

**Comité consultatif
pour la masse et
les grandeurs apparentées**
7^e session (mai 1999)

**Consultative Committee
for Mass and
Related Quantities**
7th Meeting (May 1999)

Bureau international des poids et mesures

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

7^e session (mai 1999)

Note sur l'utilisation du texte anglais (*voir* page 41)

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 92-822-2176-8

TABLE DES MATIÈRES

Photographie des participants à la 7^e session du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées **2**

États membres de la Convention du Mètre **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 Z.J. Zabbour **15**

Ordre du jour **16**

1 Ouverture de la session ; approbation de l'ordre du jour ; désignation d'un rapporteur **17**

2 Rapports des groupes de travail sur la masse et la masse volumique ; Club sur les balances **18**

2.1 Étalons de masse **18**

2.2 Masse volumique **20**

2.3 Club sur les balances **21**

3 Rapport du Groupe de travail sur la force **21**

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

4.1 Hautes pressions **22**

4.2 Moyennes pressions **24**

4.3 Basses pressions **25**

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

5 Rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro et progrès des autres travaux en cours sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme **27**

5.1 Rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro **27**

5.2 Progrès des autres travaux en cours sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme **28**

5.2.1 Balance du watt **28**

5.2.2 Lévitatie magnétique **28**

5.2.3 Dépôt d'ions **29**

5.2.4 Balances de tension **29**

6 Rapport du Groupe de travail *ad hoc* sur la dureté **29**

7	Les comparaisons clés et l'arrangement de reconnaissance mutuelle	30
7.1	Comparaisons en cours	30
7.2	Comparaisons achevées au cours des dix années passées ; choix des résultats provisoires à inclure dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés	31
7.3	Création d'un groupe de travail sur les comparaisons clés	31
8	Activités au BIPM	31
9	Composition des groupes de travail	32
10	Questions diverses	32
10.1	Résolution présentée à la 21 ^e Conférence générale	32
10.2	Bibliographie	33
10.3	Date de la prochaine session	33
Annexe M 1. Documents de travail présentés à la 7^e session du CCM		35
Liste des sigles utilisés dans le présent volume		37

ÉTATS MEMBRES DE LA CONVENTION DU MÈTRE

au 12 mai 1999

Afrique du Sud	Iran (Rép. islamique d')
Allemagne	Irlande
Argentine	Israël
Australie	Italie
Autriche	Japon
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
Hongrie	Turquie
Inde	Uruguay
Indonésie	Venezuela

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 m²) 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) et aux échelles de temps (1988). 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 et en 1988 a été inauguré un bâtiment pour la bibliothèque et des bureaux.

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 avec les *Procès-verbaux des séances du Comité international*.

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 γ , électrons), Section II (Mesure des radionucléides), Section III (Mesures neutroniques), Section IV (Étalons d'énergie α) ; 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 (CCQM), créé en 1993 ;
- 10 Le Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV), créé en 1998.

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 les *Procès-verbaux des séances du Comité international*.

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 12 mai 1999

Président

M. K.. Iizuka, membre du Comité international des poids et mesures, c/o
National Research Laboratory of Metrology, 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

CSIRO, National Measurement Laboratory [CSIRO], Lindfield.

Glówny Urząd Miar [GUM], Varsovie.

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

Institut national de métrologie [NIM], Beijing.

Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Turin.

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

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

National Physical Laboratory [NPL], Teddington.

National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Tsukuba.

Nederlands Meetinstituut : Van Swinden Laboratorium [NMI-VSL], Delft.

Office fédéral de métrologie [OFMET], Wabern.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig et Berlin.

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.

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

Rapport de la 7^e session

(12-14 mai 1999)

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 ; Club sur les balances :
 - 2.1 Étalons de masse ;
 - 2.2 Masse volumique ;
 - 2.3 Club sur les balances.
- 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 des groupes de travail sur les pressions.
- 5 Rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro et progrès des autres travaux sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme :
 - 5.1 Rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro ;
 - 5.2 Progrès des autres travaux sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme.
- 6 Rapport du Groupe de travail *ad hoc* sur la dureté.
- 7 Les comparaisons clés et l'arrangement de reconnaissance mutuelle :
 - 7.1 Comparaisons en cours ;
 - 7.2 Comparaisons achevées au cours des dix années passées ; choix de résultats provisoires à inclure dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés ;
 - 7.3 Création d'un groupe de travail sur les comparaisons clés.
- 8 Activités au BIPM.
- 9 Composition des groupes de travail.
- 10 Questions diverses :
 - 10.1 Résolution présentée à la 21^e Conférence générale ;
 - 10.2 Bibliographie ;
 - 10.3 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 7^e session au Bureau international des poids et mesures (BIPM), à Sèvres, du 12 au 14 mai 1999.

Étaient présents : N. Bignell (CSIRO-NML), G. Chapman (NRC), Jin Yeol Do (KRISS), H. Durlík (GUM), M. Gläser (PTB), A. Gosset (BNM-LNE), K. Iizuka (président du CCM, NRLM), Z.J. Jabbour (NIST), C. Jacques (NRC), A. Lee (NIST), J.-C. Legras (BNM-LNE), Qingzhong Li (NIM), G. Molinar (IMGC-CNR), R. Muijlwijk (NMi-VSL), A. Ooiwa (NRLM), L.R. Pendrill (SP), M. Peters (PTB), P. Pinot (BNM-INM), M. Plassa (IMGC-CNR), T.J. Quinn (directeur du BIPM), P. Richard (OFMET), D. Simpson (NPL), R. Spurný (SMU), M. Tanaka (NRLM), C.R. Tilford (NIST), G. Torr (NPL), S.L. Yaniv (NIST).

