of the BIPM facility would lead to a benefit from the 2.5 million euros to 2.8 million euros (US\$3 million to US\$3.5 million) capital cost of this project (see below) of between US\$24 million and US\$640 million – a return on investment of between 200 % and 5000 %.

Further benefits will accrue for the NMIs that are traceable to the eight primary NMIs which provide high-energy dosimetry services or to the BIPM. A further unquantified benefit would be the increased confidence in the equivalence for international clinical trials, which will ultimately lead to a better understanding of tumour response to radiotherapy.

The accelerator would also be used for high-dose comparisons, which could then be organized more readily in response to the demands of the NMIs for traceability for their industrial users. This aspect is particularly important in the field of medical instrument sterilization.

The consequences of not supporting the project are that the BIPM could only continue with indirect comparisons using transfer standards but this would not reduce uncertainties, and would slow down progress in provision of improved tumour treatment.

Deliverables

- Specification of the equipment and radiation protection requirements by the end of 2012.
- Installation of the equipment with the necessary shielded building, and subsequent commissioning and characterization during the 2013-2016 programme of work.
- An operational facility towards the end of 2014 ready for the first comparison. It should be practicable to hold about three primary comparisons each year; consequently five comparisons should be complete by the end of 2016.
- Use as a reference irradiation facility for a high-dose comparison towards the end of the 2013-2016 programme of work.

Resources

This project has significant capital outlay and running costs:

- A new accelerator will cost around 1.9 million euros, whereas a secondhand version can be purchased for about 1 million euros.
- A shielded prefabricated laboratory could be installed on appropriate foundations to the rear of the present Ionizing Radiation building, at a cost of 1.3 million euros.
- Operating costs would include maintenance of the order of 20 000 euros per year.

The current estimate of the capital cost of the project is some 2.3 million euros. The BIPM's reserves cannot finance this project nor can it be funded from the normal dotation.

To see if a grant could be offered to offset all or part of the capital costs, the BIPM approached an international charity for help and was refused. The priorities of such organizations tend to be directed towards direct relief of poverty or the treatment of diseases such as tuberculosis and malaria in developing countries.

A new scientific staff member would be recruited during the 2013-2016 programme of work, or, if resources permit, at the end of the 2009-2012 period if the 23rd meeting of the General Conference endorses the project and if this endorsement is confirmed by the 24th meeting of the General Conference. The scientist would initially work in collaboration with an NMI, or with NMIs, which already have linear accelerators on which there may be some spare capacity. In this way, experience could be built up in using the BIPM calorimeter. This would prepare the way for comparisons using the dedicated BIPM-based facility to be constructed during the 2013-2016 period. In the absence of any other source of funding, Member States would be asked to contribute a one-off additional dotation during the 2013-2016 period to install the linear accelerator.

In addition to the capital resources required, an additional technician would be required in the 2013-2016 period to assure the day-to-day operation of the facility.

A replacement for the Section Head, who will retire in the early part of the 2013-2016 period, will also be required.

5.5 Chemistry

Background

The metrology in chemistry programme was established at the BIPM in 2000, and the 2005-2008 programme includes three major projects:

- International comparisons for ground level ozone reference standards in support of national air quality monitoring networks and regulations and the Consultative Committee for Amount of Substance: Metrology in chemistry (CCQM).
- A facility for the characterization of organic primary calibrators, and the coordination of comparisons on primary calibrators for clinical chemistry/ laboratory medicine in support of the CCQM and the Joint Committee on Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM).
- Overall support for CCQM and JCTLM activities as well as liaisons with intergovernmental organizations and international bodies.

Aims

The 2009-2012 programme has been developed with three aims:

- International equivalence of gas standards for air quality monitoring and global climate change.
- Primary references for organic analysis in support of measurement systems for food, healthcare and forensic applications.
- International liaison and coordination projects.

What can the BIPM offer?

The programme has been developed in conformity with the criteria set by the CIPM, with the BIPM maintaining facilities and developing reference methods for the coordination of CCQM comparisons for high-priority chemical measurands relevant to the global issues of air quality, greenhouse gases and climate change, laboratory medicine, and forensic and food analysis. Specific beneficiaries in these areas will be identified in each section.

Without the BIPM chemistry programme, individual NMIs would have to pilot some 60-70 comparisons in ozone measurement and gas analysis for environmental measurements, and in organic analysis for food, forensic and clinical studies. BIPM has also established an important and influential role in international liaison on behalf of Member States. Its direct relations with the World Health Organization (WHO), Codex Alimentarius Commission and World Health Organization (WADA), for example, have helped open up totally new opportunities for the creation of SI traceable measurements in the relevant application areas and have stimulated debates on how to improve traceability in areas where SI-traceability is not yet possible. There certainly has been a step increase in the awareness of many intergovernmental organizations and international bodies in the value of traceability, evaluation of uncertainty and comparisons. The section has also been active in discussions with regulators and legislators in order to address measurement issues and to reduce technical barriers to trade. The work of the section is also of great interest to developing countries which have a particular interest in sanitary and phytosanitary matters and so should help attract new Associates of the CGPM or Member States.

Programme

The proposals for the 2009-2012 programme of work are presented in two sections:

- a core programme which broadly continues activities established in previous approved programmes of work; and
- new projects which will be rolled into the current activities.

The resources required to deliver these activities and projects are indicated.

In drawing up the proposals for the 2009-2012 programme of work, the BIPM has started from an assessment of:

- The high-level drivers and triggers for its work, based on an analysis of scientific need, the views of NMIs assessed from presentations, and feedback from CCQM Working Groups and visits to NMIs; and from its established programme of work.
- Responses from thirty-two national metrology or designated institutes to the BIPM chemical metrology and bio-metrology programme questionnaire (2006).
- The potential beneficiaries, such as NMIs, international bodies, and specialist user communities.
- The expected outcomes of the work.
- The CIPM criteria set for BIPM programmes including their ability to provide a unique contribution.

Activities continued in the 2009-2012 programme

C-A1* Ground-level ozone reference standard programme

The project will maintain and monitor the comparability of a worldwide network of traceable primary ozone reference standards through the coordination of ongoing ozone reference standard comparisons. This service underpins traceability requirements for national and international air quality regulations; e.g. EU directives concerning air quality; US Clean Air Act and related legislation.

It benefits NMIs and National Air Quality Reference Laboratories maintaining ozone reference standards and the World Meteorological Organization Ground-level Ozone Calibration Centre as well as a number of other national and international air quality monitoring networks. There is close collaboration with NMIs and the linked regional comparisons.

The BIPM ozone reference photometer comparison facility is a set of standard reference photometers, which are monitored for their stability and consistency through the use of reference methods based on gas phase titration, and a laser-based photometer.

Deliverables

- forty-eight bilateral comparisons;
- two comparisons with gas phase titration system; and
- two comparisons with laser-based system.

Without this facility and comparison service, a similar international reference would have to be created at another NMI or international institute so as to meet international needs for traceability, and for improvement of ozone spectrophotometers.

*C refers to “chemistry” and A to “activity”.

C-A2 Primary gas standards and high-accuracy methods for gas standard comparisons

The project will maintain a primary facility for preparation of reactive gas standards. It is essential support for the gas phase titration-based reference method for ozone measurements, as the BIPM is one of only two institutes in the world with this capability.

Discontinuing this programme would endanger the BIPM international ozone standard comparison activities, and effectively stop any research and development work at the BIPM in the field of gas metrology.

Specific activities during the programme include:

- Maintaining a magnetic suspension balance system for the dynamic preparation of nitrogen dioxide standards.
- Gas purity studies using Fourier transform infrared technique analysis which are required for the value assignment of NO₂ gas standards, and cylinder stability testing.
- Maintaining a facility for the comparison of reactive gas standards through two measurement campaigns over the four-year period.

The project is of benefit to NMIs and National Air Quality Reference Laboratories maintaining ozone reference standards.

Deliverables

- A source of traceability for nitrogen dioxide and nitrogen monoxide-based gas phase titration measurements in support of the ozone reference standard programme.
- A study of gas cylinder stability.
- A reference system for the assignment of traceable nitrogen monoxide mass fraction values for gas phase titration.
- A report on the consistency of an ensemble of primary reactive gas standards.
- Two comparisons of gas phase titration and UV absorption reference methods for ozone.
- A bilateral comparison with an NMI to validate the nitrogen dioxide facility performance.

C-A3 Organic primary calibrator facility

The project will maintain a facility for the value assignment of organic primary materials. It will also be used to develop methods for primary organic calibrator material characterization, selected so as to support the programme of CCQM comparisons for primary calibrators and calibration solutions. The project will focus on high-priority analytes, notably for clinical chemistry/laboratory medicine, food residue, contaminant and nutritional additive analysis and forensics.

The facility is dedicated to the long-term development of robust methods for the value assignment of primary calibrators. It is also central to the coordination of the CCQM's long-term programme of organic pure material and calibration solution comparisons.

The validated methods developed in the project will underpin the implementation of international regulations, standards and recommendations; for example:

- EU *In Vitro* Diagnostic Directive (EC IVDD, 98/79/EC); an essential requirement of this Directive is that 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.
- Codex Committee on Residues of Veterinary Drugs in Foods – Report of WG on Residues of Veterinary Drugs without ADI/MRL (CX/RVDF 06/16/13, October 2005).
- US legislation for food and dietary supplements [Infant Formula Act (1980), Nutritional Labelling and Education Act (1990), Dietary Supplement Health and Education Act (1994)].
- EU Council Directive 96/22/EC concerning the prohibition on the use in stock farming of certain substances having a hormonal or thyrostatic action and of beta-agonists.
- EU Council Directive 96/23/EC on measures to monitor certain substances and residues thereof in live animals and animal products.
- Recommendations of CCQM Focus Group Meetings on Reference Measurement Systems for Food Analysis (2003, 2004).

Organizations which would benefit include:

- those NMIs and national laboratories assigning primary calibrator materials for clinical chemistry, food contaminants, residues, and nutritional additives;
- laboratories operating reference measurement procedures for the quantification of food contaminants, residues, and nutritional additives; and
- reference measurement laboratories for clinical chemistry and forensics which require certified primary calibrator materials to underpin their reference measurement services.

Deliverables

- Validated methods and a best practice guide for primary calibrator characterization, for four analytes based on CCQM comparisons.
- A study and report on the applicability and accuracy of novel spectrometric techniques for impurity identification and quantification.
- A collaboration with NMIs for the provision of study materials.
- A study of novel spectrometric techniques for impurity identification and quantification and performance characterization.

