

**Bureau international des poids et mesures**

**Comité consultatif  
pour la masse  
et les grandeurs  
apparentées (CCM)**

8<sup>e</sup> session (mai 2002)

Note sur l'utilisation du texte anglais (*voir* page 51)

Afin de mieux faire connaître ses travaux, le Comité international des poids et mesures publie une version en anglais de ses rapports.

Le lecteur doit cependant noter que le rapport officiel est toujours celui qui est rédigé en français. C'est le texte français qui fait autorité si une référence est nécessaire ou s'il y a doute sur l'interprétation.

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

Conception graphique :  
Monika Jost

Imprimé par : Stedi, Paris

ISSN 1016-3778  
ISBN 92-822-2195-4

## TABLE DES MATIÈRES

Photographie des participants à la 8<sup>e</sup> session du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées **2**

États membres de la Convention du Mètre et associés à la Conférence générale **7**

Le BIPM et la Convention du Mètre **9**

Liste des membres du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées **13**

**Rapport au Comité international des poids et mesures**, par I. Severn **15**

Ordre du jour **16**

1 Ouverture de la session ; approbation de l'ordre du jour ; désignation d'un rapporteur **19**

2 Rapports des groupes de travail sur la masse et la masse volumique **20**

2.1 Étalons de masse **20**

2.2 Masse volumique **21**

3 Rapport du Groupe de travail sur la force **22**

4 Rapports des groupes de travail sur les pressions **22**

4.1 Hautes pressions **22**

4.2 Moyennes pressions **24**

4.3 Basses pressions **24**

4.4 Réunion commune des groupes de travail sur les pressions **26**

5 Rapport du Groupe de travail sur la gravimétrie **26**

6 Rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro et progrès des autres travaux sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme **28**

6.1 Rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro **28**

6.2 Progrès des autres travaux sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme **28**

6.2.1 Balance de tension **28**

6.2.2 Lévitatie magnétique **28**

6.2.3 Dépôt d'ions **29**

6.2.4 Balance du watt **29**

7 Rapport du Groupe de travail sur la dureté **30**

8 Rapport du Groupe de travail sur les mesures de débit de fluide **31**

- 9 Rapport du Groupe de travail *ad hoc* sur la viscosité **32**
- 10 Les comparaisons clés du CCM **32**
  - 10.1 Présentation de la base de données **32**
  - 10.2 Examen des comparaisons clés du CCM **33**
  - 10.3 Discussion du document sur les formalités à accomplir pour les comparaisons clés du CCM **34**
- 11 Activités des organisations régionales de métrologie et du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB) concernant les comités techniques dans le domaine des masses **34**
  - 11.1 Les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et l'état d'avancement des CMCs **34**
    - 11.1.1 Activités de l'APMP **35**
    - 11.1.2 Activités de COOMET **35**
    - 11.1.3 Activités de SADC MET **36**
    - 11.1.4 Activités de l'EUROMET **36**
    - 11.1.5 Activités du SIM **37**
  - 11.2 Approbation des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie **37**
  - 11.3 Nouvelles du JCRB **38**
- 12 Activités au BIPM **38**
- 13 Composition et présidence des groupes de travail **39**
  - 13.1 Composition des groupes de travail **39**
  - 13.2 Changements de présidents **40**
- 14 Questions diverses **40**
  - 14.1 Proposition de sites Web **40**
  - 14.2 Numéro spécial de *Metrologia* **40**
  - 14.3 Question du transport des étalons de transfert **40**
  - 14.4 Date de la prochaine session **41**

**Annexe M 1.** Documents de travail présentés à la 8<sup>e</sup> session du CCM **43**

**Liste des sigles utilisés dans le présent volume 45**

**ÉTATS MEMBRES DE LA CONVENTION DU MÈTRE  
ET ASSOCIÉS À LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE**

au 23 mai 2002

**États membres de la Convention du Mètre**

Afrique du Sud	Irlande
Allemagne	Israël
Argentine	Italie
Australie	Japon
Autriche	Malaisie
Belgique	Mexique
Brésil	Norvège
Bulgarie	Nouvelle-Zélande
Cameroun	Pakistan
Canada	Pays-Bas
Chili	Pologne
Chine	Portugal
Corée (Rép. de)	Roumanie
Corée (Rép. pop. dém. de)	Royaume-Uni
Danemark	Russie (Féd. de)
Dominicaine (Rép.)	Singapour
Égypte	Slovaquie
Espagne	Suède
États-Unis	Suisse
Finlande	Tchèque (Rép.)
France	Thaïlande
Grèce	Turquie
Hongrie	Uruguay
Inde	Venezuela
Indonésie	Yougoslavie
Iran (Rép. islamique d')	

**Associés à la Conférence générale**

Cuba	Lituanie
Équateur	Malte
Hong Kong, Chine	Taipei chinois
Lettonie	

## **LE BIPM ET LA CONVENTION DU MÈTRE**

Le Bureau international des poids et mesures (BIPM) a été créé par la Convention du Mètre signée à Paris le 20 mai 1875 par dix-sept États, lors de la dernière séance de la Conférence diplomatique du Mètre. Cette Convention a été modifiée en 1921.

Le Bureau international a son siège près de Paris, dans le domaine (43 520 m<sup>2</sup>) du Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) mis à sa disposition par le Gouvernement français ; son entretien est assuré à frais communs par les États membres de la Convention du Mètre.

Le Bureau international a pour mission d'assurer l'unification mondiale des mesures physiques ; il est donc chargé :

- d'établir les étalons fondamentaux et les échelles pour la mesure des principales grandeurs physiques et de conserver les prototypes internationaux ;
- d'effectuer la comparaison des étalons nationaux et internationaux ;
- d'assurer la coordination des techniques de mesure correspondantes ;
- d'effectuer et de coordonner les mesures des constantes physiques fondamentales qui interviennent dans les activités ci-dessus.

Le Bureau international fonctionne sous la surveillance exclusive du Comité international des poids et mesures (CIPM), placé lui-même sous l'autorité de la Conférence générale des poids et mesures (CGPM) à laquelle il présente son rapport sur les travaux accomplis par le Bureau international.

La Conférence générale rassemble des délégués de tous les États membres de la Convention du Mètre et se réunit actuellement tous les quatre ans dans le but :

- de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour assurer la propagation et le perfectionnement du Système international d'unités (SI), forme moderne du Système métrique ;
- de sanctionner les résultats des nouvelles déterminations métrologiques fondamentales et d'adopter les diverses résolutions scientifiques de portée internationale ;
- d'adopter toutes les décisions importantes concernant la dotation, l'organisation et le développement du Bureau international.

Le Comité international comprend dix-huit membres appartenant à des États différents ; il se réunit actuellement tous les ans. Le bureau de ce Comité adresse aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre un rapport annuel sur la situation administrative et financière du Bureau international. La principale mission du Comité international est d'assurer l'unification mondiale des unités de mesure, en agissant directement, ou en soumettant des propositions à la Conférence générale.

Limitées à l'origine aux mesures de longueur et de masse et aux études métrologiques en relation avec ces grandeurs, les activités du Bureau international ont été étendues aux étalons de mesure électriques (1927), photométriques et radiométriques (1937), des rayonnements ionisants (1960), aux échelles de temps (1988) et à la chimie (2000). Dans ce but, un agrandissement des premiers laboratoires construits en 1876-1878 a eu lieu en 1929 ; de nouveaux bâtiments ont été construits en 1963-1964 pour les laboratoires de la section des rayonnements ionisants, en 1984 pour le travail sur les lasers, en 1988 pour la bibliothèque et des bureaux, et en 2001 a été inauguré un bâtiment pour l'atelier, des bureaux et des salles de réunion.

Environ quarante-cinq physiciens et techniciens travaillent dans les laboratoires du Bureau international. Ils y font principalement des recherches métrologiques, des comparaisons internationales des réalisations des unités et des vérifications d'étalons. Ces travaux font l'objet d'un rapport annuel détaillé qui est publié dans le *Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures*.

Devant l'extension des tâches confiées au Bureau international en 1927, le Comité international a institué, sous le nom de Comités consultatifs, des organes destinés à le renseigner sur les questions qu'il soumet, pour avis, à leur examen. Ces Comités consultatifs, qui peuvent créer des groupes de travail temporaires ou permanents pour l'étude de sujets particuliers, sont chargés de coordonner les travaux internationaux effectués dans leurs domaines respectifs et de proposer au Comité international des recommandations concernant les unités.