Observateurs : L.O. Becerra (CENAM), R. Lazos-Martínez (CENAM), M. Matilla Vicente (CEM), J. Torres-Guzman (CENAM).

Invités : A.K. Bandyopadhyay (NPLI), C.M. Sutton (MSL), A. Van Tonder (CSIR-NML).

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

Excusé : VNIIM.

Le président, M. Iizuka, ouvre la session et accueille les délégués et les autres participants. L'ordre du jour est adopté et Mme Jabbour est nommée rapporteur.

2 RAPPORTS DES GROUPES DE TRAVAIL SUR LA MASSE ET LA MASSE VOLUMIQUE ; CLUB SUR LES BALANCES

2.1 Étalons de masse

Mme Plassa présente le rapport du Groupe de travail sur les étalons de masse, faisant référence au document CCM99-10.

Ce groupe s'est réuni au BIPM le 10 mai 1999. Les deux comparaisons clés décidées en 1996 ont été mises en œuvre par les membres du CCM*. L'état d'avancement de ces comparaisons est présenté.

- 1) Comparaison d'étalons de 1 kg en acier inoxydable, dont le BIPM est le laboratoire pilote : les mesures sont terminées ; le laboratoire pilote a rédigé le projet A du rapport, qui a été envoyé aux participants et qui a été présenté et discuté lors de la réunion du groupe de travail.
- 2) Comparaison d'étalons de 100 mg à 10 kg en acier inoxydable, dont la PTB est le laboratoire pilote : les mesures sont terminées ; le laboratoire pilote a rédigé le projet A du rapport, qui a été présenté et discuté lors de la réunion du groupe de travail.

Les projets B de rapport de ces deux comparaisons seront bientôt disponibles pour approbation des participants et soumission au CCM.

Le groupe de travail a discuté de comparaisons de masses plus élevées. Le BNM-LNE a effectué une étude sur la faisabilité d'une comparaison fondée sur un étalon de 50 kg. M. Gosset est invité à décrire l'étude sur le transport et les procédures de contrôle de l'étalon de 50 kg (document CCM99-5). L'étalon est accompagné, pour la première fois, d'appareils d'enregistrement des chocs, de la température et de l'humidité. Le groupe de travail a trouvé cette étude utile et a proposé d'effectuer à l'avenir une comparaison clé d'étalons de masse de 50 kg.

Si le CCM lui donne son accord, le groupe de travail effectuera les comparaisons clés suivantes dans un proche avenir :

- 1) comparaison d'étalons de 1 kg en acier inoxydable, dont le BIPM sera le laboratoire pilote ;

* Les informations concernant toutes les comparaisons clés du CCM sont résumées dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés (<http://www.bipm.org>).

- 2) comparaison d'étalons en acier inoxydable de multiples et de sous-multiples du kilogramme, de 20 mg à 2 kg, dont le NRLM sera le laboratoire pilote ;
- 3) comparaison d'étalons de 50 kg, dont le BNM-LNE sera le laboratoire pilote.

À la demande de certains laboratoires, les comparaisons d'étalons de 1 kg et de multiples et de sous-multiples du kilogramme seront effectuées simultanément pour réduire le plus possible la charge de travail des participants. La comparaison d'étalons de 50 kg sera effectuée séparément.

Mme Plassa présente un résumé des rapports des organisations régionales de métrologie suivantes : APMP, COOMET, EUROMET et SIM. Les activités de ces organisations régionales comprennent des comparaisons et des projets de recherche en commun.

Le groupe de travail a discuté d'autres activités, y compris : des méthodes de nettoyage et de leurs effets sur les prototypes en platine iridié (BNM-LNE, IMG, PTB) ; des études sur les étalons en acier inoxydable et en alacrite (BNM-INM, CENAM, IMG, MSL, NRC) ; des techniques d'usinage du platine iridié (NIST) et de l'alacrite (BNM-INM) ; de l'utilisation et de l'usinage du tungstène comme matériau de remplacement pour les étalons de masse (NIST) ; des études de surface d'étalons en platine iridié (NIST) et d'étalons en alacrite (BNM-INM) par des méthodes optiques ; des effets du vide et de la stabilité des objets étalons (BIPM, IMG, NPL) ; des objets pour l'étude de la poussée de l'air (NPL, NRLM, PTB, SP) ; des effets de la convection (PTB) et de l'aimantation (KRISS) ; de l'étalonnage des analyseurs de gaz carbonique (CEM, IMG) ; et de la mesure de l'indice de réfraction de l'air (BNM-INM, NPL).

Les participants ont présenté de nouveaux équipements et installations : une installation destinée à vérifier et étalonner des étalons de masse (NRLM) ; une salle blanche pour les comparateurs de masses (NIST) ; des installations pour comparer entre eux des comparateurs mécaniques et électroniques (NRLM) ; de nouveaux comparateurs à suspensions flexibles (IMG, KRISS) ; une balance à inertie (IMG) ; l'automatisation de comparateurs et de services d'étalonnage (NIST, NPL, NRLM) ; et de nouveaux appareils de mesure de la susceptibilité magnétique (NPL, PTB).

Mme Plassa qui a présidé le Groupe de travail sur les étalons de masse depuis sa création en 1980 a démissionné. Le groupe de travail recommande M. Gläser comme nouveau président ; le CCM approuve sa proposition et remercie Mme Plassa pour son travail et sa contribution précieuse.