C-A4, C-A5, C-A6 Coordination, technology transfer and liaison

The section will assume responsibility for:

- Organization of one CCQM meeting and seven Working Group meetings per year at the BIPM (C-A4).
- Verification of selected CCQM key comparison and pilot study final reports (C-A4).
- Assistance in organizing workshops or knowledge transfer events, in conjunction with regional metrology organizations, after comparisons so as to help outliers or less experienced laboratories improve their measurement competences (C-A6).

- Support for four JCTLM and executive meetings through the provision of the Executive Secretariat, Rapporteur and Secretariat to the JCTLM, and maintenance of the JCTLM databases for reference materials, methods and reference measurement services (C-A5).
- Liaisons already include ISO REMCO, ISO TC212, the *ad hoc* CIPM Working Group on Materials Metrology, Codex Alimentarius Commission, the World Meteorological Organization, Inter-Agency meeting, World Health Organization, World Anti-Doping Agency, and forensic science institutes (C-A6).

During the current programme, we have built many successful liaisons and so expanded awareness of the work carried out under the Metre Convention and metrology in general. In several cases, we have actively promoted the use of the CIPM MRA with intergovernmental organizations which themselves promote the formation of links at the national level. The credibility of BIPM staff is critically dependent on the expertise they gain through carefully selected laboratory projects in the section.

New projects

C-P1* High-accuracy facilities and comparisons for air quality and global climate change gases

Aims and drivers

The project aims to:

- develop methods and coordinate comparisons for demonstrating the degree of equivalence of national preparative capabilities for gas standards in support of air quality and greenhouse gas monitoring, and
- develop methods for the comparison of national reactive gas standards and capabilities for air quality monitoring.

Gravimetric reference methods are generally the basis for national capabilities for the preparation of gas standards, and underpin a large section of calibration and measurement capabilities in gas metrology. Meaningful and cost-effective comparisons of gravimetric preparation capabilities can be performed when cylinders from all participating countries are compared in one laboratory under conditions of repeatability. Measurands of interest and relevant to air quality or greenhouse gas issues include, but are not limited to: carbon monoxide (air quality); carbon dioxide (mole fraction 400 $\mu\text{mol/mol}$ – greenhouse gases); oxygen (mole fraction 50 mmol/mol – emissions reference level); and methane (mole fraction 2 $\mu\text{mol/mol}$ – greenhouse gases). Measurand prioritization and choice will be undertaken in consultation with the CCQM Gas Analysis Working Group.

In the case of reactive gases and low-concentration gas standards, static gravimetric preparation may not be suitable due to limited stability of the gas species in cylinders and dynamic preparation provides an alternative methodology for accurate gas standards. Gases important to air quality often fall into this category. The reduction of the concentration of pollutant gases in air is a major component of a clean air strategy in the United States of America, Europe and Asia, requiring their monitoring and international equivalence of the gas standards to which

*C refers to “chemistry” and P to “project”.

measurements are traceable. Measurands of interest include nitrogen oxides, formaldehyde, ammonia, and dimethylsulfide.

Justification for BIPM activity

The activity on comparisons of preparative capabilities 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 air quality and global climate change gas standards. The project will provide a long-term commitment to comparisons of gravimetric preparative capabilities, and benefit from BIPM neutrality with the reference value assigned from the ensemble of measured standards.

The monitoring of reactive gas species in the atmosphere is of increasing international importance, and the World Meteorological Organization (WMO) has requested the international gas standard community to aid in the development of primary standards for volatile organic compound species. The BIPM activity on reactive gas standard comparison method development will establish procedures to enable the maintenance of the international equivalence and the longer term monitoring of such gas standards.

Benefits and impact of project

The project will provide a cost-effective means for providing comparisons to underpin gas standard gravimetric preparation capabilities of NMIs and their associated CMCs, and thereby facilitate the provision of reliable data that will be important in determining future governmental policies on energy, transport and emissions.

Reactive gas facilities and studies on transfer standards developed under this project will be of benefit to NMIs and national air quality reference laboratories participating in future air quality related comparisons. The project will also be of benefit to the WMO Global Atmosphere Watch, which is extending its monitoring network to reactive gas species, and requesting the development and maintenance of primary, transfer and working gas standards.

Deliverables

- A validated measurement facility for the comparison of stable gas standards under conditions of repeatability. The measurement system for study will be determined in consultation with the CCQM Gas Analysis Working Group.
- A validated primary facility for the dynamic generation and measurement of reactive gas species relevant for air quality monitoring, and a study on the stability of a set of transfer standards for comparisons.
- Methods and a CCQM comparison of gravimetrically-produced standards under conditions of repeatability for an air quality/climate change relevant gas species.
- A BIPM facility and methods with validated uncertainties for the comparison of a reactive gas species standard/capability relevant to air quality monitoring, prioritized with the CCQM Gas Analysis Working Group.
- A report on the design and stability of transfer standards for reactive gas standard comparisons.

C-P2 International comparison of nitrogen dioxide gas standards

Aims and drivers

The project will coordinate a comparison on the international equivalence of gas standards for air quality monitoring, NO₂ in air standards at low concentrations.

There is a high international priority attached to activities which reduce NO_x in the atmosphere. The current level of permitted emissions is typically between 50 µmol/mol and 100 µmol/mol, but lower values are expected in the future. Currently, ambient air quality monitoring regulations also require the measurement of NO_x mole fractions of 0.2 µmol/mol. The production of accurate standards at these mole fractions requires either dilution of a stable higher-concentration gas standard, or production by a dynamic technique, for example, one based on permeation tubes. Standards at 10 µmol/mol are currently being developed at a number of NMIs, and their comparability will be demonstrated through this project.

Justification for BIPM activity

The project provides a dedicated, shared cost facility as a long-term commitment to the BIPM's coordination of CCQM comparisons of NO_x standards. The project will require the characterization of the stability of travelling standards using the methodology developed under activity C-A2.

Benefits and impact

The project will benefit NMIs providing NO_x gas standards or measurement services in support of emissions and air quality regulations. Examples of regulations include: European Directives on Ambient Air Quality, the incineration of waste and large combustion plants; the US Clean Air Act; and US Environmental Protection Agency emission standards for electric utilities and motor vehicles.

Deliverables

- A CCQM key comparison/pilot study.
- A collaboration with an NMI for the provision of gas standards.

C-P3 Ozone absorption cross-section measurements

Aims

This project aims to resolve the current 2 % discrepancy between UV absorption, and gas phase titration-based reference methods, for ozone quantification and which is associated with uncertainty in the ozone absorption cross-section at 253.7 nm.

Justification for BIPM activity

The BIPM has considerable expertise in ozone measurements and maintains independent reference methods for primary ozone measurements, which places it in a unique position to undertake this research project.

In the project, the BIPM laser-based photometer will be used in a redetermination of the absorption cross-section of ozone at several different wavelengths in the UV, and will enable a comparison with measurements based on the mercury line wavelength absorption. The measurement will allow the laser-based system to be compared to other reference methods for ozone, and its suitability as a primary reference standard assessed.

If the BIPM does not undertake this activity, any further progress to improve the accuracy of ozone measurements will be dependent on research funding for these projects at universities and research institutes.

The benefits of the project are to provide improved data consistency for atmospheric ozone measurements to enable accurate long-term assessment of the impact of ozone concentrations on global climate change and air quality.

Deliverables

- Ozone adsorption cross-section measurements with well-defined uncertainties at four wavelengths in the UV.
- Improved uncertainty from the BIPM primary photometer.
- Collaboration with a university research group with expertise in the ozone absorption cross-section measurements.

C-P4 Comparisons of primary references for organic analysis

Aims and drivers

The project will coordinate and extend CCQM comparisons of national capabilities for the value assignment of primary calibrators and calibration solutions in support of reference measurement systems for clinical chemistry, food analysis, and forensics.

Reference materials and methods with clearly understood uncertainties are required to underpin a broad range of food analyses so as to measure levels of banned substances, from incorrect use of regulated plant protection agents or veterinary drugs or from unintentional contamination during the production process. Many of these measurements are regulated and the use of accurate primary calibrators ensures that maximum residue limits, as set by the Codex Alimentarius Commission, are not exceeded.

Innovations in reference measurement procedures for therapeutic drugs, metabolites and substrates and non-peptide hormones show that it should be possible to reduce current measurement uncertainties for the calibrators by, at least, a factor of four, so that they are not the major contributors to the uncertainty of the reference method. Similar requirements exist in the field of forensics.

Justification for BIPM activity

The activity supports the long-term plans of the CCQM to extend its comparison programme to analytes selected from the fields of food contaminants, forensics, and clinical analytes.

By locating this activity at the BIPM, the choice of measurand to be studied will be less dependent on material from certified reference materials development projects at NMIs, and so offers more choice to the CCQM in its selection of comparisons.

In the project, the BIPM will coordinate a comparison on primary calibrator material and calibration solutions, the purity of which will be assessed in activity C-A3. Materials for study will be prioritized by the CCQM Organic Analysis Working Group. Choices include: substances having anabolic effects, antibacterial substances, veterinary drugs, environmental contaminants and mycotoxins, and analytes relevant to clinical chemistry and to forensics.

Organizations with direct benefit from the activity include NMIs and national reference laboratories needing to demonstrate technical capabilities for residue, contaminant or nutritional

component analysis in food and feed stocks, clinical chemical analysis or forensics analysis. There are also benefits for NMIs and national reference laboratories producing calibrations solutions, developing reference methods, approving validated methods as reference methods, organizing comparative tests for reference laboratories, and analysing samples in dispute situations in the fields of food analysis, clinical chemistry and forensics.

Ultimately, this benefits governments, regulatory bodies, analytical laboratory networks requiring confidence in the measurement infrastructure supporting food, clinical and forensic analyses.

Deliverables

- Three CCQM comparisons on primary references for organic analysis.
- A best practice guide to calibration solution preparation and value assignment.
- Collaboration with an NMI to develop and confirm the material characterization methodology and for the provision of suitable materials for study.