Les Comités consultatifs ont un règlement commun (*BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1963, **31**, 97). Ils tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers. Le président de chaque Comité consultatif est désigné par le Comité international ; il est généralement membre du Comité international. Les Comités consultatifs ont pour membres des laboratoires de métrologie et des instituts spécialisés, dont la liste est établie par le Comité international, qui envoient des délégués de leur choix. Ils comprennent aussi des membres nominativement désignés par le Comité international, et un

représentant du Bureau international (Critères pour être membre des Comités consultatifs, *BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1996, **64**, 6). Ces Comités sont actuellement au nombre de dix :

1. le Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif d'électricité (CCE) créé en 1927 ;
2. le Comité consultatif de photométrie et radiométrie (CCPR), nouveau nom donné en 1971 au Comité consultatif de photométrie (CCP) créé en 1933 (de 1930 à 1933 le CCE s'est occupé des questions de photométrie) ;
3. le Comité consultatif de thermométrie (CCT), créé en 1937 ;
4. le Comité consultatif des longueurs (CCL), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour la définition du mètre (CCDM) créé en 1952 ;
5. le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour la définition de la seconde (CCDS) créé en 1956 ;
6. le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants (CCEMRI) créé en 1958 (en 1969, ce Comité consultatif a institué quatre sections : Section I (Rayons x et  $\gamma$ , électrons), Section II (Mesure des radionucléides), Section III (Mesures neutroniques), Section IV (Étalons d'énergie  $\alpha$ ) ; cette dernière section a été dissoute en 1975, son domaine d'activité étant confié à la Section II) ;
7. le Comité consultatif des unités (CCU), créé en 1964 (ce Comité consultatif a remplacé la « Commission du système d'unités » instituée par le Comité international en 1954) ;
8. le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), créé en 1980 ;
9. le Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie (CCQM), créé en 1993 ;
10. le Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV), créé en 1999.

Les travaux de la Conférence générale, du Comité international et des Comités consultatifs sont publiés par les soins du Bureau international dans les collections suivantes :

- *Comptes rendus des séances de la Conférence générale des poids et mesures* ;

- *Procès-verbaux des séances du Comité international des poids et mesures ;*
- *Rapports des sessions des Comités consultatifs.*

Le Bureau international publie aussi des monographies sur des sujets métrologiques particuliers et, sous le titre *Le Système international d'unités (SI)*, une brochure remise à jour périodiquement qui rassemble toutes les décisions et recommandations concernant les unités.

La collection des *Travaux et mémoires du Bureau international des poids et mesures* (22 tomes publiés de 1881 à 1966) a été arrêtée par décision du Comité international, de même que le *Recueil de travaux du Bureau international des poids et mesures* (11 volumes publiés de 1966 à 1988).

Les travaux du Bureau international font l'objet de publications dans des journaux scientifiques ; une liste en est donnée chaque année dans le *Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau international des poids et mesures*.

Depuis 1965 la revue internationale *Metrologia*, éditée sous les auspices du Comité international des poids et mesures, publie des articles sur la métrologie scientifique, sur l'amélioration des méthodes de mesure, les travaux sur les étalons et sur les unités, ainsi que des rapports concernant les activités, les décisions et les recommandations des organes de la Convention du Mètre.

**LISTE DES MEMBRES  
DU COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA MASSE ET  
LES GRANDEURS APPARENTÉES**

au 23 mai 2002

**Président**

M. M. Tanaka, membre du Comité international des poids et mesures,  
National Metrology Institute of Japan, AIST, Tsukuba.

**Secrétaire exécutif**

M. R.S. Davis, Bureau international des poids et mesures [BIPM], Sèvres.

**Membres**

Bureau national de métrologie, Institut national de métrologie [BNM-INM],  
Paris.

Conseil national de recherches du Canada [NRC], Ottawa.

CSIR - National Measurement Laboratory [CSIR-NML], Pretoria.

Glówny Urząd Miar [GUM], Varsovie.

Institut de métrologie D.I. Mendéléev [VNIIM], Gosstandart de Russie,  
Saint-Pétersbourg.

Institut national de métrologie [NIM], Beijing.

Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Consiglio Nazionale delle Ricerche  
[IMGC-CNR], Turin.

Korea Research Institute of Standards and Science [KRISS], Daejeon.

National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg.

National Measurement Laboratory, CSIRO [NML CSIRO], Lindfield.

National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced  
Industrial Science and Technology [NMIJ/AIST], Tsukuba.

National Physical Laboratory [NPL], Teddington.

Nederlands Meetinstituut, Van Swinden Laboratorium [NMi VSL], Delft.

Office fédéral de métrologie et d'accréditation [METAS], Bern-Wabern.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig.

Slovenský Metrologický Ústav [SMU], Bratislava.

Swedish National Testing and Research Institute [SP], Borås.

Le directeur du Bureau international des poids et mesures [BIPM], Sèvres.

### **Observateurs**

Centro Español de Metrología [CEM], Madrid.

Centro Nacional de Metrología [CENAM], Querétaro.

National Physical Laboratory of India [NPLI], New Delhi.

Ulusal Metroloji Enstitüsü/National Metrology Institute of Turkey [UME],  
Gebze-Kocaeli.

**Comité consultatif  
pour la masse et les grandeurs apparentées**

**Rapport de la 8<sup>e</sup> session**

(23-24 mai 2002)

**au Comité international des poids et mesures**

## Ordre du jour

- 1 Ouverture de la session ; approbation de l'ordre du jour ; désignation d'un rapporteur.
- 2 Rapports des groupes de travail sur la masse et la masse volumique :
  - 2.1 Étalons de masse ;
  - 2.2 Masse volumique.
- 3 Rapport du Groupe de travail sur la force.
- 4 Rapports des groupes de travail sur les pressions :
  - 4.1 Hautes pressions ;
  - 4.2 Moyennes pressions ;
  - 4.3 Basses pressions ;
  - 4.4 Réunion commune des groupes de travail sur les pressions.
- 5 Rapport du Groupe de travail sur la gravimétrie.
- 6 Rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro et progrès des autres travaux sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme :
  - 6.1 Rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro ;
  - 6.2 Progrès des autres travaux sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme.
- 7 Rapport du Groupe de travail sur la dureté.
- 8 Rapport du Groupe de travail sur les mesures de débit de fluide.
- 9 Rapport du Groupe de travail *ad hoc* sur la viscosité.
- 10 Les comparaisons clés du CCM :
  - 10.1 Présentation de la base de données ;
  - 10.2 Examen des comparaisons clés du CCM ;
  - 10.3 Discussion du document sur les formalités à accomplir pour les comparaisons clés du CCM.
- 11 Activités des organisations régionales de métrologie et du Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM (JCRB) concernant les comités techniques dans le domaine des masses :
  - 11.1 Les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et l'état d'avancement des CMCs ;

- 11.2 Approbation des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie ;
- 11.3 Nouvelles du JCRB.
- 12 Activités au BIPM.
- 13 Composition et présidence des groupes de travail :
  - 13.1 Composition des groupes de travail ;
  - 13.2 Changements de présidents.
- 14 Questions diverses :
  - 14.1 Proposition de sites Web ;
  - 14.2 Numéro spécial de *Metrologia* ;
  - 14.3 Question du transport des étalons de transfert ;
  - 14.4 Date de la prochaine session.

## **1 OUVERTURE DE LA SESSION ; APPROBATION DE L'ORDRE DU JOUR ; DÉSIGNATION D'UN RAPPORTEUR**

Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) a tenu sa huitième session au Bureau international des poids et mesures (BIPM), à Sèvres, les 23 et 24 mai 2002.

Étaient présents : A.K. Agarwal (NRC), N. Bignell (NML CSIRO), G. Chapman (NRC), N.G. Domostroeva (VNIIM), H. Durlík (GUM), K. Fujii (NMIJ/AIST), A. Germak (IMGC-CNR), M. Gläser (PTB), A. Gosset (BNM-LNE), J. Hjelmgren (SP), Z.J. Jabbour (NIST, SIM), C. Jacques (NRC), M. Lecollinet (BNM-INM), A. Lee (NIST), W.G. Lee (KRISS), P. Leggat (NPL), J.-C. Legras (BNM-LNE), G. Mattingly (NIST), A.P. Müller (NIST), G. Molinar (IMGC-CNR), A. Ooiwa (NMIJ/AIST), L.R. Pendrill (SP), M. Peters (PTB), T.J. Quinn (directeur du BIPM), P. Richard (METAS), I. Severn (NPL), R. Spurný (SMU), M. Tanaka (président du CCM, NMIJ/AIST), I. van Andel (NMI VSL), Wang Chi (NIM), Zhang Yue (NIM).

Observateurs : A.K. Bandyopadhyay (NPLI), L.O. Becerra (CENAM), I. Field (CSIR-NML, SADC MET), I. Hernandez (CENAM), C. Kuzu (UME), M. Matilla Vicente (CEM), M. Patrascioiu (CSIR-NML).

Invités : L. Brito (IPQ), V. Gegevičius (VMT, COOMET), K. Iizuka (NMIJ/AIST), S.M. Lee (SPRING Singapore), V. Loayza (INMETRO), L. Nielsen (DFM, EUROMET), C.M. Sutton (MSL, APMP), M. Takamoto (NMIJ/AIST).

Assistaient aussi à la session : P. Giacomo (directeur honoraire du BIPM) ; M.-J. Coarasa, R.S. Davis (secrétaire exécutif du CCM), H. Fang, C. Goyon-Taillade, A. Picard, C. Thomas, L. Vitouchkine (BIPM).