2.2 Masse volumique

Le Groupe de travail sur la masse volumique s'est réuni au BIPM le 11 mai 1999. Son président, M. Tanaka, résume les activités du groupe de travail, faisant référence au document CCM99-11.

Le groupe de travail a discuté de la nécessité d'entreprendre des comparaisons clés dans le domaine de la masse volumique. Une comparaison dont le rapport a été publié en 1990 (*Metrologia*, 1990, **27**, 139-144) a été proposée à titre provisoire comme comparaison clé, en attendant d'en effectuer une nouvelle. Il a été demandé aux participants d'étudier cette proposition et de faire part de leur réponse au président. Le groupe de travail a décidé de commencer à préparer une comparaison clé de masse volumique. Un petit groupe (NRC, NRLM, OFMET) a tout d'abord été formé pour étudier les spécificités et les aptitudes en matière de mesures des laboratoires nationaux de métrologie participants et pour préparer le protocole de la comparaison clé selon les résultats de cette étude. Les objets utilisés pour cette comparaison seront en silicium ; ils seront probablement fournis par le NRLM.

L'état d'avancement de la version finale d'une table de la masse volumique de l'eau est présenté. Le NRLM a mis au point un algorithme qui permet de combiner les données existantes. La PTB met au point une expérience pour déterminer la masse volumique de l'eau entre 0 °C et 100 °C. Les tables sur la masse volumique de l'eau fondées sur des données récentes ayant fait l'objet de demandes répétées, le groupe de travail a recommandé de finaliser ce travail. M. Iizuka félicite le groupe de travail pour les progrès réalisés sur cet ouvrage de longue haleine et demande de préparer un rapport provisoire sur les tables de la masse volumique de l'eau pour la Conférence générale d'octobre 1999.

La comparaison d'EUROMET d'étalons de masse volumique par pesée hydrostatique, dont le laboratoire pilote est l'OFMET, est achevée ; ses résultats sont en cours d'analyse. Les résultats de la comparaison d'EUROMET sur la mesure de la masse volumique de l'air, fondée sur des masses conçues spécialement à cet usage, ont été présentés par la PTB, le laboratoire pilote.

Les participants suivants présentent leurs activités : la PTB présente l'état d'avancement de son système hydrostatique pour la mesure de la masse volumique du mercure, les groupes de travail sur les pressions ont exprimé leur intérêt pour ces travaux ; le NPL présente l'état d'avancement de ses systèmes pour la mesure de la masse volumique ; l'IMGC présente de

nouvelles méthodes pour effectuer des étalonnages rapides de la masse volumique ; le KRISS fait part d'une nouvelle installation destinée aux études d'état de surface des cristaux de silicium ; le NRLM présente l'état d'avancement de ses nouveaux systèmes hydrostatiques pour les mesures de masse volumique, un volumètre acoustique, et un appareil pour l'étalonnage d'hydromètres.

2.3 Club sur les balances

M. Quinn fait un rapport sur la réunion du Club sur les balances qui s'est tenue au BIPM, le 11 mai 1999. Cette réunion a été l'occasion de présenter des balances particulières (NRLM, SMU), et de discussions générales sur les techniques de pesées et les échangeurs de masses. M. Quinn présente l'état d'avancement de la balance à suspensions flexibles du BIPM et évoque la possibilité de la commercialiser, si certains membres du CCM le demandent. Dans le cadre de cette réunion, les participants ont eu la possibilité de voir la balance à suspensions flexibles du BIPM et l'installation pour la mesure de la susceptibilité magnétique.

3 RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL SUR LA FORCE

M. Peters présente le rapport du Groupe de travail sur la force, faisant référence au document CCM99-1 (révisé).

Le groupe de travail s'est réuni en octobre 1998 à Sydney, Australie. La principale activité de ce groupe a été d'organiser des comparaisons clés dans le domaine situé entre 5 kN et 4 MN. Les comparaisons débuteront en l'an 2000 et se poursuivront jusqu'en 2004. Les comparaisons ont été classées en trois catégories :

- a) forces faibles, de 5 kN à 10 kN : le MIKES sera le laboratoire pilote, et la comparaison devrait avoir lieu en 2000-2001 ;
- b) forces moyennes, de 50 kN à 100 kN : le NPL sera le laboratoire pilote, la comparaison devrait avoir lieu en 2001-2002 ;

c) forces élevées :

- entre 500 kN et 1 MN : la PTB sera le laboratoire pilote, la comparaison devrait avoir lieu en 2003-2004,
- entre 2 MN et 4 MN : le NIST sera le laboratoire pilote, la comparaison devrait avoir lieu en 2002-2003.

Toutes les mesures seront effectuées en compression et à une température de $(20 \pm 0,2)$ °C. M. Peters annonce une réunion des laboratoires pilotes et du président du groupe de travail qui aura lieu au BNM-LNE les 17 et 18 mai 1999 pour discuter de la procédure à suivre pour les comparaisons clés.

La question de la liaison entre les comparaisons clés et les comparaisons régionales a été discutée.

M. Peters explique quels sont les facteurs qui participent au choix de stratégie pour mettre en œuvre les comparaisons, y compris le coût et l'efficacité. Il dit aussi que ces comparaisons ne peuvent pas être répétées fréquemment. Le groupe de travail a discuté de la fréquence des comparaisons clés et a décidé que, pour les machines à masse suspendue, l'intervalle le plus long serait de quinze ans alors que pour les machines hydrauliques et les machines à amplification à levier, il serait de dix ans.