C-P5 Liaison with national and international bodies and intergovernmental organizations with activities in metrology in bioanalysis

Aims and drivers

Bioanalysis is a major driver for innovation in healthcare, food, therapeutics and diagnostics, but there is no consensus on the priorities for international metrological activity. By liaising with international and national bodies active in measurement issues for biology, biotechnology and bioanalysis, and reporting on the requirements for reference materials, reference measurement methods and interlaboratory comparisons the project will advance the establishment of an international traceable measurement infrastructure for these areas.

Justification for BIPM activity

The BIPM is ideally placed to liaise with both intergovernmental organizations and international and regional bodies to facilitate this process, and to coordinate interactions with NMIs and others in the field.

In the project, the BIPM will establish liaisons with national and international institutes and networks, and report on the requirements for measurement comparisons, reference methods and certified reference materials required to establish and maintain an international measurement infrastructure for bioanalysis, notably related to gene and protein measurements.

Deliverables and benefits

Deliverables and benefits of the project will be an up-to-date description of current activities in the standardization of gene and protein related measurements, and a report for the CIPM and the CGPM in 2011 as a preparation for proposals in the 2013-2016 programme of work. This will set out requirements for measurement comparisons, reference methods and certified reference materials with recommendations on activities required to develop an international measurement infrastructure.

Collaborative partners

Liaisons to be established with intergovernmental, governmental and non-governmental organizations active in gene and protein measurement standardization: the Codex Alimentarius

Commission; manufacturer consortiums; proficiency testing providers; accreditors; regulators; and forensic science organizations and networks.

Comments from the Consultative Committee

The proposal has benefited from extensive consultation and advice from the CCQM, especially its Working Group set up specifically to advise on the BIPM programme of work. The programme proposals were revised as a result of their comments. Specifically, the group recommended the need to identify priorities for bioanalysis at the international level before considering any laboratory-based activity, and that scientific activity in the gas and organic activities need to be strengthened. The current version has the full endorsement of the Working Group and of the CCQM.

Resources for all the new projects proposed by the Chemistry section

The section is currently staffed by five scientists and two technicians. To deliver the activities and projects set out in this document for the 2009-2012 programme of work, the BIPM would require an additional:

- one technician for gas metrology activities and projects (A1, A2, P1, P2, P3);
- one technician for organic analysis activities and projects (A3, P4); and
- one NMI scientist on secondment for a year to the international liaison programmes (A4, A5, A6, P5).

In addition to short-term secondments from NMIs, the BIPM would need to support two post-doctoral Research Fellows.

5.6 International coordination and liaison

In recent years, coordination and liaison with international bodies and intergovernmental organizations has increased with three particular aims in mind:

- to create opportunities to extend the influence of the SI and best metrological practice into new application areas;
- to support and develop the world metrology system; and
- to support the development of the CIPM MRA, especially through the work of the JCRB.

At meetings of past General Conferences, Member States have urged the BIPM to extend and develop its international coordination work driven from the scientific sections as well as corporately. The BIPM has already responded to this challenge although previous CGPMs did not provide the financial resources to undertake a full programme of work. Much of the scientific liaison is set out in the activities described in other sections in this programme of work.

Within the 2005-2008 programme of work, the BIPM, for example, strengthened its role with two particular organizations:

- the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC), which collaborates with the BIPM on a number of joint policy declarations; and
- the International Organization for Standardization (ISO) where the BIPM have increased its representation and its monitoring of a number of standards-making committees.

The work of the International Organization of Legal Metrology (OIML) is relevant to the BIPM's mission. The BIPM and the OIML have therefore increased the number of their regular meetings, and have launched a number of technical collaborations with the aim of presenting a more coherent face for metrology to the outside world.

In accordance with the criteria used by the CIPM for BIPM work, its general approach to prioritization of international liaison and coordination work is therefore determined by:

- The degree of impact likely to result from sustained effort.
- The degree to which the BIPM's efforts create an opportunity for a major expansion of the uptake of the SI or the development of traceability in a new area of application.
- The extent to which an organization already supports and helps implement the aims and objectives of the Metre Convention.
- Whether, once an initial opening has been created, the work can be taken up by the organization concerned or by groups of NMIs; for example, the RMOs.
- Political considerations and the expressed wishes of the CIPM or the CGPM.

In the 2009-2012 programme of work, the BIPM will increase the resources devoted to promoting the Metre Convention and the CIPM MRA, and provide a focus for the outreach activities proposed to the General Conference for the establishment of a category of "Corresponding National Metrology Institute of the BIPM". This initiative should help attract new Associates and Member States although the time needed to secure the commitment of Governments to take these steps is considerable. It can also be protracted if key individuals move. BIPM support can take many forms, such as the provision of the technical and economic arguments which can help national institutes make the case to their Government, or local workshops under the auspices of RMOs or international aid or development bodies.

Resources

This work is largely the responsibility of the Director and the Executive Secretary to the JCRB – a post which up until now has been provided through secondments from three NMIs.

Given the growth in the work and its increasing importance, the CIPM agreed, at its meeting in 2006, that it would consider an additional staff member to fill a post dedicated to this work on the occasion of its meeting in 2008. The CIPM position would clearly depend on whether the General Conference decides to support additional resources in this area during the 2009-2012 programme of work. The post of Executive Secretary to the JCRB will continue to be available to NMIs through secondments.

5.7 General laboratory and scientific services

5.7.1 Mechanical workshop

The workshop is essential to the running of the BIPM laboratory programmes as well as to the effective operation and support of comparisons. In the latter case, workshop staff are always on hand to repair damaged artefacts or to construct additional items needed to adapt NMI standards to the BIPM reference facilities. The workshop has been accommodated in the Pavillon du Mail since 2001 and has benefited from an updating of the computer numerical control (CNC) vertical machining centre, a new CNC lathe, and a second-hand electro-discharge wire cutting machine

which has permitted the fabrication of specialist pieces for the watt balance, calculable capacitor, and other activities. The workshop is running at, or near, to full capacity.

5.7.2 *Publications and Information Technology*

Since January 2004, the two-man Information Technology (IT) unit has been managed by the Head of Publications in addition to the one full-time member of the group, the webmaster, but who also assists in recording the proceedings of meetings, together with a part-time secretary and with assistance from the librarian.

The responsibilities of the section are:

- To produce BIPM publications such as the proceedings of Committees, the General Conference, the SI Brochure and the Director's Report. It also represents the BIPM in discussions on the production of documents in print and electronic format for various publications of the JCGM.
- To take responsibility for the BIPM web pages and to enhance the web as a means of promoting the BIPM and metrology in general.
- To manage the editorial aspects of *Metrologia* and to supervise 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).
- To assist scientific staff in the preparation of papers for publication or for submission to conferences.

The IT team is responsible for maintaining effectiveness and the security of BIPM internal services, and its essential external connections such as those for the KCDB, the JCTLM database and the data accessed and supplied as part of the work of the Time, Frequency and Gravimetry section. The team is small (two full-time individuals) and there is a risk that the system is vulnerable to absences and the inevitable failures of equipment. The work of the group has expanded and is essential to the provision of Committee websites, new databases, enhanced security and search capabilities, servicing of attendees at an increased number of meetings. The recruitment of an additional technician was considered but outsourcing or subcontracting of tasks will be a more appropriate solution to the BIPM's immediate IT needs.

5.7.3 *The BIPM key comparison database (KCDB) and Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine (JCTLM) database*

These two databases are at the heart of the public interface of the CIPM MRA and the work of the Joint Committee for Traceability in Laboratory Medicine. The KCDB contains (at the time of writing) over 19 000 calibration and measurement capabilities (CMCs) from over 150 NMIs and Designated Institutes. Appendix B, the major source of comparison reports used to underpin and justify CMC claims, contains over 400 reports. Its initial construction was with the needs and interests of professional metrologists and the NMIs in mind. However, it has become better known among accreditors, regulators and industrialists, and the basic search technique was less well-suited to their needs. During the latter part of the 2005-2008 programme of work, a major investment in a key-word search engine was made with the aim of making the database much

easier to use, and more useful to these communities. During the 2009-2012 programme of work, we expect that the work will continue to be at much the same level.

5.7.4 *The BIPM Quality System*

The BIPM has a self-declared Quality System which meets the requirements of ISO/IEC 17025 for its measurement work. This will be maintained and enhanced during the proposed programme.

5.7.5 *Health and safety at the BIPM*

During the programme of work for 2005-2008 there has been a major effort to bring BIPM health and safety procedures up to best practice. The new structure for health and safety at the BIPM includes a dedicated Health and Safety Committee with suitably trained staff drawn from the BIPM's scientific and support sections. The Committee will arrange regular audits and checks on the implementation of health and safety policy at the BIPM. Management of the work has been added to the responsibilities of the staff member responsible for quality.

5.8 **Finance and administration**

A small and efficient team of 5.5 full-time equivalent staff is responsible for the financial and administrative management of the BIPM, which includes:

- Drawing up the BIPM annual accounts, 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 sections.
- Human resources issues including payroll, training, operation of the BIPM medical insurance scheme, monitoring and reimbursement of travel expenses.
- Handling all legal issues, including those related to the Staff Statutes and the rules of the Pension Fund, agreements such as Memoranda of Understanding and purchase contracts, international institutional law and international law.
- All procurement issues, including price negotiations for BIPM purchases.
- Relations with Member States and Associates regarding financial, legal and administrative affairs.
- Logistic matters including customs operations and matters related to the site maintenance.
- Logistical organization, together with the secretariat, of meetings, conferences, summer schools and other events at the BIPM.

Carrying out the activities and projects presented in the present programme of work implies: additional scientific staff, an increase of transportation and customs clearance of equipment used in comparisons with national laboratories, a growing number of meetings at the BIPM, potentially, a larger number of Member States and Associates.

The corresponding increase of the work of the Finance and Administration section will require the appointment of one additional accountant.

5.9 Secretariat

5.9.1 Secretariat

The BIPM secretariat consists of 4.5 full-time equivalent staff and supports the organization of a dramatic growth in the number of meetings at the BIPM. We do not, however, propose an increase in the permanent/or full-time secretariat staff over the period of the programme of work.

During the 2005-2008 programme of work, a number of quality procedures have been put in place as well as a new project to harmonize and rationalize the databases and IT systems which support the Consultative Committee structured. Most CC meetings are now paperless. This requires new steps to handle and archive electronic documents.

Specifically, the secretariat:

- issues all invitations to Consultative Committees or Working Groups and makes arrangements for attendance, including visa applications;
- finalizes and issues BIPM formal reports including, when necessary, French translations;
- attends meetings so as to support delegates from NMIs and other institutes.