Excusé : W. Bich (IMGC-CNR).

M. Tanaka, président du CCM, ouvre la session. Les délégués et les autres participants se présentent.

À l'occasion de la récente nomination de M. Quinn à la Royal Society, les participants au CCM se joignent à M. Tanaka pour le féliciter dans les termes suivants : « Les participants à la huitième session du CCM félicitent le directeur du BIPM, M. T.J. Quinn, pour sa nomination comme membre de la Royal Society. Son rôle prééminent dans les domaines de la métrologie et des

sciences a eu des retombées très bénéfiques pour le CCM. Nous sommes donc très heureux, mais pas surpris, que la Royal Society lui ait accordé ce grand honneur. »

L'ordre du jour est approuvé. M. Severn est nommé rapporteur.

## **2 RAPPORTS DES GROUPES DE TRAVAIL SUR LA MASSE ET LA MASSE VOLUMIQUE**

### **2.1 Étalons de masse**

Le Groupe de travail sur les étalons de masse s'est réuni le 22 mai 2002. Dans son rapport au CCM, M. Gläser, président du groupe de travail, fait référence au document CCM/02-05, qui présente les activités des laboratoires membres.

M. Gläser résume les activités de recherche en cours dans les laboratoires membres sur la contamination de surface et la stabilité des étalons de masse : BIPM (ellipsométrie), BNM (effet de mirage et spectrométrie de masse avec thermo-désorption), NIST (étude sur la stabilité des prototypes du kilogramme), NPL (contamination de masses en platine iridié) et SP (spectroscopie de masse d'ions secondaires à mesure de temps de vol). La rugosité de surface est étudiée par le BNM-INM dans le cadre du projet 551 de l'EUROMET, et aussi par le NIM. Des susceptomètres du type de ceux mis au point au BIPM ont été utilisés pour deux comparaisons différentes : l'une entre le BIPM, le METAS, la PTB, le SP et Mettler-Toledo, et une autre comparaison de l'EUROMET dont la PTB est le laboratoire pilote. Des recherches sur les mesures de masse volumique de l'air ont lieu au BIPM, au BNM-INM, au NPL, à la PTB et au SP.

Les comparaisons clés de masses ont bien progressé : la comparaison clé CCM.M-K1 est terminée ; le projet B de rapport de la comparaison clé CCM.M-K2 a été approuvé par les participants ; le projet A de rapport de la comparaison clé CCM.M-K3 est en préparation, de même que les rapports des comparaisons clés CCM.M-K4 et -K5. Le groupe de travail a approuvé une nouvelle périodicité de dix ans pour les comparaisons clés.

## 2.2 Masse volumique

Le Groupe de travail sur la masse volumique s'est réuni le 21 mai 2002. Le président par intérim, M. Fujii, présente un rapport à la réunion. Il fait référence au document CCM/02-10 qui contient un rapport complet sur les activités liées à la masse volumique dans les laboratoires membres.

Cinq des participants (IMGC, KRISS, METAS, NMIJ et PTB) à la comparaison clé CCM.D-K1 ont effectué les mesures. L'envoi des étalons au NRC et au NIST a été retardé en raison de problèmes techniques mais leurs mesures, ainsi que celles de deux autres participants (CEM et CENAM), devraient être terminées avant la fin de 2003.

Les résultats de la comparaison EUROMET.M.D-K1 ont été présentés au groupe de travail, ainsi qu'un résumé de l'état d'avancement du projet 627 de l'EUROMET, qui est une comparaison clé régionale de masse volumique de liquides (EUROMET.M.D-K2). La comparaison clé EUROMET.M.D-K1 sera liée, si c'est réalisable d'un point de vue technique, à la comparaison CCM.D-K1.

Trois nouvelles comparaisons clés sont proposées : CCM.D-K2 (masse volumique de liquides), CCM.D-K3 (masse volumique d'une masse en acier inoxydable) et CCM.D-K4 (hydromètres). Un questionnaire sera envoyé aux participants potentiels à la comparaison clé CCM.D-K2 en 2002 et la comparaison débutera en 2003. Il est discuté des laboratoires qui devraient être invités à participer à la comparaison CCM.D-K2. M. Tanaka dit que le questionnaire devrait être communiqué officiellement à tous les membres du CCM.

Une nouvelle table de la masse volumique de l'eau de mer de référence (Standard Mean Ocean Water, SMOW), dans le domaine compris entre 0 °C et 40 °C, a été préparée par le Groupe sur la masse volumique de l'eau. Après approbation du groupe de travail et du CCM, cette table a été publiée dans *Metrologia* en décembre 2001. Les mesures absolues, faites à la PTB, sur la masse volumique de l'eau de composition isotopique connue ont aussi été présentées au groupe de travail. Ce travail devrait être terminé d'ici deux ans.

Un travail considérable est accompli dans le domaine de la masse volumique de l'air. Des mesures directes par gravimétrie réalisées au BIPM, au NMIJ, au NPL et à la PTB avec des artefacts de masse identique mais de volume différent, montrent une différence systématique par rapport aux résultats obtenus en utilisant la formule approuvée par le Comité international des poids et mesures (CIPM) pour calculer la masse volumique de l'air (*voir*

section 12 ci-dessous). Des mesures de l'indice de réfraction de l'air, liées étroitement aux mesures de la masse volumique de l'air, sont effectuées au BIPM et au SP.

Il est décidé de nommer M. Fujii président du groupe de travail, M. Tanaka, qui remplissait cette fonction auparavant ayant été nommé président du CCM.

### **3 RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL SUR LA FORCE**

Le Groupe de travail sur la force s'est réuni les 15 et 16 octobre 2001 au NIST ; le rapport sur la réunion est présenté dans le document CCM/02-02. Dans sa présentation au CCM, M. Peters, président du groupe de travail, dit que seules les comparaisons clés ont fait l'objet de discussions. Les comparaisons clés sur la force sont fondées sur un programme présenté au CCM en 1999. Le programme a été légèrement modifié et la comparaison à 4 MN (dont le NIST est le laboratoire pilote) commencera en 2002, la comparaison à 100 kN (dont le NPL est le laboratoire pilote) commencera en 2003, et la comparaison à 1 MN (dont la PTB est le laboratoire pilote) en 2004. Toutes les comparaisons clés seront terminées en 2005.

La prochaine réunion du Groupe de travail sur la force se tiendra en Afrique du Sud au printemps 2003. Un projet de comparaison clé de mesures de couple sera alors discuté.

### **4 RAPPORTS DES GROUPES DE TRAVAIL SUR LES PRESSIONS**

#### **4.1 Hautes pressions**

M. Molinar dit que le Groupe de travail sur les hautes pressions s'est réuni au BIPM le 22 mai 2002. Il fait référence au document CCM/02-04 qui présente en détail les activités en cours dans les laboratoires membres : elles

concernent principalement la fabrication de nouveaux étalons et la mise en œuvre de modèles mathématiques.

Lors de la réunion du groupe de travail, les discussions étaient centrées sur les comparaisons clés et la stratégie à venir. Les comparaisons dans le domaine compris entre 1 MPa et 7 MPa (CCM.P-K1.a, -K1.b et -K1.c) avaient déjà été approuvées pour l'équivalence et leurs résultats publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

La comparaison clé EUROMET.M.P-K2 (mesures jusqu'à 4 MPa) a été reliée à la comparaison CCM.P-K1.c ; ses résultats ont été examinés et publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. La comparaison clé EUROMET.M.P-K3 a été divisée en deux : EUROMET.M.P-K3.a (jusqu'à 1 MPa), dont le BNM-LNE est le laboratoire pilote, et EUROMET.M.P-K3.b (jusqu'à 7 MPa), dont le NPL est le laboratoire pilote. Les mesures de ces deux comparaisons sont terminées et les rapports sont en préparation.

La comparaison APMP-IC-2-97, comprenant une comparaison de mesures jusqu'à 105 kPa et une seconde jusqu'à 4 MPa, a été examinée. Elle sera enregistrée dans la base de données comme deux comparaisons clés distinctes : APMP.M.P-K6 (jusqu'à 105 kPa) et APMP.M.P-K1.c (jusqu'à 4 MPa). Le laboratoire pilote (NPLI) préparera un rapport donnant les degrés d'équivalence et reliant les résultats respectivement aux comparaisons clés du CCM CCM.P-K6 et -K1.c.

La comparaison clé CCM.P-K7, une comparaison dans le domaine des hautes pressions d'huile comprises entre 10 MPa et 100 MPa débutera prochainement. La PTB en sera le laboratoire pilote ; les résultats devraient nous parvenir avant la prochaine session du CCM. La comparaison clé EUROMET.M.P-K4 qui est terminée sera liée à cette comparaison, ainsi que la comparaison SIM.M.P-K7.

Les résultats d'une comparaison bilatérale entre la PTB et le CENAM, pour des pressions allant jusqu'à 100 MPa, seront publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, sous le nom SIM-EUROMET.M.P-BK4. De même, une comparaison trilatérale dans le domaine compris entre 40 MPa et 200 MPa sera considérée comme comparaison clé. Les résultats seront envoyés pour être publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés dès que possible.