Au cours des années, le Groupe de travail sur la force a organisé de nombreuses comparaisons bilatérales ou multilatérales. Ces travaux dont les références bibliographiques sont données dans le document CCM99-1 (révisé) figureront dans la liste des comparaisons clés provisoires.

La prochaine réunion de ce groupe de travail se tiendra au NIST en 2001.

4 RAPPORTS DES GROUPES DE TRAVAIL SUR LES PRESSIONS

4.1 Hautes pressions

Le Groupe de travail sur les hautes pressions s'est réuni au BIPM le 11 mai 1999. M. Molinar présente le rapport sur les activités de ce groupe de travail, faisant référence au document CCM99-3.

La conférence sur la métrologie des pressions et du vide, organisée par le CCM, s'est tenue à Turin, Italie, du 3 au 7 mai 1999. Cent douze participants,

venant de vingt-sept pays différents, y ont assisté. Les comptes rendus de cette conférence ont été publiés dans *Metrologia*, 1999, **36**, n° 6. Une prochaine conférence est en préparation.

L'état d'avancement des comparaisons clés du CCM est présenté :

- 1) étape A1 (50 kPa à 1 MPa), dont le laboratoire pilote est la PTB : mesures dimensionnelles et calcul de l'aire effective de deux ensembles piston-cylindre. Les mesures et le projet A du rapport sont terminés. La PTB soumettra le projet B du rapport au CCM au cours de l'été 1999.
- 2) étape A2 (50 kPa à 1 MPa), dont le laboratoire pilote est le BNM-LNE : comparaison de mesures de pressions en milieu gazeux et en mode relatif, avec les mêmes ensembles piston-cylindre que ceux utilisés dans l'étape A1. Les mesures et le projet A du rapport sont terminés. Le BNM-LNE soumettra le projet B du rapport au CCM durant l'été 1999.
- 3) étape B (80 kPa à 7 MPa), dont l'IMGC est le laboratoire pilote : comparaison de mesures de pressions en milieu gazeux et en mode relatif. Les mesures sont terminées et les résultats sont en cours d'évaluation. L'IMGC fera circuler le projet A du rapport aux participants durant l'été 1999. Le projet B du rapport devrait être disponible au début de l'an 2000.

La liaison éventuelle avec les comparaisons des organisations régionales de métrologie fait l'objet d'une discussion, pour les activités suivantes :

- projet de l'APMP, à 4 MPa, en milieu gazeux et en mode relatif ;
- projet d'EUROMET, à 100 MPa, en milieu liquide ;
- comparaison multilatérale entre le KRISS, le NIST, le NPLI et le NRLM, à 500 MPa, en milieu liquide, que l'on pourrait éventuellement lier à la comparaison d'EUROMET à 1 GPa.

L'état d'avancement des comparaisons effectuées au cours des dix dernières années dans le domaine des hautes pressions est examiné en vue d'inclure provisoirement leurs résultats dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Le groupe de travail a décidé d'adopter, à titre provisoire, les comparaisons suivantes comme comparaisons clés :

- comparaison à 100 MPa, en milieu liquide (*Metrologia*, 1991, **28**, 419-424) ;
- comparaison à 1 GPa, en milieu liquide, organisée par l'EUROMET (*Metrologia*, 1993/94, **30**, 55-60).

Des discussions sur les principaux centres d'intérêt pour les comparaisons clés dans le domaine des hautes pressions débutent et une grande majorité des

participants pensent qu'il est réellement nécessaire de se concentrer sur le domaine de pression de l'ordre de 100 MPa en milieu liquide. Cela impliquera de faire la liaison entre la comparaison d'EUROMET déjà achevée et d'autres comparaisons analogues qui seront organisées par l'APMP et par le SIM. Il faudra aussi coordonner les efforts entre les organisations régionales de métrologie en question, et définir quels en sont les participants communs, afin de relier entre elles toutes les comparaisons régionales.

4.2 Moyennes pressions

Le Groupe de travail sur les moyennes pressions s'est réuni au BIPM le 10 mai 1999. M. Simpson présente son rapport sur les activités du groupe de travail.

L'état d'avancement de la comparaison en cours dans le domaine situé entre 10 kPa et 120 kPa est discuté. Toutes les mesures devraient être terminées en juillet 2000. Les projets de rapport A et B devraient être achevés en l'an 2000.

Le groupe de travail a discuté de la possibilité d'accorder le statut de comparaison clé provisoire à la comparaison d'étalons de pression dans le domaine situé entre 10 kPa et 140 kPa qui a été effectuée entre 1983 et 1995. Le groupe a examiné différents choix possibles pour le calcul des valeurs de référence de la comparaison et a décidé de choisir les valeurs médianes parce qu'elles sont robustes dans le cas de résultats aberrants. Les résultats ont fait l'objet d'une discussion et leur analyse sera distribuée aux participants. Il faudra confirmer les résultats individuels qui seront utilisés pour fournir les valeurs préliminaires des degrés d'équivalence pour la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

Les liens avec les organisations régionales de métrologie sont discutés. Le groupe de travail suggère que l'EUROMET entreprenne une comparaison entre les pays nordiques dans le domaine compris entre 95 kPa et 105 kPa, de manière à effectuer le lien avec la comparaison clé du CIPM à 101 kPa. La possibilité de faire un lien entre une comparaison de l'APMP dans le domaine situé entre 20 kPa et 105 kPa et la comparaison clé du CIPM est discutée ; il faudra d'abord s'assurer de la compatibilité entre les protocoles des deux comparaisons.