5.9.2 Library

The library continues to be an integral part of the BIPM, essential for its scientific work and to Member States visiting the BIPM for meetings and collaborative work.

To keep the costs of about 1.5 % of the BIPM budget under control, it was necessary to cancel some of the less commonly used journals in the traditional areas of work at the BIPM. Unfortunately, experience has shown that the cost of subscriptions to scientific journals increases at a rate above that of inflation. As a result, subscriptions to these more expensive journals, unless they are considered part of the BIPM core collection, continue to be cancelled. The number of journal subscriptions has been reduced since 2004. However the work of the BIPM evolves, and the creation of the section for metrology in chemistry after the 21st meeting of the CGPM required an expansion of the library into this new area. The launch of the Quality System, and the increase by the BIPM of the work of the ISO and other standardization bodies required the purchase of more international standards. During the 2009-2012 programme of work, the BIPM will carry out a study on the long-term provision of information resources at the BIPM and how well they meet the changing requirements of the BIPM staff and will report to the CIPM.

5.10 Travel and transport of equipment

Visits by the scientific staff and the Director to national laboratories, and attendance at conferences and scientific meetings are an essential part of the activities of the BIPM. They provide the opportunity to maintain contact with NMIs, maintain and up to date knowledge of

metrology research and requirements, present the results of the work of the BIPM's scientific staff and to promote the activities carried out under the Metre Convention.

The amount of travel has increased for a variety of reasons:

- Firstly, visits to national laboratories by the scientific staff – in particular as a result of the successful development of travelling standards used for comparisons at national laboratories and the facilitation of transfer of technology.
- Secondly, travel to attend meetings with intergovernmental organizations and international and regional bodies has increased, reflecting the growing number of liaisons with such organizations and bodies.

5.11 Buildings and grounds

As the BIPM is on a historic site there are financial implications for its upkeep and general maintenance. During the 2005-2008 programme of work, there have been several major refurbishments of laboratories to provide for the changing pattern of work and, in particular, for chemical, electrical, mass, watt balance and ionizing radiation laboratories. Other refurbishments will continue to be required and will be implemented during the 2009-2012 programme of work. A major refurbishment of the old workshop provided more space to accommodate the increased number of meetings at the BIPM.

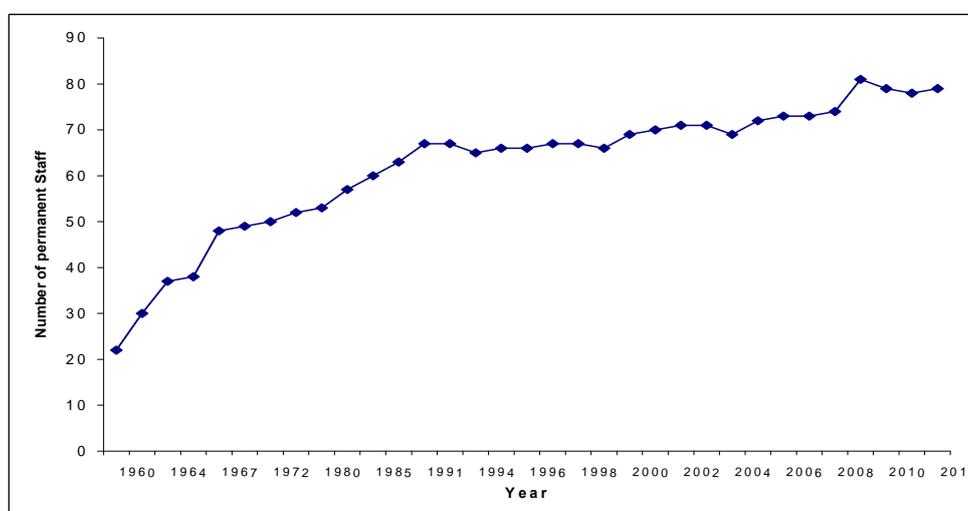
A large number of the BIPM laboratories are air conditioned to provide the temperature stability which is necessary for precision metrology. While some air-conditioning systems have been replaced in recent years, many of the remaining ones are old and are not energy efficient. Breakdowns are becoming more frequent and the spare parts are difficult to find. This, of course, delays the BIPM's scientific work as well as its calibration and comparison programme. During the 2009-2012 programme of work, a number of these systems will require updating or replacement, in addition to a programme of routine maintenance.

Financial restrictions continue to delay important and much-needed rehabilitation of the roofs of the two seventeenth-century buildings, the Pavillon de Breteuil and the Petit Pavillon, and of the Observatoire. This can no longer be put off, and the budget proposes an appropriate increase in expenditure for building work.

6 Staff

6.1 Staff arrangements

The total number of full-time equivalent permanent staff employed at the BIPM on 1 April 2007 is seventy-five, including two vacancies which are about to be filled. These staff are distributed among the various sections as shown in the organizational chart on page 517. The evolution in the number of permanent staff since 1960 and its predicted number up to the year 2012 are shown in the figure below. The average age of all staff on 1 April 2007 was 46 years.



Fourteen nationalities are represented among the BIPM staff. Working in an intergovernmental organization as an expatriate leads to a number of practical and personal inconveniences, which are generally compensated through the BIPM's overall terms and conditions of employment. There is, however, some evidence that the level of salaries has dropped significantly, especially in relation to those offered by similar intergovernmental organizations in Paris. These organizations include organizations such as the Organisation for Economic Co-operation and Development and the European Space Agency. There has been no general revaluation of the BIPM salary scales since 1992. The BIPM has, however, been able to fill vacant posts over the period of the 2005-2008 programme of work with well-qualified staff although the numbers of high-quality applicants has occasionally been disappointing. There are, therefore, some indications that the quality of applicants may fall off and that the financial compensations may not be enough to attract the best staff – as is the case with a number of other intergovernmental organizations. In general, staff have been appointed on permanent contracts. In previous programmes of work, however, there was provision for short-term Research Fellowships. In the 2005-2008 programme of work, however, no new Research Fellowship appointments were made as a result of decisions taken, on financial grounds, by the CIPM and the 22nd meeting of the General Conference.

Organizational chart of the BIPM on 1 April 2007

DIRECTOR
Prof. A.J. Wallard

MASS	TIME, FREQUENCY, and GRAVIMETRY	ELECTRICITY	IONIZING RADIATION	CHEMISTRY
Dr R.S. Davis	Dr E.F. Arias	Dr T.J. Witt ¹ Dr M. Stock ²	Dr P.J. Allisy-Roberts	Dr R.I. Wielgosz
Miss P. Barat Dr H. Fang Mrs C. Goyon-Taillade Mr A. Picard 1 vacancy	Mr R. Felder Dr Z. Jiang Ms H. Konate Mr J. Labot Dr W. Lewandowski Dr G. Petit Dr L. Robertsson Mr G. Thibaudeau Mr L. Tisserand Dr L. Vitushkin 1 vacancy	Mr R. Chayramy Mr N. Fletcher Mr R. Goebel Mr A. Jaouen Mr S. Solve	Dr D.T. Burns Mr S. Courte Ms C. Kessler Dr C. Michotte Mr M. Nonis Dr S. Picard Dr G. Ratel Mr P. Roger	Miss A. Daireaux Mr E. Flores Jardines Dr R. Josephs Mr P. Moussay Dr J. Viallon Dr S. Westwood

FINANCE, ADMINISTRATION and GENERAL SERVICES	SECRETARIAT	Quality Manager Liaison with ISO and ILAC	KEY COMPARISON DATABASE	SECRETARIAT JCRB	PUBLICATIONS and INFORMATION TECHNOLOGY	WORKSHOP and SITE MAINTENANCE
Mrs B. Perent Finance, Administration General services	Mrs F. Joly	Dr R. Köhler	Dr C. Thomas ⁵ Dr S. Maniguet ³	Dr P.I. Espina ⁸	Dr J.H. Williams	Mr S. Sanjaime Workshop Site maintenance
Mr F. Ausset Mr R. Cèbe Mrs D. Etter Mrs M.-J. Martin ⁴ Mrs D. Saillard ⁵ Mrs A. Da Ponte Mr C. Dias Nunes Mrs A. Dominguez ^{4/6} Mrs M.-J. Fernandes Mrs I. Neves ^{4/6} Mr A. Zongo ⁷	Mrs C. Fellag-Ariouet ⁴ Mrs D. Le Coz ^{4/5} Mrs G. Negadi Mrs J. Varenne				Mr L. Le Mée Dr J.R. Miles Mr G. Petitgand	Mr F. Boyer Mr De Carvalho Mr S. Segura Mr B. Vincent Mr P. Benoit Mr E. Dominguez ⁶ Mr P. Lemartrier Mr C. Neves ⁶

1 – Head of the Electricity section 6 – Caretakers
 2 – Head of special projects 7 – Also site management
 3 – Also Chemistry 8 – On secondment from NIST
 4 – Not full time
 5 – Also publications

Unfortunately, and with the sole exception of the Executive Secretary to the JCRB, no NMIs have, as invited to do so by the 22nd meeting of the CGPM, supported long-term attachments of staff to the BIPM. Shorter term attachments, ranging from a few weeks to six months, have, however, been supported and the BIPM is grateful to those NMIs and governments who have provided this assistance. We shall continue to seek such secondments during the 2009-2012 programme of work.

While the majority of BIPM work requires dedicated metrologists with experience of the subject at international level, a proportion of posts can be filled on short-term or other contractual arrangements. This has several advantages:

- It offers the opportunity to renew or make available on a short-term basis, specialist skills which may not be required in the long term.
- The flexibility of staff to work on new projects or activities which may not be continued, depending on decisions on the dotation and programme of work by the General Conference.
- A reduction of long-term demands on the BIPM pension fund.

The BIPM therefore proposes, depending on the decisions on the programme of work and dotation voted by the present General Conference, to continue to fill an increasing proportion of vacant project posts through fixed-term positions, such as Research Fellow positions.