Il existe beaucoup d'autres comparaisons plus anciennes au-dessus de 100 MPa. Leurs résultats seront reliés entre eux par le BNM-LNE, qui produira un tableau combiné, résumant les degrés d'équivalence. Celui-ci

sera publié sous l'intitulé « CCM.P-K8 » dans la base de données. Une telle comparaison ne sera pas répétée avant 2008.

Il est décidé que M. Legras du BNM-LNE sera le nouveau président du Groupe de travail sur les hautes pressions, après le départ à la retraite imminent de M. Molinar.

## **4.2 Moyennes pressions**

La présidente par intérim, Mme Leggat du NPL, présente le rapport de la réunion du groupe de travail qui s'est tenue le 21 mai 2002, et fait référence au document CCM-02/06. La réunion du groupe de travail a traité principalement des comparaisons clés.

Le NPL est le laboratoire pilote des comparaisons clés CCM.P-K6 et -K2 de mesures relatives et absolues, respectivement, dans un domaine compris entre 10 kPa et 120 kPa. Les résultats du dernier participant n'ont été reçus que deux jours avant la réunion du groupe de travail, mais les résultats ont été présentés de manière confidentielle aux participants. Les résultats montrent clairement que l'étalon de transfert a eu des problèmes de stabilité et des différences ont été observées entre les mesures en mode relatif et absolu. Le NPL a constaté des problèmes similaires avec des étalons identiques achetés après le début de la comparaison et on en a conclu que l'étalon de transfert n'était probablement pas approprié pour une comparaison de ce type. Il est décidé de ne pas répéter la comparaison avant plusieurs années.

Mme Leggat est nommée présidente du groupe de travail suite au départ à la retraite de M. Simpson.

## **4.3 Basses pressions**

Le Groupe de travail sur les basses pressions s'est réuni le 21 mai 2002. Le président par intérim, M. Miiller du NIST, présente un résumé de la réunion. Les activités du groupe de travail ont été en majeure partie consacrées à trois comparaisons clés : CCM.P-K3, -K4 et -K5, ayant toutes pour laboratoire pilote le NIST. Les comparaisons clés CCM.P-K4 (entre 1 Pa et 1000 Pa en mode absolu) et CCM.P-K5 (entre 1 Pa et 1000 Pa en mode relatif) sont terminées et leurs résultats ont été publiés dans le supplément technique de *Metrologia*. Ces deux comparaisons utilisent les mêmes étalons de transfert, une combinaison de capteurs de résonance au silicium et de capteurs à membrane capacitive. Afin de terminer la comparaison en l'espace de dix-

huit mois, deux étalons de transfert de valeur nominale identique ont circulé, l'un en Asie et l'autre en Europe. Les étalons de transfert ont donné des résultats bien meilleurs que ceux utilisés dans les comparaisons précédentes et se sont avérés plus robustes. Les comparaisons ont utilisé principalement deux techniques de mesure et n'ont pas permis de mettre en évidence de différences significatives entre elles. Un seul laboratoire national de métrologie a soumis des résultats considérés comme aberrants. M. Quinn observe que ces comparaisons clés ont donné de meilleurs résultats que prévu. M. Molinar dit que les problèmes constatés auparavant provenaient du fait que le laboratoire pilote n'utilisait pas de dispositifs à capteurs multiples et le groupe de travail rend hommage au travail acharné effectué par le NIST pour la fabrication de tels étalons de transfert.

Les mesures de la comparaison CCM.P-K3 (entre  $3 \times 10^{-6}$  Pa et  $9 \times 10^{-3}$  Pa) sont terminées et le projet A de rapport est en préparation. Deux jauges à rotor tournant et trois jauges d'ionisation ont été utilisées comme étalons de transfert pour cette comparaison. Malheureusement, deux des trois jauges d'ionisation sont tombées en panne pendant la comparaison. Il est tout de même possible d'analyser les résultats des laboratoires qui ont pris part à la comparaison, en termes d'équivalence.

Plusieurs comparaisons régionales, en cours ou envisagées, pourront être liées aux comparaisons clés. La comparaison clé EUROMET.M.P-K1.a sera liée à la comparaison CCM.P-K4 par l'intermédiaire de l'IMGC et de la PTB, et la comparaison clé EUROMET.M.P-K1.b sera liée aux comparaisons CCM.P-K3 et -K4 par l'intermédiaire des mêmes laboratoires. L'APMP envisage d'effectuer une comparaison clé (APMP.M.P-K4) dans le même domaine que la comparaison CCM.P-K4 ; elle sera liée à cette comparaison du CCM par l'intermédiaire du KRISS et du NPLI. Les mesures d'une comparaison bilatérale entre le CENAM et la PTB (SIM-EUROMET.M.P-BK3) seront terminées avant fin août 2002.

La fréquence à laquelle les comparaisons doivent être répétées est discutée. Il est décidé qu'une comparaison de basses pressions tous les neuf ans suffit à démontrer l'équivalence. Une répétition de la comparaison CCM.P-K9 (entre  $10^{-4}$  Pa et 1 Pa) pourrait être proposée lors de la prochaine session du CCM.

Il est décidé que M. Müller deviendra le nouveau président du groupe de travail après le départ à la retraite de M. Tilford.

#### **4.4 Réunion commune des groupes de travail sur les pressions**

M. Molinar présente le rapport de la réunion commune des groupes de travail sur les pressions qui s'est tenue le 22 mai 2002 au BIPM. La réunion a été consacrée à la coordination du programme de comparaisons clés dans le domaine des pressions. Il a été décidé de ne pas effectuer plus d'une comparaison clé de pression du CCM sur une période de trois ans. Le groupe de travail a aussi décidé qu'une fois établis les degrés d'équivalence entre les étalons de mesure dans chaque domaine concerné, il suffira d'effectuer des vérifications périodiques à un nombre limité de valeurs nominales. L'existence d'un système qualité robuste devrait suffire à démontrer l'équivalence dans tout le domaine. L'importance du dialogue avec les organisations régionales de métrologie afin d'assurer un programme cohérent et d'établir des liaisons est discutée. Il est décidé que la priorité pour les trois années à venir sera donnée à la comparaison clé de hautes pressions CCM.P-K7.

Il est décidé que la prochaine conférence du CCM sur les pressions aura lieu en 2005. Le NPL a accepté de manière provisoire d'héberger cette réunion, à la condition que l'Institute of Physics (Royaume-Uni) accepte de collaborer à son organisation.

Deux conférences liées aux pressions auront lieu en 2003. L'European Vacuum Congress, organisé par la PTB et la German Vacuum Society, se tiendra du 23 au 26 juin, et l'IMEKO TC16 International Symposium, organisé en association avec la Chinese Society of Measurement, se tiendra à Beijing du 19 au 22 mai.

### **5 RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL SUR LA GRAVIMÉTRIE**

Le Groupe de travail sur la gravimétrie a été établi par le CIPM en octobre 2001. Il comprend quinze membres. Son président, M. Vitouchkine, présente les activités de ce nouveau groupe de travail.

Une comparaison de gravimètres absolus (ICAG-2001), portant sur dix-sept instruments appartenant à douze pays, a eu lieu au BIPM entre juin et août 2001. On a comparé les résultats de la liaison entre les différents sites du

réseau gravimétrique du BIPM au moyen de gravimètres absolus et de gravimètres relatifs. Cette comparaison a permis d'étudier différentes méthodes de traitement des données. Les résultats ont été analysés par un comité de coordination et un rapport est disponible sur le site Web du BIPM. Un article est aussi en préparation ; il sera soumis à *Metrologia* pour un numéro spécial sur la gravimétrie.

Un atelier intitulé « Instrumentation and Metrology in Gravimetry – IMG-2002 » se tiendra à l'European Centre for Geodynamics and Seismology au Luxembourg.

Les activités futures du groupe de travail comprennent des discussions sur le traitement des données à appliquer aux comparaisons, la mise au point de protocoles pour les comparaisons, en liaison avec les groupes de travail de l'International Gravity and Geoid Commission (IGGC), ainsi qu'une comparaison de gravimètres en fonctionnement sur des sites sélectionnés situés dans différents continents.

M. Chapman demande si le Gal est une unité reconnue par le Système international d'unités (SI). M. Quinn répond par la négative ; toutefois il faut admettre que la communauté des gravimétristes utilise couramment le  $\mu\text{Gal}$  comme unité de mesure.

M. Tanaka demande si les laboratoires autres que les laboratoires nationaux de métrologie peuvent participer aux comparaisons clés. M. Quinn répond que, pour des raisons historiques, les laboratoires nationaux de métrologie ne conservent pas en général les étalons pour la gravimétrie. Pour effectuer des mesures des grandeurs en gravimétrie dans le cadre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle, il est nécessaire que les laboratoires nationaux de métrologie désignent un laboratoire national approprié dans le domaine de la gravimétrie. Il souligne aussi l'importance de la gravimétrie pour les expériences sur la balance du watt, dans la perspective d'une éventuelle redéfinition du kilogramme.