4.3 Basses pressions

Le Groupe de travail sur les basses pressions s'est réuni au BIPM le 10 mai 1999. M. Tilford présente les activités du groupe de travail.

L'état d'avancement des trois comparaisons clés dont le NIST est le laboratoire pilote est présenté :

- 1) entre 1 Pa et 1000 Pa, en mode absolu (CCM.P-K4) : les mesures devraient être achevées en septembre 1999, et le projet A du rapport devrait être prêt en janvier 2000 ;
- 2) entre 1 Pa et 1000 Pa, mesures différentielles relatives à une valeur nominale de 100 kPa (CCM.P-K5) : les mesures devraient être achevées en septembre 1999, et le projet A du rapport devrait être prêt en janvier 2000 ;
- 3) entre 1 μ Pa et 1 mPa (CCM.P-K3) : la circulation de l'étalon de transfert a débuté en janvier 1999. Les mesures devraient se terminer en septembre 2000.

Une nouvelle comparaison clé dans le domaine situé entre 1×10^{-4} Pa et 1 Pa a été proposée et discutée. Les résultats d'une comparaison du CCM dans ce domaine ont été publiés en 1989, mais ces résultats sont maintenant assez anciens, certaines valeurs datant de 1981. Le groupe de travail a toutefois décidé de reporter toute décision tant que les comparaisons en cours ne sont pas achevées. Il a été aussi décidé d'achever toutes les comparaisons en cours en priorité, et de ne pas retarder leur date d'achèvement en acceptant de nouveaux participants.

Les déclarations provisoires des degrés d'équivalence, fondées sur les résultats des comparaisons déjà publiés, sont discutées dans le domaine compris entre 1×10^{-7} Pa et 1 mPa et entre 1×10^{-4} Pa et 1 Pa. Dans le premier cas, une analyse complémentaire des résultats est demandée, et la décision est ajournée à la fin de l'année 1999, date à laquelle les résultats seront disponibles. Dans le second cas, six laboratoires ont déclaré vouloir inclure leurs résultats comme déclarations provisoires.

Le groupe de travail a souligné la difficulté d'extraire des comparaisons clés des résultats utiles d'un point de vue scientifique, puisque ces comparaisons doivent maintenant être accomplies sur des périodes de temps limitées afin d'obtenir des déclarations d'équivalence destinées à soutenir l'arrangement de reconnaissance mutuelle. Il a aussi souligné la charge de travail que représente le programme de comparaisons clés pour les laboratoires nationaux de métrologie. Ces questions ont été discutées le jour suivant, dans le cadre de la réunion des groupes de travail sur les pressions.

4.4 Réunion des groupes de travail sur les pressions

Les groupes de travail sur les hautes, moyennes et basses pressions ont tenu une réunion commune au BIPM le 11 mai 1999. La réunion a été consacrée aux problèmes communs aux trois groupes, principalement l'organisation et le déroulement des comparaisons clés. En 1996, le CCM a approuvé six comparaisons clés d'étalons de pression. Ces comparaisons ont été choisies parce qu'elles sont nécessaires pour valider les principales techniques utilisées pour réaliser le pascal sur les quatorze à dix-huit domaines de pression conservés par certains laboratoires nationaux de métrologie. Deux des comparaisons comprennent différentes étapes, ce qui représente au total neuf comparaisons. Toutes ces comparaisons, sauf une, ont commencé et les mesures sont terminées pour plusieurs d'entre elles.

L'achèvement de ce programme déjà ambitieux a été compliqué par la demande, datant de 1996, d'analyser les résultats de manière à permettre le calcul des degrés d'équivalence, dans le contexte de l'arrangement de reconnaissance mutuelle, et d'établir des liens avec les comparaisons analogues effectuées sous l'égide des organisations régionales de métrologie. En effet, dans un cas au moins, le Groupe de travail sur les moyennes pressions s'est vu demander d'organiser une comparaison clé supplémentaire pour disposer de valeurs de référence pour la comparaison régionale en cours, dont le groupe de travail n'avait pas été informé précédemment. Les spécifications techniques des comparaisons ont imposé une lourde charge aux laboratoires pilotes et à de nombreux participants. Pour beaucoup d'entre eux, les demandes résultant de l'arrangement de reconnaissance mutuelle ont accru la charge de travail et la perspective d'avoir à faire face aux besoins divers des régions est source de tracas.

Ces questions sont évoquées longuement, la discussion portant en particulier sur une proposition de M. Simpson de réduire à trois le nombre des comparaisons clés et de restreindre aussi les domaines de pressions concernés. Les participants sont d'avis que trois comparaisons ne suffiront pas à vérifier les principales techniques au plus haut niveau d'exactitude. Cependant, les comparaisons en cours, ainsi que de nouvelles comparaisons qui s'avèreraient nécessaires et qui ne seraient pas classifiées « clés », peuvent répondre aux besoins techniques, sans adhérer strictement aux procédures requises par l'arrangement de reconnaissance mutuelle.

M. Quinn suggère alors, puisque l'on dispose déjà des résultats de plusieurs comparaisons clés mises en œuvre depuis 1996 et que d'autres sont attendus sous peu, de ne prendre aucune décision pour le moment et de rediscuter de

cette question d'ici un ou deux ans, après analyse des résultats des comparaisons. Les participants approuvent sa proposition.