6.2 Staff resources requested

In order to perform this programme of work, the following permanent resources are required:

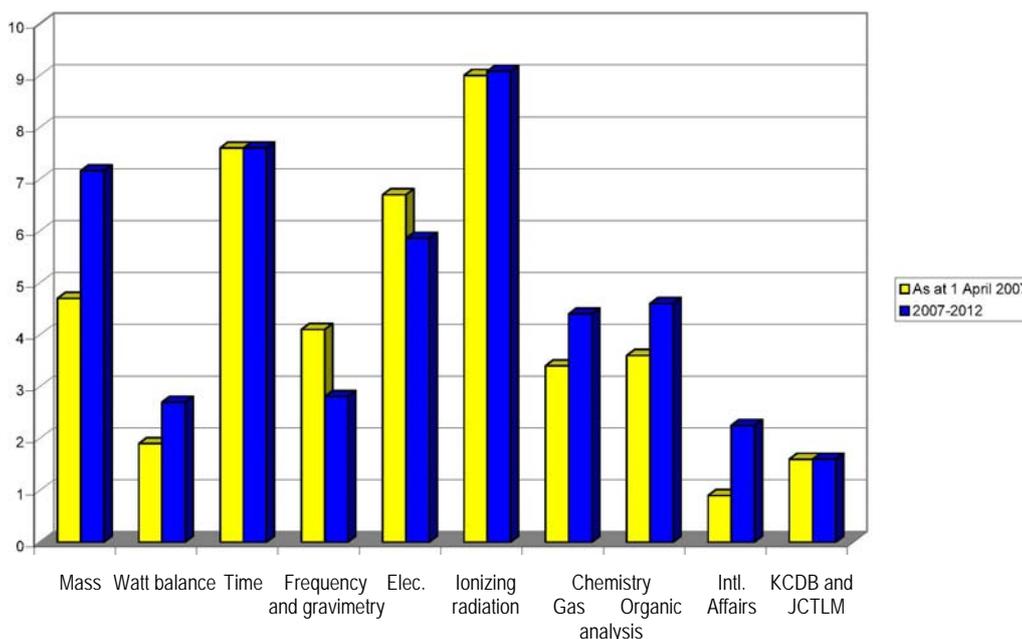
- Mass: one scientist and one technician,
- Watt balance: one scientist,
- Chemistry: two technicians,
- International affairs: one scientist, and
- Administration: one accountant.

In addition, there will be a number of staff recruited for short-term contracts or on secondment from NMIs. These are detailed in the individual sections but are also given here:

- two postdoctoral appointments, each for two years,
- one man-year secondment for work on a biotechnology study, and
- four man years in other shorter-term secondments.

The table below shows the evolution of the staffing of the scientific sections during the 2007-2012 period.

Distribution of permanent staff by scientific activity



6.3 Staff training

During the 2005-2008 programme of work, the resources devoted to staff training now represent an average of 0.4 % of the budget and cover scientific courses, higher-degree registrations, technician training, and courses for staff on electrical and chemical safety. Aware of the number of new staff, we have also supported English and French language training. BIPM commitment to staff training and experience building will continue in the proposed programme of work.

6.4 Contribution to the pension fund

Regular actuarial studies are carried out and confirmed the tendencies predicted in 1994 that the number of pensioners would double between 1994 and 2010. To anticipate this situation, the CIPM decided in 1994 to increase the annual allocation to the pension fund each year from 1996 to 2008 by an amount equivalent to 2 % of the salaries. This plan continues to be implemented as it is now predicted that the number of pensioners would reach the level of sixty-four in 2045 but with a peak of seventy-five in 2027 at which point there will be one pensioner for every active staff member of the staff. The last actuarial study indicated that the provisions are being made for the pension fund for the next thirty-five years. We shall continue to carefully monitor the situation so that adequate provisions for staff pensions continue to be made.

7 Annual dotation of the BIPM

The CIPM, in the Convocation to the 23rd meeting of the General Conference, asked the Conference to adopt the following dotations for the years 2009 to 2012:

11 859 000 euros in 2009

12 333 000 euros in 2010

12 826 000 euros in 2011

13 339 000 euros in 2012.

The justification for these figures is given in detail in the Convocation to the 23rd meeting of the General Conference and need not be repeated here.

The projected overall costs are given below for the programme of work described in Section 5 of the present document. The cost headings (operating expenses, laboratories' expenditure, staff expenses, etc.) are those used in the financial part of the document entitled *Rapport annuel aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes sur la situation administrative et financière du Bureau International des Poids et Mesures*, distributed each year to Member Governments of the Metre Convention and Associates. All figures are given in thousands of euros.

Annual budgets for the years 2009 to 2012 are presented in Section 7.1. The corresponding breakdown of costs by category is shown in Tables 7.1.2 to 7.1.5. In establishing the budget proposals for each year, additional sums of about 6 % of the total have been included over and above the dotation. These additional sums represent subscriptions from the present twenty-two Associates of the General Conference, projected income from interest on capital and other minor revenues from services and royalties including *Metrologia*, etc. (see *Rapport annuel aux Gouvernements des Hautes Parties contractantes sur la situation administrative et financière du Bureau International des Poids et Mesures* for recent years).

7.1 Budgets for each of the years 2009-2012

7.1.1 Recapitulation of income (in thousands of euros)

	2009	2010	2011	2012	4 years
A. Dotation	11 859	12 333	12 826	13 339	50 357
B. Subscriptions*	241	250	260	271	1 022
C. Other income	460	478	498	517	1 953
Total	12 560	13 061	13 584	14 127	53 332

*Only the present twenty-two Associates of the CGPM are included (April 2007).

7.1.2 Recapitulation of expenditure (in thousands of euros)

	2009	2010	2011	2012	4 years
A. Staff expenditure	6 859	7 020	6 854	7 079	27 812
B. Contribution to the pension fund	2 356	2 428	2 383	2 461	9 628
C. General services	1 239	1 272	1 353	1 284	5 148
D. Laboratory expenditure	1 615	1 779	2 235	2 437	8 066
E. Buildings	405	475	670	775	2 325
F. Miscellaneous and contingent	86	87	89	91	353
Total	12 560	13 061	13 584	14 127	53 332

7.1.3 Staff (full-time equivalent)

	2009	2010	2011	2012
Permanent staff	81	79	78	79
Research fellows	1	2	2	1
Total	82	81	80	80

7.1.4 General services (in thousands of euros)

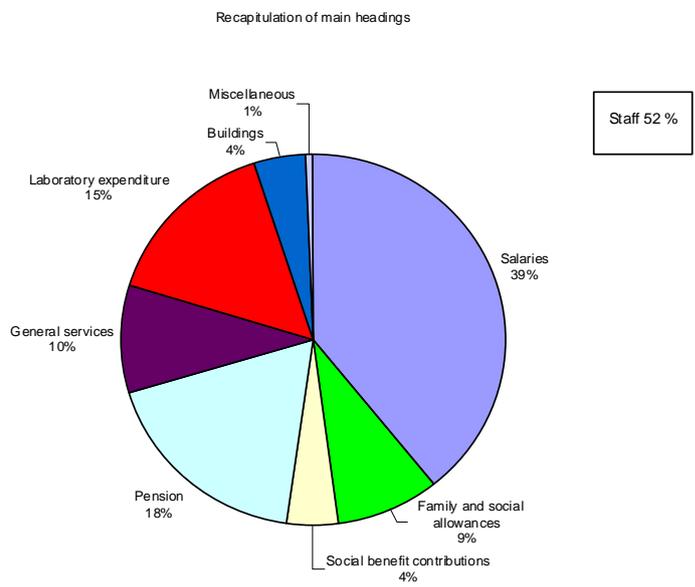
	2009	2010	2011	2012	4 years
Heating, water, electricity	234	238	243	248	963
Insurance	48	49	50	51	198
Publications	67	68	70	71	276
Office expenses	164	167	170	174	675
Travel, transport of equipment	411	428	397	406	1 642
Meetings	104	106	203	110	523
Library	183	187	191	194	755
Bureau of the Comité	28	29	29	30	116
Total	1 239	1 272	1 353	1 284	5 148

7.1.5 Laboratory expenditure (in thousands of euros)

	2009	2010	2011	2012	4 years
Mass and watt balance	330	443	845	631	2 249
Time, frequency and gravimetry	170	177	184	191	722
Electricity	200	208	216	225	849
Ionizing radiation	180	187	195	562	1 124
Metrology in chemistry	300	312	325	338	1 275
Workshop	150	156	162	169	637
General laboratory and scientific services, IT, KCDB	285	296	308	321	1 210
Total	1 615	1 779	2 235	2 437	8 066

7.2 Graphical representations of projected expenditure for the years 2009-2012

Recapitulation of main headings, including breakdown of staff costs 7.1.



Annex 1 – Criteria for BIPM programmes of work

Summary

The BIPM technical and coordination programmes are founded on the general guidelines discussed by the CIPM in 2004. The following more detailed criteria are used in programme setting and in formulating the ten-year plans:

- a commitment to sustain a facility or activity on behalf of NMIs, etc. for a significant period;
- mandated activities;
- value for money from an international, rather than a national investment, network coordination, international reference facilities or transfer artefacts;
- a limited number of calibration and comparison capabilities; and
- selected front-line research.

The priorities for the BIPM's coordination work are determined by:

- the degree of impact likely to result from sustained effort;
- the degree to which the BIPM's efforts create an opportunity for a major expansion in the uptake of the SI or the development of traceability in a new area of application;
- the extent to which the partnering organization has already committed itself to the aims and objectives of the Metre Convention;
- whether, once an initial opening has been created, the work can be taken up by the partnering organization or by groups of NMIs; for example, the RMOs;
- political considerations and the expressed wishes of the CGPM.

1 Background

At the 22nd meeting of the CGPM held in 2003, the Member States endorsed the general remit of the BIPM and the way in which it establishes priorities among its programmes, but requested more detailed information on that procedure. In particular, several delegations asked the BIPM Director and the CIPM to review the processes used to determine and manage work programmes. This request was made to:

- Ensure the best use of BIPM resources.
- Ensure that BIPM programmes are always established in response to needs of Member States.

- Introduce a dynamic process of change into the work of the BIPM and adjust resources in response to the most important issues.

In implementing this request the CIPM, at its October 2004 meeting, discussed a paper from the BIPM Director outlining the criteria on which the BIPM programmes are based. This paper was largely based on the criteria presented to the 22nd meeting of the CGPM. The CIPM noted that the process by which work priorities are established and resources allocated at all scientific institutions is a difficult one and there is no established “best practice”. Most NMIs face issues of limited financial resources and a work force that is not always able to evolve as fast as the priorities of the institution might require. In addition, it is well known that resource management at service-orientated scientific institutes can be further complicated by the demands from established customer/client bases who are vociferous defenders of services and activities that are currently provided. Experience has shown that too fast a rate of change in the priorities and resource allocations of such institutions may risk alienating current stakeholders and losing unique technical skills which, once abandoned, can seldom be re-established.