## **6 RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL SUR LA CONSTANTE D'AVOGADRO ET PROGRÈS DES AUTRES TRAVAUX SUR UNE ÉVENTUELLE NOUVELLE DÉFINITION DU KILOGRAMME**

### **6.1 Rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro**

M. Fujii présente un rapport (CCM/2002-13) préparé par M. Becker, président du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro. L'état d'avancement du projet est présenté et les problèmes techniques rencontrés par les participants soulignés.

Lors de la session d'octobre 2001 du CIPM, la nécessité d'une meilleure coordination internationale du projet sur la constante d'Avogadro a été discutée, suite à une proposition de M. Inglis. Le principe d'une coordination a été approuvé lors de la réunion du Groupe de travail de novembre 2001, avant d'être présenté à la réunion des directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en avril 2002. Le groupe de travail a donné son accord de principe à cette proposition, mais un programme de recherche plus détaillé devra être élaboré pour obtenir l'accord définitif. Le programme de recherche sera discuté lors de la réunion du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro qui doit se tenir en juin 2002 et le schéma de coordination sera discuté par le CIPM en octobre 2002.

### **6.2 Progrès des autres travaux sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme**

M. Richard présente un résumé (CCM/2002-15) des autres travaux effectués sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme.

#### **6.2.1 Balance de tension**

Les activités sur la balance de tension au FER (précédemment dénommé ETF, à l'université de Zagreb) ont cessé en 2000 en raison d'une réduction de budget et d'un retard dans le financement, ainsi qu'à la suite du décès de M. Bego.

#### **6.2.2 Lévitación magnétique**

Un projet de lévitation magnétique d'une masse supraconductrice a débuté au MIKES, en collaboration avec le VNIIM et le VTT. Une étude sur les

matériaux utilisés pour la bobine et l'élément de lévitation a débuté. En même temps une ébauche de conception de l'expérience a été réalisée et un interféromètre est en construction.

L'expérience de lévitation magnétique réalisée au NMIJ devrait permettre de mesurer l'énergie électrique au niveau de  $1 \times 10^{-6}$  et il se peut que l'énergie mécanique soit mesurée avec cette incertitude en contrôlant mieux la position du flotteur. Ces travaux seront présentés à la CPEM en juin 2002. Le budget et le nombre de personnes affectées à ce projet ont été réduits de manière significative.

#### 6.2.3 Dépôt d'ions

Les résultats de mesures de dépôt d'ions à la PTB présentent une incertitude relative de 1,5 % et une déviation de 0,6 % par rapport aux résultats précédents. À la fin de 2002 l'expérience ne sera plus faite au moyen d'une source d'ions d'or mais au moyen d'une source de bismuth, afin d'augmenter le courant d'ions de 0,1 mA à 10 mA. Cela permettra de réduire considérablement l'incertitude de mesure.

#### 6.2.4 Balance du watt

- NPL : l'appareil du NPL fonctionne avec un écart-type relatif typique de  $3 \times 10^{-8}$ . Il a fourni des valeurs préliminaires de la constante de Planck qui seront présentées à la CPEM 2002.
- NIST : la balance du watt du NIST a été reconstruite dans un environnement isolé et blindé, avec une chambre à vide en fibre de verre. Les bobines et la balance ont été changées, à l'exception de la roue. Le NIST espère que ces modifications réduiront de manière significative l'incertitude.
- METAS : le rapport entre les mesures du watt mécanique et électrique a été mesuré avec des masses de 50 g et 100 g. Les résultats seront présentés à la CPEM 2002.
- BNM : les spécifications techniques de ce projet, qui a débuté en 2000, ont été mises au point. Quatre laboratoires du BNM y collaborent (INM/CNAM, LAMA, LNE et SYRTE/OP), tous responsables de l'expérience dans leur domaine d'expertise. La balance utilisera des masses d'essai de 500 g.

## 7 RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL SUR LA DURETÉ

M. Germak, président du Groupe de travail sur la dureté, présente un résumé des activités du groupe. La dernière réunion s'est tenue à Turin en septembre 2001, de manière à coïncider avec les réunions de l'ISO TC164/SC3 et de l'IMEKO TC5. La discussion était centrée sur trois sujets principaux : les comparaisons, une définition commune des échelles de dureté de Rockwell réalisées dans les laboratoires nationaux de métrologie et la détermination de l'incertitude des mesures de dureté.

La PTB est le laboratoire pilote de la comparaison CCM.H-K1 (comparaison d'échelles de dureté de Vickers), dix laboratoires effectuant des mesures de dureté de trois blocs étalons. L'indisponibilité temporaire de certaines machines a retardé la comparaison.

Une comparaison supplémentaire (CCM.H-S1.a... f), dont le MPA-NRW en Allemagne est le laboratoire pilote, comparera plusieurs échelles de dureté de Rockwell utilisant un pénétrateur conique. Les résultats de sept des dix participants sont en accord à  $\pm 0,3$  près dans l'échelle de dureté C de Rockwell quand les participants utilisent un pénétrateur commun, mais seulement quatre des participants étaient en accord à ce niveau en utilisant leur propre pénétrateur. Un projet B de rapport sera rédigé à l'été 2002.

L'IMGC a effectué une étude sur l'échelle de dureté de Rockwell afin de mettre au point une procédure pour l'homologation de pénétrateurs primaires. On a déterminé les caractéristiques géométriques et on a comparé les performances des pénétrateurs dans ce but.

Le NMIJ et le KRISS ont proposé un projet pilote commun sur les échelles de dureté de Martens. Un programme de travail et un protocole seront préparés avant la fin de 2002.

Une comparaison clé d'étalons de dureté de Brinell débutera en 2003 (CCM.H-K2). Au début de la comparaison, une enquête sera effectuée auprès des laboratoires nationaux de métrologie pour savoir quels domaines de mesure les intéressent.

Les nouvelles directives pour l'estimation de l'incertitude des mesures de dureté, EA10/16, ont été présentées lors de la réunion du groupe de travail. Elles seront utilisées pour servir de fondement aux calculs dans les comparaisons futures.

## **8 RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL SUR LES MESURES DE DÉBIT DE FLUIDE**

Le président du Groupe de travail sur les mesures de débit de fluide, M. Mattingly, présente un résumé des projets du groupe de travail approuvés lors de sa troisième réunion en avril 2002. Ce groupe de travail, créé il y a moins de trois ans, a établi six sous-groupes spécialisés dans six domaines de mesure différents. L'organisation d'une comparaison clé dans chacun de ces domaines est confiée au président de chaque sous-groupe (appartenant au laboratoire pilote), aidé de deux autres laboratoires. Les trois laboratoires impliqués dans l'organisation de chaque comparaison proviennent d'organisations régionales de métrologie différentes. En effet, les laboratoires intéressés par ces programmes de mesures de débit de fluides sont pour l'essentiel membres de l'APMP, de l'EUROMET et du SIM ; il est cependant prévu d'inclure des laboratoires d'autres régions. Ils ont de plus la responsabilité d'organiser la comparaison dans leur propre région, avec des étalons de transfert et des procédures d'essais spécifiques. L'étalon de transfert prototype est fabriqué et évalué dans le laboratoire à l'origine de la comparaison. Une fois que l'étalon est considéré comme convenable, selon la commission d'évaluation du Groupe de travail sur les mesures de débit de fluides (composée des présidents du sous-groupe de travail, des comités techniques de l'organisation régionale de métrologie et du Groupe de travail sur les mesures de débit de fluides), cet étalon de transfert est vérifié dans les deux autres laboratoires chargés de l'assister. Une fois que les essais réalisés dans ces laboratoires auront démontré que l'étalon de transfert est convenable, selon la commission d'évaluation, un à trois clones seront fabriqués. Le laboratoire à l'origine de la comparaison fera ensuite circuler ces clones conformément au programme (ce laboratoire devient alors le laboratoire pilote de la comparaison clé), aidé de deux laboratoires (ou laboratoires « pivots »), en parallèle dans les trois organisations régionales de métrologie. Ces séries de résultats sont destinées à assurer un fondement optimal aux comparaisons de mesures de tous les laboratoires nationaux de métrologie participants appartenant aux organisations régionales de métrologie.

M. Iizuka souligne qu'il est essentiel que les organisations régionales de métrologie soient consultées et que leur point de vue soit pris en compte. M. Mattingly confirme que cela a été fait lors des trois réunions du Groupe

de travail sur les mesures de débit de fluides, qui se sont tenues jusqu'à maintenant, et aussi par la circulation du rapport de ces réunions.

M. Tanaka demande s'il serait possible d'effectuer une comparaison incluant toutes les organisations régionales de métrologie en l'espace de dix-huit mois. M. Mattingly dit que ce devrait être possible, en utilisant l'étalon de transfert originel et un ou plusieurs clones lors de programmes d'essai soigneusement contrôlés par le laboratoire pilote.