Les mesures ayant déjà débuté (elles constituent une option proposée pour la comparaison clé existante) et comme il existe déjà une comparaison clé régionale y correspondant, il est aussi décidé de proposer au CCM une septième comparaison clé d'étalons de pression en milieu gazeux et en mode relatif dans le domaine situé entre 10 kPa et 120 kPa. Les participants manifestent aussi leur intérêt pour une comparaison en mode relatif d'étalons en milieu huileux dans le domaine situé entre 10 MPa et 100 MPa ; il est décidé de demander au CCM de considérer cette comparaison comme une comparaison clé.

5 RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL SUR LA CONSTANTE D'AVOGADRO ET PROGRÈS DES AUTRES TRAVAUX EN COURS SUR UNE ÉVENTUELLE NOUVELLE DÉFINITION DU KILOGRAMME

5.1 Rapport du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro

En l'absence de M. Becker, président du Groupe de travail sur la constante d'Avogadro, M. Gläser présente le rapport de ce groupe de travail (document CCM99-8). La dernière réunion de ce groupe a eu lieu en liaison avec la CPEM à Washington DC, en juillet 1998.

Le principal motif de préoccupation reste les différences constatées dans la détermination du volume molaire du silicium de différents cristaux. On pense qu'elles pourraient être dues à des impuretés ou à des défauts de réseau impossibles à déceler de manière traditionnelle. Différentes expériences destinées à étudier les défauts du cristal ont été mises en œuvre au NIST, à la PTB et à l'université d'Harvard. Les résultats n'étant pas concluants, l'exactitude des déterminations de la masse molaire à l'IRMM a été remise en question. Des mesures différentielles de la masse molaire ont été faites à Beijing, Chine. Tout d'abord, certains résultats ne semblaient pas en accord avec les mesures absolues effectuées à l'IRMM*. D'autres études devraient

* Lors d'une réunion ultérieure du groupe de travail, en septembre 1999, il a été démontré qu'après une comparaison plus méticuleuse, les résultats obtenus à l'IRMM

être effectuées dans un proche avenir. Le BIPM, le CSIRO, l'IMGC, l'IRMM, le KRISS, le NIST et la PTB ont présenté un résumé de leurs activités.

5.2 Progrès des autres travaux en cours sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme

M. Gläser présente les travaux en cours sur une nouvelle définition éventuelle du kilogramme et les progrès réalisés depuis 1996 (document CCM99-9).

5.2.1 Balance du watt

- NIST : la balance du watt du NIST fonctionne avec un étalon de masse en or de 1 kg. Les dernières mesures ont été présentées en 1998, l'incertitude relative est de $8,7 \times 10^{-8}$. Les principales composantes de l'incertitude sont attribuées à l'indice de réfraction de l'air et à l'alignement de l'appareil (*Phys. Rev. Lett.*, 1998, **81**, 2402-2407). La balance du watt du NIST est actuellement en cours d'installation dans le vide.
- NPL : des améliorations et modifications sont présentées, y compris une liaison directe avec un réseau de jonctions de Josephson, le remplacement de l'étalon de masse en platine iridié de 1 kg par une masse en cuivre doré de 1 kg, et la réduction des vibrations du sol.
- OFMET : une nouvelle balance du watt est en cours de fabrication. Elle fonctionnera avec une masse de 100 g et sera très compacte. Elle sera fondée sur une balance commerciale modifiée, et sur un mécanisme de suspension qui permet de découpler la fonction pesée de la fonction déplacement. Le système est en cours de construction et devrait être opérationnel à la fin de l'an 2000.

5.2.2 Lévitatie magnétique

Le système du NRLM maintient en lévitation une masse de 25 g. De nombreuses améliorations et modifications ont été apportées à cette expérience, y compris un système permettant d'assurer la stabilité du zéro du

et ceux présentés par le laboratoire de Beijing sont en excellent accord. Les différences de volume molaire restent donc inexplicables.

SQUID et un système pour les mesures de déplacement vertical. La reproductibilité est actuellement de l'ordre de plusieurs 10^{-6} .

5.2.3 Dépôt d'ions

La PTB présente ses premières mesures de dépôts obtenus à l'aide d'un faisceau d'ions d'or au taux de 9 ng/s avec un courant d'ions de 7 μ A. Les travaux à venir concerneront en particulier la mesure des particules déposées par pulvérisation cathodique, l'utilisation d'un courant d'ions plus intense, et la spectroscopie de masse de l'or déposé afin de contrôler sa teneur en impuretés.

5.2.4 Balances de tension

Le CSIRO et la PTB ont cessé leurs activités en ce domaine. L'ETF (Zagreb) poursuit ses travaux et a réduit son incertitude. L'IMGC travaille sur un dispositif de ce type ; des mesures d'essai ont été présentées en 1998.

M. Iizuka mentionne la possibilité que le Groupe de travail du CCEM sur la redéfinition du kilogramme se joigne au CCM ou, du moins, coordonne ses activités avec celles du CCM. M. Iizuka confirme que le CCM continue à s'intéresser à l'état d'avancement des travaux et aux progrès réalisés sur le « contrôle du kilogramme ».