A reasonable rate of change is therefore prudent. Although new areas of scientific work might appear enticing to some stakeholders of the BIPM, it is clear that we need to be certain that shifts of resources from established to new areas result from carefully considered decisions by the BIPM and the CIPM. These decisions, and the rebalancing of BIPM activities, should ideally have the full and continuing support of NMIs and of their delegations to future General Conferences. While all organizations are captives of their past and current successes, it is also the duty of management to ensure the future credibility and viability of the organization in changing internal and external environments.

2 BIPM’s “beneficiaries” base

The BIPM’s “beneficiaries” include:

- Member States;
- Associates of the CGPM;
- NMIs;
- Consultative Committees;
- Intergovernmental organizations and international bodies which collaborate with the BIPM to complement and advance their own missions.

As is the case in most organizations, these “beneficiaries” have different perspectives and requirements, which at times might be in conflict. For example, the needs and priorities of the larger NMIs differ from those of the smaller ones, and from those in developing countries. Additionally, the endorsement of scientific needs by individual NMI representatives on Consultative Committees while a powerful scientific argument, may not, in itself, convince a General Conference to vote and approve the necessary budget. When deciding on the effort to invest in international cooperations, we must be careful not to give rise to expectations we cannot deliver because of resource limitations or the wrong mix of staff skills.

3 General approach

To try to reconcile the competing interests of the beneficiaries of our actions, the BIPM scientific sections now formulate ten-year rolling work plans aimed at providing the long-term framework within which our more detailed, four-year operational plans are formulated. The ten-year plans will be updated regularly to reflect changes in the way in which the BIPM is to address developments in the science of metrology, while the four-year operational plans are presented to the CGPM for validation. Together, the plans provide a picture of the scope and balance of activities for the BIPM into the future, and give the CIPM and the CGPM a long-term technical vision for the organization.

The CIPM also solicits advice from its Consultative Committees (CCs) on the work of the BIPM. As the top experts in their respective fields of metrology, the CCs are uniquely qualified to review and improve the technical content of the individual ten-year plans. Their advice and statements of needs, indicate where a shared scientific activity, funded through the BIPM dotation, can provide better value for money, or is scientifically more desirable or more effective than a number of similar activities at the national level. Improved operational plans, based on the outcome of these consultations, are presented to the CIPM during the annual reviews of section heads for comment and approval. They also provide the basis for the four-year work programmes presented to the CGPM. Concurrent with this process, we urge CC members to keep the directors of their NMIs informed of the BIPM planning process so that they are aware of the scientific requirements and future directions of the BIPM scientific programme.

In addition to the details of the scientific programmes, the plans also discuss the resources allocated by the BIPM to establishing collaborations at the international level. As these two elements – the scientific programme and the international collaborations – are important and interdependent, their balance within the plans is carefully considered. For example, the BIPM is an active organizer of international networks and uses its unique position and credibility to create opportunities that can then be implemented nationally by the Member States. The final plans are therefore a mixture of the two types of activities, acknowledging that both are important, in different ways, to different stakeholder groups.

4 Portfolio analysis

The BIPM makes use of project portfolio analysis tools to identify priorities for scientific work and international collaboration within our organization. Such assessments of the value and impact of both types of work require the refinement of the general criteria which find their roots in the BIPM's mission. In what follows, we outline the criteria currently used to evaluate scientific as well as international collaboration work.

4.1 Scientific criteria

For the BIPM to discharge its mandate under articles 6 (1875) and 7 (1921) of the Metre Convention, the organization must maintain a portfolio of scientific activities deemed by the

metrology community to be at the highest level. In fulfilling these activities, the scientific staff of the BIPM should publish in peer-reviewed journals, and should regularly collaborate with NMI colleagues from a position of technical strength or equality.

Faithful to our tradition, the current standards of scientific excellence at the BIPM are as high as ever, and we continue to attract and retain top scientists for our staff. Additionally, we attract collaborators, guest workers and short-term secondments from NMIs of all sizes – a resource pool that we would like to make increased use of in the future.

A sound scientific programme should, of course, be based on projects that score on more than one selection criterion. Although the general evaluation principles have already been discussed, the CIPM bureau has highlighted the following five additional and more detailed guiding criteria for the BIPM's scientific work:

a) A sustainable contribution to the SI, its development and evolution

This applies to areas where the BIPM can provide a long-term guarantee of their availability. This commitment may not always be possible at the level of national programmes, which may be subject to shorter-term fluctuations in financial or other support. Examples of this type of projects are:

- the calculation of International Atomic Time (TAI) and Coordinated Universal Time (UTC);
- the calculable capacitor;
- unique travelling or reference standards in electricity (Josephson junctions and quantum Hall effect systems);
- the reference chambers and facilities for ionizing radiation and radioactivity; and
- maintaining the international prototype of the kilogram and a watt balance.

In addition, we aim to be well informed and at the forefront of the latest metrological techniques so that we can meet the comparison needs of NMIs from Member States.*

b) “Mandated” activities

These are normally conferred through Resolutions of the CGPM or decisions of the CIPM. They include the responsibility of the Metre Convention to conserve the kilogram and carry out comparisons necessary to assure the uniformity of measures throughout the world (Article 6 of the Metre Convention, 1875) and the BIPM's role in computing TAI (and UTC) (18th CGPM, Resolution 3, 1987).

c) Greater value for money or better scientific value than can be provided solely through national activities.

In principle, shared cost facilities provide better direct value for money than an ensemble of individual similar investments. However if that was the only criterion, the role of individual NMIs would be questionable. Of course, the distinctive value of the contributions made by NMIs derives from their ability to provide local access to the SI, to transfer metrology

*The BIPM website now contains information on the services provided to each Member State.

technology and to provide support to national industrial and scientific policies; roles that fall outside the mandate of the BIPM.

Examples of where the general principle of better scientific value holds for work conducted at the BIPM include:

- coordination of major projects such as the International Avogadro Consortium;
- management of networks such as the organic chemistry programme of comparisons;
- provision of travelling standards that can be used to compare the performance of sophisticated national realizations of the SI such as Josephson or quantum Hall electrical standards, the SIR, travelling time receivers and femtosecond laser combs; and
- piloting certain key comparisons.

d) A limited and selected range of calibration services.

The Metre Convention (Articles 6 and 7, 1875) commits the BIPM to provide calibrations to NMIs in Member States. Initially there were relatively few NMIs, and a majority of Member States wanted the BIPM to provide a full range of realizations of the Metric System or internationally agreed reference facilities for all to use. Today, we still provide many such essential services to the Member States, although the range of activities is much smaller. Our current realizations of the SI for purposes of calibration include: UTC, the kilogram, the SIR and various radiation reference chambers and systems, and the “BIPM 4” reference stabilized laser. In addition, other calibration services are available as a spin-off from work aimed at meeting other scientific criteria.

In recent years, there has been greater change in the provision of calibration services than in other scientific activities at the BIPM. These services are regularly reviewed to determine if nationally-based alternatives are available to all beneficiaries. Based on our scientific resources and the pattern of demand by Member States, new calibration services are introduced and existing ones closed. Although these calibration initiation/cessation decisions can be contentious, as smaller NMIs typically rely more on our calibration services than do the larger NMIs, we strive to maintain a balance that benefits all our Member States.

e) Front-line research.

This includes a number of projects where the BIPM has the capability of making a unique or special contribution within its modest resources. The BIPM currently sustains four or five such projects at any one time. Not all scientific sections would be able to mount projects in this category at the same time, but all sections should have a lively, user-relevant research base which aims at projects that can maintain and improve current facilities and capabilities, or stimulate or facilitate national work at NMIs of Member States.

Ideally, projects in this category would be for secondments from, or collaborations with, NMIs of Member States. Examples of such projects, drawn from past and current work include, include: the analysis of voltage noise using Allan variance techniques, measurement of the density and argon content of air, Monte Carlo work on the modelling of reference chambers and detectors in ionizing radiation, the calculable capacitor, evaluation of frequency comb performance, and the watt balance.

Largely as a result of these programmes, the scientific staff of the BIPM have a publication rate in refereed journals comparable to that of the technical staff at other research-intensive NMIs. For example, in 2004 there were fifty-seven published papers and reports authored by twenty scientific staff members, including seventeen BIPM reports.

4.2 Coordination and international collaboration

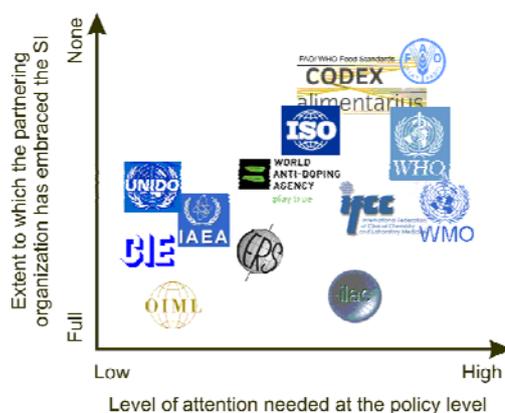
In our increasingly global community, it is tempting to initiate international collaborations with those who see value in our products and seek our help. However, our limited resources allow us to support only those projects deemed to have the potential to deliver the greatest impact to the Member States. Whether or not the BIPM commits to any specific activity depends, of course, on the current priority attached to it by the Member States, and on the extent to which only the BIPM, rather than an individual NMI, can create the desired relationship.

The priorities for this type of work will, in general, change more rapidly than the priorities which we attach to our scientific activities. The BIPM's general approach to coordination and international collaborative work is determined by:

- The degree of impact likely to result from sustained effort.
- The degree to which the BIPM's efforts create an opportunity for a major expansion of the uptake of the SI or the development of traceability in a new application area.
- The extent to which the partnering organization has already committed itself to the aims and objectives of the Metre Convention.
- Whether, once an initial opening has been created, the work can be taken up by the partnering organization or by groups of NMIs; for example, the RMOs.
- Political considerations and the expressed wishes of the CGPM.

Once a partnering organization is committed to work with the Metre Convention and BIPM, then, in general, these contacts become routine and technical rather than exercises in "policy creation". This does not mean that they are less important, simply that they require less high-profile effort to sustain.