## **9 RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL *AD HOC* SUR LA VISCOSITÉ**

M. Davis, secrétaire exécutif du Groupe de travail *ad hoc* sur la viscosité, décrit brièvement les relations entre ce groupe et le CCM. La question de savoir si les activités du Groupe de travail relèvent de la responsabilité du CCM est discutée. Le CIPM devra être clair à ce sujet et décider de l'avenir de ces activités lors de sa session d'octobre 2002.

Une série de cinq comparaisons clés de viscosité (CCM.V-K1.A, -K1.B1, -K1.B2, -K1.B3, -K1.C), dont la PTB est le laboratoire pilote, est en cours. Le Groupe de travail *ad hoc* sur la viscosité ne discutera pas des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMCs) en viscosité quand cette comparaison sera achevée.

## **10 LES COMPARAISONS CLÉS DU CCM**

### **10.1 Présentation de la base de données**

Mme Thomas présente la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (KCDB). La KCDB existe sur le site Web du BIPM depuis novembre 1999. Au moment de la réunion, quatre cent neuf comparaisons étaient enregistrées dans la base de données, dont soixante-dix-sept dans le domaine

des masses et des grandeurs apparentées. À titre provisoire, la viscosité a été classée dans le domaine des masses.

L'annexe B de la base de données, qui délivre les résultats et les informations sur chaque comparaison, est en remaniement pour permettre d'y ajouter plus facilement des commentaires. Mme Thomas souligne que la personne à contacter pour chaque comparaison devrait vérifier la base de données régulièrement pour s'assurer qu'elle est à jour. Les résultats d'une comparaison sont publiés dans la base une fois approuvés par le CCM. C'est plus facile si les résultats sont envoyés au BIPM sous la forme de feuilles de calcul Excel incluant les graphiques. M. Sutton demande s'il existe un format spécifique pour soumettre les résultats. Mme Thomas répond qu'il en existe plusieurs.

Les résultats des comparaisons ne sont plus publiés dans *Metrologia*, sauf s'ils présentent un intérêt scientifique particulier, mais ils sont publiés dans le supplément technique (*Technical Supplement*) à *Metrologia*. Quand les résultats d'une comparaison arrivent au BIPM pour publication dans la KCDB, l'équipe chargée de *Metrologia* contacte le laboratoire pilote pour faciliter la publication du rapport dans le *Technical Supplement*.

## 10.2 Examen des comparaisons clés du CCM

Les comparaisons clés spécifiques proposées ou en cours ont déjà été discutées en détail dans le cadre des rapports des groupes de travail. Toutefois, certains principes généraux sont discutés à ce point de l'ordre du jour.

La question des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie terminées avant la comparaison clé correspondante du CCM est discutée. Dans le domaine des pressions, il existe plusieurs exemples de comparaisons de l'EUROMET terminées avant celle du CCM. M. Gläser dit qu'il ne devrait pas y avoir de problème pour relier ces comparaisons à celle du CCM, une fois terminée, à condition que la date d'achèvement soit acceptable. M. Quinn suggère que les rapports des comparaisons régionales soient publiés dans la base de données. Cette suggestion est approuvée, mais Mme Thomas souligne qu'on ne peut calculer l'équivalence qu'une fois la comparaison clé du CCM terminée.

### **10.3 Discussion du document sur les formalités à accomplir pour les comparaisons clés du CCM**

Le contenu du document CCM/2002-11, rédigé par les présidents des groupes de travail du CCM en octobre 2000 afin de formaliser les procédures à accomplir pour les comparaisons clés, est discuté. Plusieurs changements sont approuvés.

M. Sutton commente qu'il a l'impression que certains laboratoires ayant obtenu des résultats aberrants lors des comparaisons ne se sont pas vu accorder tous leurs droits par les laboratoires pilotes. M. Gläser demande s'il est nécessaire que tous les membres du groupe de travail approuvent le projet B de rapport. M. Davis répond que le groupe de travail sert effectivement de cadre à la procédure de révision par les pairs pour la publication des résultats dans le supplément technique à *Metrologia*. M. Quinn commente que tous les membres ne sont pas tenus d'approuver le projet B de rapport : l'accord peut se faire par consensus ; ainsi un seul membre du groupe de travail ne peut pas bloquer la publication du rapport d'une comparaison.

## **11 ACTIVITÉS DES ORGANISATIONS RÉGIONALES DE MÉTROLOGIE ET DU COMITÉ MIXTE DES ORGANISATIONS RÉGIONALES DE MÉTROLOGIE ET DU BIPM (JCRB) CONCERNANT LES COMITÉS TECHNIQUES DANS LE DOMAINE DES MASSES**

### **11.1 Les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et l'état d'avancement des CMCs**

Mme Thomas présente un aperçu du contenu de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Dans l'annexe B, l'EUROMET a déclaré dix-neuf comparaisons (y compris trois comparaisons supplémentaires). Avant la réunion du CCM, il n'y avait pas de comparaison de l'APMP, de COOMET ou du SIM dans l'annexe B. Cette situation devrait toutefois changer sous peu (*voir* la KCDB pour les dernières informations). La comparaison clé SADC MET.M.M-K5 a été déclarée, mais malheureusement la plupart des participants ne sont pas membres de la Convention du Mètre.

L'importance d'une liaison entre les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie et celles du CCM est soulignée. La comparaison clé EUROMET.M.P-K2, qui est liée à la comparaison CCM.P-K1.c, est à présent le seul exemple dans le domaine de la métrologie lié aux masses.

Mme Thomas présente ensuite l'état d'avancement de la publication des CMCs dans l'annexe C de la base de données. Ceux-ci ne sont publiés dans la base qu'après avoir reçu l'approbation du JCRB. Dans le domaine de la métrologie lié aux masses, seuls ceux de l'APMP ont été publiés dans la base de données (*voir* la KCDB pour les informations les plus récentes).

#### 11.1.1 Activités de l'APMP

M. Sutton présente les comparaisons de l'APMP. La comparaison clé d'étalons de 1 kg APMP.M.M-K1 comprend quinze participants, et deux autres comparaisons de masse en sont à l'étape préparatoire : leurs résultats seront liés à ceux des comparaisons CCM.M-K2 et -K5. Le NPLI est le laboratoire pilote de la comparaison à 1000 Pa en mode absolu qui sera liée à la comparaison CCM.P-K4. Le NMIJ organise une comparaison à 100 MPa en mode relatif à lier à la comparaison CCM.P-K7.

À l'époque de la réunion, les CMCs de sept pays étaient publiés dans l'annexe C de la base de données. De plus, ceux du Japon et de la Malaisie viennent d'être approuvés. Taipei chinois et la Thaïlande ont maintenant soumis leurs CMCs à l'APMP pour examen.

#### 11.1.2 Activités de COOMET

M. Gegevičius présente un résumé des activités de COOMET. Cinq membres de COOMET n'ont pas encore signé l'Arrangement de reconnaissance mutuelle. Trois d'entre eux le feront en 2002, et les deux autres en 2003. Quatre membres de COOMET (Allemagne, Bulgarie, Lituanie et Slovaquie) ont soumis, ou vont soumettre, leurs CMCs par l'intermédiaire de l'EUROMET plutôt que par celui de COOMET. L'état d'avancement des CMCs des États membres figurent sur le site de COOMET.

Un changement structurel récent au sein de COOMET a donné lieu à l'établissement de comités pour les étalons de mesure, la métrologie légale, la qualité et les actions de formation.

Trois comparaisons de pressions sont en cours et une nouvelle comparaison de masses de 1 kg débutera en 2002. Il est prévu d'effectuer des

comparaisons de sous-multiples du kilogramme et d'étalons de mesure de force.

#### 11.1.3 Activités de SADC MET

SADC MET compte douze États membres et six membres affiliés. La plupart de ces pays ne sont pas signataires de la Convention du Mètre. Mme Field présente les activités en cours à SADC MET. Une comparaison clé de masses (SADC MET.M.M-K5), équivalente à la comparaison CCM.M-K5, est en cours. La PTB collabore à des actions de formation dans le domaine de la métrologie des masses pour tous les États membres.

#### 11.1.4 Activités de l'EUROMET

M. Nielsen présente les activités de l'EUROMET, liées pour un grand nombre d'entre elles aux comparaisons clés et aux CMCs. Des comparaisons sont effectuées dans presque tous les domaines liés aux masses, y compris dans certains domaines où il n'y a pas encore eu de comparaison clé du CCM.