6 RAPPORT DU GROUPE DE TRAVAIL *AD HOC* SUR LA DURETÉ

M. Iizuka présente les activités du Groupe de travail *ad hoc* sur la dureté (document CCM99-12). Le groupe de travail s'est réuni au BIPM le 10 mai 1999. Il est composé de représentants de laboratoires nationaux de métrologie et de l'IMEKO, de l'ISO et de l'OIML. Un sous-groupe de travail composé de l'IMGC, du NIST, du NPL, du NRLM et de la PTB a été créé pour étudier les problèmes liés à la définition des protocoles pour les échelles de dureté de Rockwell. Une comparaison internationale d'échelles de Rockwell utilisant des pénétrateurs coniques à tête de diamant, organisée par l'ISO et par l'Union européenne, est en cours. Il a été proposé que cette comparaison serve de comparaison clé provisoire. Les comparaisons clés à venir

concernent les mesures géométriques de pénétrateurs coniques à tête de diamant utilisées pour mesurer le degré de dureté d'échelles de Rockwell et concernent aussi l'échelle de dureté de Vickers. Les discussions sur les comparaisons clés d'autres échelles de dureté auront lieu lors de la prochaine réunion du groupe de travail en septembre 2000.

7 LES COMPARAISONS CLÉS ET L'ARRANGEMENT DE RECONNAISSANCE MUTUELLE

7.1 Comparaisons en cours

M. Quinn présente l'arrangement de reconnaissance mutuelle et les comparaisons clés. Les participants sont préoccupés de la charge de travail imposée aux laboratoires participant aux comparaisons clés. Le lien entre les comparaisons clés du CIPM et celles des organisations régionales de métrologie est évoqué et M. Quinn souligne que l'un des rôles du laboratoire pilote d'une comparaison clé est de s'assurer de la participation de laboratoires nationaux de métrologie appartenant à toutes les organisations régionales de métrologie, dans la mesure du possible.

Certains craignent une dégradation de l'incertitude sur le degré d'équivalence lorsqu'on lie les résultats d'une comparaison clé du CIPM à celles correspondantes mises en œuvre par les organisations régionales de métrologie ; l'impact de ces petites différences entre les incertitudes est préoccupant aussi pour le commerce. M. Iizuka souligne que les utilisateurs de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés doivent être informés de la signification et de l'interprétation des résultats afin de minimiser les erreurs d'interprétation et tout impact négatif.

M. Quinn présente l'état d'avancement de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Elle est mise en œuvre en collaboration avec le NIST et elle contiendra uniquement les informations contenues dans le rapport final des comparaisons clés.

La liste des comparaisons clés proposées par les groupes de travail du CCM est présentée par Mme Thomas du BIPM. Cette liste est approuvée par le CCM ; elle est disponible sur le site Internet du BIPM.

7.2 Comparaisons achevées au cours des dix années passées ; choix des résultats provisoires à inclure dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés

Les comparaisons clés provisoires sont discutées. Quand on ne dispose pas encore de résultats de comparaisons clés, on peut accepter à titre provisoire les résultats de comparaisons passées. Les résultats provisoires ne concerneront que la liste des participants et les références bibliographiques. Les Comités consultatifs décideront quelles comparaisons seront considérées comme comparaisons clés ; ils délègueront leur autorité aux présidents des groupes de travail pour choisir les comparaisons passées à prendre en compte dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Des comparaisons clés provisoires particulières, approuvées par le CCM, ont été discutées dans le cadre de la présentation des rapports des groupes de travail.

7.3 Création d'un groupe de travail sur les comparaisons clés

Le président propose de créer un groupe de travail sur les comparaisons clés. Ce groupe aurait pour fonction de coordonner les comparaisons organisées au sein du CCM. En raison de la variété des procédures utilisées dans ses comparaisons clés, le CCM s'oppose à cette proposition et décide de laisser cette responsabilité aux groupes de travail existants. Les présidents des groupes de travail auront la responsabilité de proposer des comparaisons clés au président du CCM, lequel aura autorité pour approuver les rapports des comparaisons clés et en discuter avec les présidents des groupes de travail si nécessaire.

8 ACTIVITÉS AU BIPM

M. Davis présente les travaux effectués au BIPM dans le domaine de la masse et de la masse volumique. Le BIPM était le laboratoire pilote d'une comparaison clé d'étalons de 1 kg (se référer au rapport d'activités du Groupe de travail sur les étalons de masse). M. Davis commente les résultats des étalonnages de prototypes de 1 kg du BIPM par comparaison au prototype n° 25, en faisant référence au document CCM99-7. Un rapport sur l'état d'avancement de la balance à suspensions flexibles du BIPM est présenté.

Les autres activités au BIPM concernent la participation à une comparaison d'EUROMET de mesures directes de la masse volumique de l'air, des études sur la stabilité d'objets en silicium, l'acquisition d'une seconde balance de portée 1 kg pour les étalonnages, la construction d'un nouveau système de pesées hydrostatiques, un nouveau type de réfractomètre destiné à contrôler les variations de la masse volumique de l'air, l'amélioration des mesures de susceptibilité magnétique, et un projet sur l'utilisation de l'ellipsométrie pour étudier la contamination de surface des étalons de masse. M. Davis dit aussi que le personnel de la section des masses a été renforcé.

9 COMPOSITION DES GROUPES DE TRAVAIL

La composition des groupes de travail est discutée, de nombreux laboratoires avaient demandé à en être membres et d'autres, présents à la réunion, se disent intéressés à en faire partie. La liste des membres des groupes de travail figure dans le « Directory of Consultative Committees », que l'on peut se procurer sur demande auprès du BIPM ou sur le serveur Internet du BIPM.