Rather than analyse the work needed by all the key organizations with which we interact, the following figure gives a general view of how we currently see the state of our relations with some of them.



5 Work in connection with Consultative and Joint Committees

This type of work is driven by the requirements of members of the Committees. It is a core activity of the BIPM and one of our major reasons for existing. Throughout the year, our staff are engaged in the organization and execution of meetings, workshops, and Working Group sessions which empower the CCs to perform their functions on behalf of the CIPM. These activities draw on BIPM resources, thus reducing the availability of our staff for other activities.

6 Balancing the needs

The administrative work of the BIPM in connection with international collaborations and Consultative Committees has increased enormously over the last five years, which have seen more meetings, more Working Groups and workshops, and a growth in the time required to build and sustain cooperation. We have also initiated work in new scientific areas, largely those connected to collaboration with organizations with interests in, and responsibilities for, a range of topics in chemical metrology. In addition, we have learned that we cannot ignore the activities of organizations such as ISO whose output has direct consequences on our activities and those of the Member States. For example, recent experience with ISO standard 17011 has demonstrated the importance of keeping a close watch on developments in certain key committees – in which metrologists and NMIs of Member States are under-represented – whose work has a tremendous impact on metrology.

In general, the CGPM and, in particular, the views of delegations from the larger Member States, have stressed the importance of high-level coordination in the execution of our activities. Our level of response has inevitably reduced the resources available for the scientific work of the BIPM, particularly at a senior level. On the other hand, the Consultative Committees continually press for more scientific work at the BIPM, as seen in recent meetings of the CCL, the CCEM

and the CCRI, which stressed the value of specific areas of science and have advocated their expansion within the BIPM portfolio.

We are continually readjusting programmes to take account of small changes in priorities where this can be done without a major adjustment to budgets. Looking more broadly, wider reprioritization led to the closure of the Photometry and Radiometry section and the reduction in overall effort in the Length section to make way for additional chemical work. These highly visible effects have not, however, been the only casualties of resource limitations: staff retiring from the Ionizing Radiation, Mass, Time and Electricity sections have rarely been replaced. Cuts might go inadvertently too far, possibly placing at risk a major BIPM competence. For example, recently, the CCEM expressed concerns that even a basic programme in electrical metrology could not be realized with past and future planned reductions, especially in light of the diversion of resources to the watt balance and the calculable capacitor projects. The bureau of the CIPM has responded to these concerns by agreeing to the recruitment of one additional staff member to the section.

Inevitably therefore, a degree of pragmatism has to be exercised and the job of the Director and the Heads of Section – in conjunction with the bureau and the CIPM – is to adjust resources to deal with the ever-changing demands imposed on the BIPM. The new system of annual staff targets and objectives, initiated two to three years ago, is helping direct the efforts of our staff towards targets set by their Heads of Section which themselves are compatible with the broad priorities and directions set by the ten-year work plans.

Activities (A) and projects (P) proposed for support

Mass section

- M-A1 Mass comparisons for NMIs and in support of the BIPM's own needs
- M-A2 Improved mass metrology at the 1 kg level
- M-A3 Provision of national prototypes to Member States
- M-A4 Coordination activities
- M-P1 Maintenance of 1 kg artefacts
- M-P1A Maintenance of a facility for comparison of 1 kg artefacts under vacuum or inert atmosphere
- M-P1B Maintenance of an international group of approximately twelve 1 kg artefacts to be maintained under an inert atmosphere
- W-A1 Watt balance programme

Time, Frequency and Gravimetry section

- T-A1 Frequency accuracy of TAI
- T-A2 Coordination, knowledge and technology transfer projects
- T-A3 Calibration campaigns
- T-A4 Internal services
- T-A5 Liaison activities
- OF-A1 Coordination projects
- OF-A2 Iodine cell service
- OF-P1 Optical clocks
- G-A1 Gravimetry

Electricity section

- E-A1 Maintenance of a representation of the volt, international comparisons and calibrations
- E-A2 Maintenance of a representation of the ohm, international comparisons and calibrations
- E-A3 Capacitance standards derived from the quantized Hall resistance
- E-A4 Calculable capacitor
- E-A5 Coordination

Ionizing Radiation section

- RI-A1 Dosimetry
- RI-A2 Radionuclides
- RI-A3 Technology and knowledge transfer activities
- RI-A4 Coordination
- RI-P1 A megavoltage X-ray and electron beam facility for adsorbed dose standards

Chemistry section

- C-A1 Ground-level ozone reference standard programme
- C-A2 Primary gas standards and high-accuracy methods for gas standard comparisons
- C-A3 Organic primary calibrator facility
- C-A4
- C-A5 Coordination, technology transfer and liaison
- C-A6
- C-P1 High-accuracy facilities and comparisons for air quality and global climate change gases
- C-P2 International comparison of nitrogen dioxide gas standards
- C-P3 Ozone absorption cross-section measurement
- C-P4 Comparisons of primary references for organic analysis
- C-P5 Liaison with national and international bodies and intergovernmental organizations with activities in metrology in bioanalysis.

Liste des sigles utilisés dans le présent volume
List of acronyms used in the present volume

1 Sigles des laboratoires, commissions et conférences*
Acronyms for laboratories, committees and conferences

ACQHR	CCEM Working Group on ac Measurements of the Quantum Hall Resistance
AHWGV	<i>Ad Hoc</i> Working Group on Viscosity
AIEA/IAEA	Agence internationale de l'énergie atomique/International Atomic Energy Agency
AIST	Agency of Industrial Science and Technology, Tokyo et Tsukuba (Japon)
AMA/WADA	Agence mondiale antidopage/World Anti-Doping Agency
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
APMP	Asia/Pacific Metrology Programme
AQSIQ	Bureau d'État de la supervision de la qualité, de l'inspection et de la quarantaine, Beijing (Chine)
ASTM	American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, PA (États-Unis)
BelGIM	Institut national de métrologie bélarussien, Minsk (Biélarus)
BEV	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Vienne (Autriche)
BIML	Bureau international de métrologie légale
BIPM	Bureau international des poids et mesures/International Bureau of Weights and Measures
BmWA	Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten, Vienne (Autriche)
BNM	Bureau national de métrologie, Paris (France)
BNM-SYRTE	Bureau national de métrologie, Systèmes de Référence Temps Espace, Observatoire de Paris (France)
BRML	Bureau roumain de la métrologie légale, Bucarest (Roumanie)
CARICOM	Caribbean Community
CARIMET	Coopération métrologique des Caraïbes/Caribbean Institute of Metrology
CC	Comité consultatif du CIPM/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
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées/Consultative Committee for Mass and Related Quantities
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

* Les laboratoires ou organisations marqués d'un astérisque soit n'existent plus soit figurent sous un autre sigle./Organizations marked with an asterisk either no longer exist or operate under a different acronym.

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
CEI/IEC	Commission électrotechnique internationale/International Electrotechnical Commission
CEM	Centro Español de Metrología, Madrid (Espagne)
CENAM	Centro Nacional de Metrología, Mexico (Mexique)
CGPM	Conférence générale des poids et mesures/General Conference on Weights and Measures
CIE	Commission internationale de l'éclairage/International Commission on Illumination
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medio-ambientales y Tecnológicas, Madrid (Espagne)
CIML	Comité international de métrologie légale
CIPM	Comité international des poids et mesures/International Committee for Weights and Measures
CITAC	Cooperation on International Traceability in Analytical Chemistry
CMI	Český Metrologický Institut/Czech Metrological Institute, Prague et Brno (Rép. tchèque)
CMS/ITRI	Centre for Measurement Standards of the Industrial Technology Research Institute, Hsinchu (Taiwan)
CNR	Consiglio Nazionale delle Ricerche, Turin (Italie)
CODATA	Committee on Data for Science and Technology
Codex Alimentarius Commission:	Commission créée par la FAO et l'OMS
COOMET	Coopération métrologique entre les États d'Europe centrale/Cooperation in Metrology among the Central European Countries
CPEM	Conference on Precision Electromagnetic Measurements
CSIR-NML	Council for Scientific and Industrial Research, National Metrology Laboratory, Pretoria (Afrique du Sud)
DCSMS	State Enterprise "Transcarpathian Regional Standardization, Metrology and Certification Center", Uzhgorod (Ukraine)
DFM	Danish Institute of Fundamental Metrology, Lyngby (Danemark)
ENEA	Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Rome (Italie)
ENEA-INMRI	Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti, Rome (Italie)
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture/Food and Agricultural Organization of the United Nations
GAW	<i>voir</i> OMM-WMO/GAW
GT-RF	Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences du CCEM/ CCEM Working Group on Radiofrequency Quantities
GUM	Glówny Urząd Miar/Central Office of Measures, Varsovie (Pologne)
HUT	Helsinki University of Technology, Helsinki (Finlande)
IAEA*	<i>voir</i> AIEA
IAF	International Accreditation Forum
IATA	International Air Transport Association
IAU*	<i>voir</i> UAI
ICAG	International Comparison of Absolute Gravimeters

ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
IEC*	<i>voir</i> CEI
IEN	Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Turin (Italie)
IERS	Service international de la rotation terrestre et des systèmes de référence/International Earth Rotation and Reference Systems Service
IFAN	International Federation of Standards Users
IFIA	International Federation of Inspection Agencies
IFCC	Fédération internationale de chimie clinique et médecine de laboratoire/ International Federation of Clinical Chemistry and Laboratory Medicine
IGS	International GPS Service for Geodynamics
ILAC	International Laboratory Accreditation Cooperation
ILP	Institute of Laser Physics, Académie des sciences de Russie, Novosibirsk et Saint-Petersbourg (Féd. de Russie)
IMGC	Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Turin (Italie)
IMGC-CNR	Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Turin (Italie)
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Rio de Janeiro (Brésil)
INPL	National Physical Laboratory of Israel, Jérusalem (Israël)
INTI	Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires (Argentine)
IOMP	International Organization for Medical Physics
IOPP	Institute of Physics Publishing, Londres (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord)
IPC	International Program Committee
IPQ	Instituto Português da Qualidade, Lisbonne (Portugal)
IQNet	International Certification Network
IRMM	Institut des matériaux et mesures de référence, Commission européenne/Institute for Reference Materials and Measurements, European Commission
ISO	Organisation internationale de normalisation/International Organization for Standardization
ISO CASCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour l'évaluation de la conformité/International Organization for Standardization, Committee on Conformity Assessment
ISO REMCO	Organisation internationale de normalisation, Comité pour les matériaux de référence/International Organization for Standardization, Committee on Reference Materials
ITU*	<i>voir</i> UIT
IUGG*	<i>voir</i> UGGI
IUPAC*	<i>voir</i> UICPA
IUPAP*	<i>voir</i> UIPPA
JACR	Japanese Association of Cardiac Rehabilitation, Tokyo (Japon)
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 on Traceability in Laboratory Medicine
JV	Justervesenet, Oslo (Norvège)
KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon (Rép. de Corée)
LAMA	Laboratoire de Mathématiques du CNRS, Le Bourget (France)
LGC	Laboratory of the Government Chemist, Teddington (Royaume-Uni de Grande- Bretagne et d'Irlande du Nord)
LNE	Bureau national de métrologie et d'essais, Paris (France)
LNMC	Latvijas Nacionālais Metroloģijas Centrs, Riga (Lettonie)
MAA	Arrangement mutuel d'acceptation de l'OIML des résultats d'essais d'approbation type/OIML Mutual Acceptance Arrangement for the recognition of type-approval test results
MePWG	Groupe de travail du CCL sur la mise en pratique/CCL Working Group on the <i>Mise en Pratique</i>
METAS	Office fédéral de métrologie et d'accréditation, Wabern (Suisse)
METI	Ministère de l'Économie, du Commerce et de l'Industrie, Tokyo (Japon)
MIKES	Mittatekniikan Keskus/Centre for Metrology and Accreditation, Helsinki (Finlande)
MIRS	Institut de métrologie de la République de Slovénie, Ljubljana (Slovénie)
MIT	Massachusetts Institute of Technology, Cambridge MA (États-Unis)
MoU	Protocole d'accord/Memorandum of Understanding
MRA	Arrangement de reconnaissance mutuelle du CIPM/CIPM Mutual Recognition Arrangement
MSL	Measurement Standards Laboratory of New Zealand, Lower Hutt (Nouvelle-Zélande)
NAB	National Accreditation Body
NAFTA	North American Free Trade Agreement
NCM	National Centre of Metrology, Sofia (Bulgarie)
NCSL	International Conference of Standards Laboratories
NIM	National Institute of Metrology, Beijing (Chine)
NIMT	National Institute of Metrology of Thailand, Bangkok (Thaïlande)
NIS	National Institute for Standards, Le Caire (Égypte)
NIST	National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg MD (États-Unis)
NMi VSL	Nederlands Meetinstituut, Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas)
NMI	National Metrology Institute
NMIJ/AIST	National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba (Japon)
NML CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, National Measurement Laboratory, Lindfield (Australie)
NML	<i>voir CSIR</i>
NPL	National Physical Laboratory, Teddington (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord)
NPLI	National Physical Laboratory of India, New Delhi (Inde)
NRC	Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Canada)
NRC-IENM/-INMS	Conseil national de recherches du Canada, Institut des étalons nationaux de mesure/National Research Council of Canada, Institute for National Measurement Standards, Ottawa (Canada)
OIML	Organisation internationale de métrologie légale

OMC/WTO	Organisation mondiale du commerce/World Trade Organization
OMH	Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest (Hongrie)
OMM/GAW	Organisation météorologique mondiale, Programme de la veille de l'atmosphère globale/World Meteorological Organization, Global Atmosphere Watch programme
OMM/WMO	Organisation météorologique mondiale/World Meteorological Organization
OMS/WHO	Organisation mondiale de la santé/World Health Organization
ORB	Observatoire Royal de Belgique, Bruxelles (Belgique)
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig et Berlin (Allemagne)
RCMAM	Groupe de travail de l'UAI sur la relativité en mécanique céleste, en astrométrie et dans le domaine de la métrologie/ IAU Working Group on Relativity for Celestial Mechanics, Astrometry and for Metrology
REGMET	Project for Improving Dialogue between EU Regulatory Bodies and National Measurement Institutes
RMO	Regional Metrology Organization
SADCMET	Southern African Development Community Cooperation in Measurement Traceability
SAMTS	State Agency for Metrology and Technical Surveillance, Sofia (Bulgarie)
SCL	Standards and Calibration Laboratory (Hong Kong)
SIM	Système interaméricain de métrologie/Sistema Interamericano de Metrología
SIRIM	Standards and Industrial Research Institute, Shah Alam (Malaisie)
SIS	Swedish Standards Institute, Stockholm (Suède)
SLM	Slovak Legal Metrology, Banská Bystrica (Slovaquie)
SMU	Slovenský Metrologický Ústav/Slovak Institute of Metrology, Bratislava (Slovaquie)
SP	SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut/Swedish National Testing and Research Institute, Borås (Suède)
SPIE	International Society for Optical Engineering
SPRING	Standards, Productivity and Innovation Board, Singapour (Singapour)
SSDL	Laboratoires secondaires de dosimétrie de l'AIEA/Secondary Standards Dosimetry Laboratories of the IAEA, voir AIEA
SYRTE*	Systèmes de Référence Temps Espace, voir BNM
TUD	Technical University of Denmark, Lyngby (Danemark)
UAI/IAU	Union astronomique internationale/International Astronomical Union
UGGI/IUGG	Union géodésique et géophysique internationale/International Union of Geodesy and Geophysics
UICPA/IUPAC	Union internationale de chimie pure et appliquée/International Union of Pure and Applied Chemistry
UILI	Union Internationale des Laboratoires Indépendants/International Union of Independent Laboratories
UIT/ITU	Union internationale des radiocommunications/International Telecommunication Union
UME	Ulusal Metroloji Enstitüsü/National Metrology Institute, Marmara Research Centre, Gebze-Kocaeli (Turquie)
UN	Nations unies/United Nations
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization
UNMS SR	Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky/Slovak Office of Standards, Metrology and Testing, Bratislava (Slovaquie)
URSI	Union radioscopifique internationale/International Union of Radio Science

USNO	U.S. Naval Observatory, Washington DC (États-Unis)
VNIIFTRI	All-Russian Research Institute for Physical, Technical and Radiophysical Measurements, Gosstandart of Russia, Moscou (Féd. de Russie)
VNIIM	Institut de métrologie D.I. Mendéléev/D.I. Mendeleev Institute for Metrology, Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie)
VNIIMS	Russian Research Institute for Metrological Service of Gosstandart of Russia, Moscou (Féd. de Russie)
VNIOFI	Institut des mesures en optique physique, Gosstandart de Russie, Moscou (Féd. de Russie)
VSL*	Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas), <i>voir</i> NMi
VTT	Centre for Metrology and Accreditation, Technical Research Centre of Finland, Espoo (Finlande)
WADA	<i>voir</i> AMA
WGDM	Groupe de travail du CCL sur la métrologie dimensionnelle/CCL Working Group on Dimensional Metrology
WGKC	Working Group on Key Comparisons
WGLF	CCEM Working Group on Low-Frequency Quantities
WHO*	<i>voir</i> OMS
WMO*	<i>voir</i> OMM
WTO*	<i>voir</i> OMC
WTO/TBT	Organisation mondiale du commerce, Comité sur les obstacles techniques au commerce/World Trade Organization, Technical Barriers to Trade Committee
ZMDM	Bureau des mesures et métaux précieux/Bureau of Measures and Precious Metals, Belgrade (Serbie-et-Monténégro)

2 Sigles des termes scientifiques Acronyms for scientific terms

ACES	Atomic Clock Ensemble in Space
ADN/DNA	Acide désoxyribonucléique/Deoxyribonucleic acid
ARN/RNA	Acide ribonucléique/Ribonucleic acid
AUV	Acoustics, Ultrasound and Vibration
CMC	Possibilités en matière de mesures et d'étalonnages/Calibration and Measurement Capabilities
CMM	Machine à mesurer les coordonnées/Coordinate Measuring Machine
COUNT	Projet de recherche de l'Union Européenne en électricité/Research project supported by the European Commission "Counting Electrons One by One: Measurement of Very Small Electrical Currents"
CRM	Certified Reference Material
DNA	<i>voir</i> ADN
EIPT-48/IPTS-48	Échelle internationale pratique de température de 1948/International Practical Temperature Scale of 1948
EIT-68/ITS-68	Échelle internationale de température de 1968/International Temperature Scale of 1968
EIT-90/ITS-90	Échelle internationale de température de 1990/International Temperature Scale of 1990
EPBT-2000/PLTS-2000	Échelle pratique de température de 1990/International Temperature Scale of 2000

EPT-76	Échelle pratique de température de 1976/Practical Temperature Scale of 1976
FTIR	Fourier Transform Infrared Technique
GDP	Gross Domestic Product
GLONASS	Global Navigation Satellite System
GMO	<i>voir</i> OGM
GPS	Global Positioning System
GUM	Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure/Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement
IPTS-48	<i>voir</i> EIPT-48
ISQ	Système international de grandeurs/International System of Quantities
ITS-68	<i>voir</i> EIT-68
ITS-90	<i>voir</i> EIT-90
IVD	Diagnostic <i>in vitro</i> /In Vitro Diagnostic
KCDB	Base de données du BIPM sur les comparaisons clés/ BIPM Key Comparison Database
KCRV	Valeur de référence de la comparaison clé/Key Comparison Reference Value
NMR	Résonance magnétique nucléaire/Nuclear Magnetic Resonance
OGM/GMO	Organisme génétiquement modifié/Genetically Modified Organism
PHARAO	Projet d'horloge atomique à refroidissement d'atomes en orbite
PLTS-2000	<i>voir</i> EPTB 2000
QHR	Résistance de Hall quantifiée/Quantum Hall Resistance
RNA	<i>voir</i> ARN
SET	Effet tunnel monoélectronique/Single Electron Tunnelling
SI	Système international d'unités/International System of Units
SIR	Système international de référence/International Reference System
SMOW	Standard Mean Ocean Water
SPRT	Thermomètre à résistance de platine étalon/Standard Platinum Resistance Thermometer
TAI	Temps atomique international/International Atomic Time
TWSTFT	Comparaison de temps et de fréquence par aller et retour sur satellite/Two-way Satellite Time and Frequency Transfer
UTC	Temps universel coordonné/Coordinated Universal Time
UV	Ultraviolet
VIM	Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie/International Vocabulary of Basic and General Terms in Metrology
VUV	Ultraviolet dans le vide/Vacuum Ultraviolet