M. Nielsen souligne certaines difficultés rencontrées lors de l'examen des CMCs de l'EUROMET. Les principaux problèmes ont été identifiés : harmonisation entre les organisations régionales de métrologie trop tardive, retards dans l'examen inter-régional, différences d'interprétation des critères d'approbation en l'absence de comparaisons clés, et laboratoires déclarant des incertitudes meilleures que celles obtenues dans les comparaisons clés. M. Quinn confirme ce dernier point en citant certains exemples où les incertitudes déclarées pour les CMCs étaient cinq fois meilleures que celles des comparaisons clés. M. Nielsen suspecte dans certains cas les laboratoires d'avoir regardé où se situait leur résultat par rapport à la valeur de référence de la comparaison et d'avoir révisé leur bilan d'incertitude pour obtenir une meilleure valeur, qui reste dans la limite de l'équivalence. M. Gläser et M. Quinn sont d'avis que s'il y a eu une comparaison clé, les valeurs figurant dans les CMCs correspondants ne doivent pas être meilleures que celles déclarées par ce laboratoire national de métrologie dans la comparaison ; de plus ces valeurs doivent être cohérentes avec les résultats de la comparaison.

On a constaté certains problèmes relatifs à l'acceptation des CMCs de l'EUROMET dans le domaine des forces par l'APMP, parce que certains résultats avaient des incertitudes meilleures que celles admises par les experts de l'APMP comme représentant l'état de l'art. M. Gosset commente que les CMCs dans le domaine des forces font référence à l'incertitude de la force

générée et non à celle mesurée par l'instrument. M. Nielsen répond en disant que, dans tous les autres domaines, l'EUROMET a décidé que les CMCs déclarés doivent inclure la contribution relative aux performances de l'instrument étudié (considérant qu'il s'agit du meilleur instrument actuellement sur le marché). M. Quinn approuve cette politique. M. Gosset rappelle que les résultats des comparaisons ainsi que les incertitudes sont limités par les performances de l'étalon de transfert. Si le laboratoire pilote n'est pas capable de réaliser des incertitudes correspondant à l'état de l'art, le meilleur niveau d'incertitude de la comparaison ne peut pas être obtenu. M. Sutton dit que les experts du CCM devraient offrir une aide pour déterminer quelle est la meilleure incertitude réalisable dans un domaine particulier.

#### 11.1.5 Activités du SIM

Mme Zabbour présente les comparaisons du SIM et l'état d'avancement des CMCs du SIM soumis pour publication.

Quatre comparaisons de masses sont en cours, y compris trois comparaisons bilatérales dans le domaine compris entre 200 mg et 2 kg, domaine pour lequel les membres du CCM peuvent permettre d'effectuer le lien aux valeurs de référence. Cinq comparaisons de mesures de force sont en cours. Viennent s'y ajouter des comparaisons clés dans le domaine des pressions et dans le vide, ainsi que plusieurs comparaisons supplémentaires et bilatérales en cours. Le NIST sera le laboratoire pilote d'une comparaison clé régionale de hautes pressions complétant la comparaison clé CCM.P-K11, et une comparaison de masse volumique de solides au moyen d'étalons de 1 kg en acier inoxydable est envisagée.

Les CMCs du SIM ont été soumis pour la première fois en mai 2001. Ils ont été soumis à nouveau la semaine précédant la présente session du CCM (*voir* KCDB).

#### 11.2 Approbation des comparaisons clés des organisations régionales de métrologie

Mme Samuel, secrétaire exécutive du JCRB, présente les pages du JCRB sur le site Web du BIPM. Certains documents relatifs à la modification des fichiers de CMCs sont en accès public. Les comités techniques des organisations régionales de métrologie ont accès aux pages confidentielles protégées par un mot de passe qui donnent des informations détaillées sur le JCRB. Une troisième série de pages offre aux membres du JCRB l'accès aux

documents de travail. Nous espérons que ces pages rendront plus efficace l'examen des fichiers de CMCs.

Mme Thomas rappelle aux délégués que les comparaisons clés des organisations régionales de métrologie ne peuvent figurer dans la base de données qu'après avoir reçu l'approbation du groupe de travail approprié du CCM. M. Quinn dit que cette condition est destinée à assurer la liaison future entre les comparaisons.

### **11.3 Nouvelles du JCRB**

M. Quinn présente brièvement les activités du JCRB. Un rapport résumant la dernière réunion est disponible sur le site Web du BIPM. Les membres du JCRB voudraient que les certificats d'étalonnage fassent référence à l'Arrangement de reconnaissance mutuelle et aux CMCs. Un projet initial a été rédigé en anglais, puis en français. La version française fournit un texte plus explicite rédigé en collaboration avec M. Érard du BNM. Une version anglaise plus détaillée a ensuite été rédigée, qui correspond au texte français.

La période initiale de mise en œuvre de l'Arrangement de reconnaissance mutuelle s'achèvera en octobre 2003, au moment de la vingt-deuxième Conférence générale. Les laboratoires nationaux de métrologie dont les systèmes qualité ne seront alors pas conformes aux demandes de l'Arrangement risquent de voir leurs CMCs supprimés de la base de données. M. Peters commente que certaines parties du document associé, JCRB-8/13(1), ne sont pas cohérentes avec le principe d'auto-déclaration des systèmes qualité. M. Lee exprime aussi certaines réserves. M. Quinn dit que ce n'était pas le but de ce document.

## **12 ACTIVITÉS AU BIPM**

M. Davis résume les activités de la section des masses du BIPM. Quatorze prototypes nationaux du kilogramme ont été renvoyés au BIPM pour étalonnage depuis la troisième vérification périodique. Les étalons de masse du BIPM ont aussi été vérifiés. La troisième vérification périodique date d'un certain temps, et l'incertitude sur les prototypes de 1 kg a augmenté avec le temps. L'incertitude actuelle sur les étalons du BIPM est d'environ 4 µg.

M. Davis souligne que l'augmentation de masse des prototypes après nettoyage-lavage est variable et illustre le fait qu'il n'est pas fiable de fonder le profil de gain de la masse d'un étalon particulier sur la moyenne des résultats, sans preuve à l'appui.

Le BIPM et la PTB ont effectué des recherches conjointes sur la mesure directe de la masse volumique de l'air au moyen d'objets étalons (artefacts). Il semble qu'il y ait une différence systématique de l'ordre de  $1 \times 10^{-4}$  en valeur relative par rapport à la formule pour la détermination de la masse volumique de l'air de 1981/1991 du CIPM. Il se peut que la valeur approuvée pour la concentration en argon dans l'atmosphère soit erronée. On cherche à évaluer à nouveau ce paramètre. Le CCQM pourrait apporter son aide à ce travail dans le cadre d'une étude pilote sur la mesure de la teneur en dioxyde de carbone dans un mélange d'hydrogène et d'argon. M. Davis demande et obtient le soutien du CCM pour poursuivre ces études en collaboration avec le groupe de travail approprié du CCQM.

Une nouvelle balance hydrostatique, conçue et fabriquée par M. Spurný, a été installée au BIPM. À long terme, l'écart-type de l'appareil est approximativement de  $2 \times 10^{-6}$  en valeur relative, si l'on utilise de l'eau distillée comme étalon de référence de masse volumique.

D'autres activités ont été effectuées au BIPM avec le susceptomètre et un système qualité a été introduit.

## **13 COMPOSITION ET PRÉSIDENTE DES GROUPES DE TRAVAIL**

### **13.1 Composition des groupes de travail**

La composition des groupes de travail est discutée ; de nombreux laboratoires ont demandé à en être membres. L'annuaire des Comités consultatifs, disponible sur demande auprès du BIPM et consultable sur le site Web du BIPM, présente la liste des membres.

### **13.2 Changements de présidents**

M. Tilford, président du Groupe de travail sur les basses pressions, et M. Simpson, président du Groupe de travail sur les moyennes pressions, ont pris leur retraite et se sont démis de leurs fonctions au CCM. Il est demandé à leurs collègues du NIST et du NPL de leur transmettre les félicitations du CCM et de les remercier pour leur contribution à ses activités. M. Miiller est nommé président du Groupe de travail sur les basses pressions, et Mme Leggat présidente du Groupe de travail sur les moyennes pressions. M. Molinar annonce aussi son départ du Groupe de travail sur les hautes pressions, en raison de son départ imminent à la retraite. Le CCM le remercie pour sa contribution scientifique à la métrologie des pressions, pour son ouverture d'esprit, et pour sa contribution au Groupe de travail commun sur les pressions. M. Legras est désigné comme successeur de M. Molinar. M. Fujii remplace M. Tanaka comme président du Groupe de travail sur la masse volumique, en raison de la nomination de M. Tanaka comme président du CCM.

## **14 QUESTIONS DIVERSES**

### **14.1 Proposition de sites Web**

M. Picard a créé un site Web pour le Groupe de travail sur la constante d'Avogadro. Ce site permet d'améliorer la coordination et de faciliter la gestion du groupe. M. Wallard propose que le BIPM crée un site Web pour le CCM et ses groupes de travail. Il sera d'abord nécessaire de définir les besoins ; ensuite, le BIPM se chargera de l'organiser et de le maintenir.

### **14.2 Numéro spécial de *Metrologia***

Un numéro spécial de *Metrologia* consacré à la masse et à la masse volumique pourrait être publié en 2003.