10 QUESTIONS DIVERSES

10.1 Projet de résolution présenté à la 21^e Conférence générale

Le président du CCM dit que le Comité international a présenté un projet de résolution à la 21^e Conférence générale des poids et mesures relatif à la définition du kilogramme et à la nécessité que les laboratoires nationaux poursuivent leurs expériences pour relier l'unité de masse à des constantes fondamentales ou atomiques (ce projet de résolution a été adopté en tant que Résolution 7 de la 21^e Conférence générale).

10.2 Bibliographie

M. Quinn invite les participants à soumettre sous forme électronique une bibliographie des travaux publiés dans les domaines qui intéressent le CCM. Cette bibliographie sera consultable sur le site Internet du BIPM.

10.3 Date de la prochaine session

Après une brève discussion, le président annonce que la prochaine session devrait avoir lieu au BIPM en mai 2002.

Le président remercie tous les participants et déclare la séance close.

Z.J. Zabbour, rapporteur
révisé août 2000

ANNEXE M 1.

Documents de travail présentés à la 7^e session du CCM

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

Document CCM

- 99-1 (révisé) Groupe de travail du CCM sur la force. — Minutes of the meeting of the CCM Working Group on Force held at CSIRO-NML, Lindfield, Sydney, 20-23 October 1998, 8 p.
- 99-2 NIM (Chine). — Agreement of force standards between China and other countries/regions, Li Qingzhong, 7 p.
- 99-3 Groupe de travail du CCM sur les hautes pressions. — Report of activities of the CCM Working Group on High Pressure, period May 1996-May 1999, G. Molinar, 5 p.
- 99-4 NRLM (Japon). — Density standard at the NRLM, K. Fujii, M. Tanaka, 8 p.
- 99-5 BNM-LNE (France). — Study for a 50 kg key comparison, A. Gosset, T. Madec, 12 p.
- 99-6 VNIIM (Féd. de Russie). — Laboratory of mass standards – D.I. Mendeleyev Institute for Metrology, N.G. Domostroyeva, V.S. Alexandrov, 3 p.
- 99-7 (révisé) BIPM. — Determination of the 1 kg prototypes and standards of the BIPM with respect to prototype No. 25, R.S. Davis, J. Coarasa, 9 p.
- 99-8 Groupe de travail sur la constante d'Avogadro. — Report of the CCM Working Group on the Avogadro Constant for the 7th CCM meeting, P. Becker, 2 p.
- 99-9 PTB (Allemagne). — Progress toward monitoring the international prototype of the kilogram – State in 1999, M. Gläser, 4 p.

Document
CCM

- 99-10 (révisé) Groupe de travail du CCM sur les étalons de masse. — Report of the CCM Working Group on Mass Standards to the CCM on the activity 1996-1999, May 1999, M. Plassa, 5 p.
- 99-11 (révisé) Groupe de travail du CCM sur la masse volumique. — Minutes of a meeting of the CCM Working Group on Density, 11 May 1999, S. Downes, 4 p.
- 99-12 Groupe de travail *ad hoc* du CIPM sur la dureté. — Summary of the second meeting of the *ad hoc* Working Group on Hardness, 10 May 1999, 2 p.

LISTE DES SIGLES UTILISÉS DANS LE PRÉSENT VOLUME

1 Sigles des laboratoires, commissions et conférences

APMP	Asia/Pacific Metrology Programme
BIPM	Bureau international des poids et mesures
BNM	Bureau national de métrologie, Paris (France)
BNM-INM	Bureau national de métrologie : Institut national de métrologie, Paris (France)
BNM-LNE	Bureau national de métrologie : Laboratoire national d'essais, Paris (France)
CCE*	Comité consultatif d'électricité, <i>voir</i> CCEM
CCEM	(ex CCE) Comité consultatif d'électricité et magnétisme
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées
CEM	Centro Español de Metrologia, Madrid (Espagne)
CENAM	Centro Nacional de Metrologia, Mexico (Mexique)
CIPM	Comité international des poids et mesures
CSIR-NML	Council for Scientific and Industrial Research, National Metrology Laboratory, Pretoria (Afrique du Sud)
CSIRO-NML	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, National Measurement Laboratory, Lindfield (Australie)
ETF	Elektrotehnicki Fakultet/Faculty of Electrical Engineering, Zagreb (Croatie)
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
GUM	Office central des mesures/Główny Urząd Miar, Varsovie (Pologne)
IMEKO	International Measurement Confederation
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
IRMM	Institut des matériaux et mesures de référence, Commission européenne/ Institute for Reference Materials and Measurements, European Commission

ISO	Organisation internationale de normalisation
KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science, Taejon (Rép. de Corée)
LNE*	Laboratoire national d'essais, Paris (France), <i>voir</i> BNM-LNE
MIKES	Mittatekniikan Keskus, /Centre for Metrology and Accreditation, Helsinki (Finlande)
MSL-IRL	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)
NMi-VSL	Nederlands Meetinstituut, Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas)
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)
OFMET	Office fédéral de métrologie/Eidgenössisches Amt für Messwesen, Wabern (Suisse)
OIML	Organisation internationale de métrologie légale
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig et Berlin (Allemagne)
SIM	Sistema Interamericano de Metrologia
SMU	Slovenský Metrologický Ústav/Slovak Institute of Metrology, Bratislava (Slovaquie)
SP	SP Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut/ Swedish National Testing and Research Institute, Borås (Suède)
VNIIM	Institut de métrologie D.I. Mendéléev du Gosstandart de Russie, Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie)
VSL*	Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas), <i>voir</i> NMi-VSL

2 Sigle de terme scientifique

SQUID	Superconducting Quantum Interference Device
-------	---