### **14.3 Question du transport des étalons de transfert**

M. Gläser pose la question du problème du transport des étalons de transfert par voie aérienne. Pour renforcer la sécurité, en particulier aux États-Unis, le

personnel chargé de la sécurité contrôle systématiquement les instruments de transfert avant le départ, mais ceci entraîne quelquefois de mauvais traitements. Il est décidé que les présidents des groupes de travail devront nommer une personne chargée de travailler avec M. Gläser pour tenter de résoudre ce problème.

#### **14.4 Date de la prochaine session**

La prochaine session du CCM se tiendra en mai 2005. La prochaine réunion des présidents des groupes de travail aura lieu en novembre 2003.

I. Severn, rapporteur  
révisé novembre 2002

## ANNEXE M1.

### Documents de travail présentés à la 8<sup>e</sup> session du CCM

Ces documents de travail peuvent être obtenus dans leur langue originale sur demande adressée au BIPM.

Document  
CCM/

- 02-01 SP (Suède). — Comparison of mass standards in multiples and submultiples of the kilogram, L. Pendrill, 2 p.
- 02-02 Groupe de travail du CCM sur la force. — Report of the Working Group on Force (1999-2001), M. Peters, 2 p.
- 02-03 BIPM. — Methods to determine the density of moist air, A. Picard, H. Fang, 6 p.
- 02-04 Groupe de travail du CCM sur les hautes pressions. — CCM High Pressure Working Group, Activity report (1999-2002), G. Molinar, 21 p.
- 02-04rev Groupe de travail du CCM sur les hautes pressions. — CCM High Pressure Working Group, Additional report, G. Molinar, 5 p.
- 02-05rev Groupe de travail du CCM sur les étalons de masse. — CCM Working Group on Mass Standards, Report to CCM on activities from 1999 to 2002, M. Gläser, 9 p.
- 02-06 Groupe de travail du CCM sur les moyennes pressions. — CCM Medium Pressure Working Group report (1999-2002), P. Leggat, 2 p.
- 02-07 Groupe de travail du CCM sur les basses pressions. — Report of activities of the CCM Low-Pressure Working Group (1999-2002), A.P. Miiller, 3 p.
- 02-07rev Groupe de travail du CCM sur les basses pressions. — Supplemental report of the CCM Low-Pressure Working Group, A.P. Miiller, 5 p.
- 02-08 Groupe de travail du CCM sur la dureté. — Report activities of the Working Group on Hardness (WGH), A. Germak, 3 p.
- 02-09rev BIPM. — BIPM calibrations of 1 kg mass standards in platinum-iridium since the 3rd periodic verification, R.S. Davis, J. Coarasa, 7 p.

Document  
CCM/

- 02-10 Groupe de travail du CCM sur la masse volumique. — CCM Working Group on Density, Report to CCM on activities from 1999 to 2002, K. Fujii, 4 p.
- 02-11 CCM. — Formalities required for the CCM key comparisons (2nd revised draft), M. Tanaka, 2 p.
- 02-12 Groupe de travail du CCM sur les mesures de débit de fluide. — WGFF structure and progress, G. Mattingly, 2 p.
- 02-13 CCM. — Report on finding new coordination scheme for the Avogadro project, M. Tanaka, 3 p.
- 02-14 Groupe de travail du CCM sur la gravimétrie. — CCM Working Group on Gravimetry, Chairman's report, L. Vitushkin, 1 p.
- 02-15 METAS (Suisse). — Progress of other work towards a possible new definition of the kilogram, P. Richard, 4 p.

## LISTE DES SIGLES UTILISÉS DANS LE PRÉSENT VOLUME

### 1 Sigles des laboratoires, commissions et conférences

AIST*	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, <i>voir</i> NMII/AIST
APMP	Asia/Pacific Metrology Programme
BIPM	Bureau international des poids et mesures
BNM	Bureau national de métrologie, Paris (France)
BNM-CNAM	Bureau national de métrologie, Conservatoire national des arts et métiers, Paris (France)
BNM-INM	Bureau national de métrologie, Institut national de métrologie, Paris (France)
BNM-LNE/LAMA	Bureau national de métrologie, Laboratoire national d'essais, Laboratoire André-Marie Ampère, Paris (France)
BNM-SYRTE	Bureau national de métrologie, Systèmes de référence temps espace, Paris (France)
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées
CCQM	Comité consultatif pour la quantité de matière : métrologie en chimie
CEM	Centro Español de Metrología, Madrid (Espagne)
CENAM	Centro Nacional de Metrología, Mexico (Mexique)
CGPM	Conférence générale des poids et mesures
CIPM	Comité international des poids et mesures
CNAM	Conservatoire national des arts et métiers, Paris (France), <i>voir</i> BNM-CNAM
COOMET	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)
CSIRO*	<i>voir</i> NML CSIRO

---

\* Les laboratoires ou organisations marqués d'un astérisque soit n'existent plus soit figurent sous un autre sigle.

DFM	Danish Institute of Fundamental Metrology, Lyngby (Danemark)
ETF*	Elektrotehnicki Fakultet/Faculty of Electrical Engineering, Zagreb (Croatie), <i>voir</i> FER
EUROMET FER	European Collaboration in Measurement Standards (ex ETF) Fakultet Elektrotehnike i Računarstva/Faculty of Electrical Engineering and Computing, University of Zagreb, Zagreb (Croatie)
GUM	Office central des mesures/Główny Urząd Miar, Varsovie (Pologne)
ICAG	International Conference of Absolute Gravimeters
IGGC	International Gravity and Geoid Commission
IMEKO	International Measurement Confederation
IMG	Instrumentation and Metrology in Gravimetry
IMGC	Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Turin (Italie)
IMGC-CNR	Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Consiglio Nazionale delle Ricerche, Turin (Italie)
INM*	Institut national de métrologie, Paris (France), <i>voir</i> BNM-INM
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial, Rio de Janeiro (Brésil)
IPQ	Instituto Português da Qualidade, Lisbonne (Portugal)
ISO	Organisation internationale de normalisation
JCRB	Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM/Joint Committee of the Regional Metrology Organizations and the BIPM
KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science, Daejeon (Rép. de Corée)
LAMA	Laboratoire André-Marie Ampère, <i>voir</i> BNM-LNE/LAMA
LNE*	Laboratoire national d'essais, Paris (France), <i>voir</i> BNM-LNE
METAS	(ex OFMET) Office fédéral de métrologie et d'accréditation, Wabern (Suisse)
MIKES	Mittatekniikan Keskus/Centre for Metrology and Accreditation, Helsinki (Finlande)
MPA-NRW	Materialprüfungsamt Nordrhein-Westfalen, Dortmund (Allemagne)

MSL	Measurement Standards Laboratory of New Zealand, Lower Hutt (Nouvelle-Zélande)
NIM	Institut national de métrologie, Beijing (Chine)
NIST	National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg (États-Unis)
NMIJ/AIST	National Metrology Institute of Japan, National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, Tsukuba (Japon)
NMi-VSL	Nederlands Meetinstituut, Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas)
NML CSIRO	National Measurement Laboratory, CSIRO, Lindfield (Australie)
NPL	National Physical Laboratory, Teddington (Royaume-Uni)
NPLI	National Physical Laboratory of India, New Delhi (Inde)
NRC	Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Canada)
NRLM*	National Research Laboratory of Metrology, Tsukuba (Japon), <i>voir</i> NMIJ/AIST
OFMET*	Office fédéral de métrologie/Eidgenössisches Amt für Messwesen, Wabern (Suisse), <i>voir</i> METAS
OP	Observatoire de Paris, Paris (France)
PSB*	Singapore Productivity and Standards Board, Singapour (Singapour), <i>voir</i> SPRING
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig et Berlin (Allemagne)
SADCMET	Southern African Development Community Cooperation in Measurement Traceability
SIM	Sistema Interamericano de Metrología
SMU	Slovenský Metrologický Ústav/Slovak Institute of Metrology, Bratislava (Slovaquie)
SP	SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut/Swedish National Testing and Research Institute, Borås (Suède)
SPRING	(ex PSB) Standards, Productivity and Innovation Board, Singapour (Singapour)
SYRTE*	Systèmes de référence temps espace, <i>voir</i> BNM-SYRTE
UME	Ulusal Metroloji Enstitüsü/National Metrology Institute, Marmara Research Centre, Gebze-Kocaeli (Turquie)

VMT	State Metrology Service, Vilnius Metrology Center, Vilnius (Lituanie)
VNIIM	Institut de métrologie D.I. Mendéléev, Gosstandart de Russie, Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie)
VSL*	Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas), <i>voir</i> NMI VSL
VTI	Centre for Metrology and Accreditation, Technical Research Centre of Finland, Espoo (Finlande)
WGFF	Groupe de travail du CCM sur les mesures de fluides/ CCM Working Group on Fluid Flow
WGH	Groupe de travail du CCM sur la dureté/CCM Working Group on Hardness

## 2 Sigles de termes scientifiques

CMC	Aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages/ Calibration and Measurement Capabilities
KCDB	Base de données du BIPM sur les comparaisons clés/ BIPM Key Comparison Database
SI	Système international d'unités
SMOW	Standard Mean Ocean Water