

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES



COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA MASSE  
ET LES GRANDEURS APPARENTÉES

Rapport de la 6<sup>e</sup> session  
Report of the 6th Meeting

1996

Organisation intergouvernementale de la Convention du Mètre

**COMITÉ CONSULTATIF POUR LA MASSE**  
**ET LES GRANDEURS APPARENTÉES**

SESSION DE 1996

MEETING IN 1996

---

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES



COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA MASSE  
ET LES GRANDEURS APPARENTÉES

Rapport de la 6<sup>e</sup> session  
Report of the 6th Meeting

1996

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

ISSN 1016-3778

ISBN 92-822-2150-4

---

LISTE DES SIGLES UTILISÉS DANS LE PRÉSENT VOLUME  
LIST OF ACRONYMS USED IN THE PRESENT VOLUME

---

**Sigles des laboratoires, commissions et conférences**  
**Acronyms for laboratories, committees and conferences**

APMP	Asia/Pacific Metrology Programme
*BCM/CBNM	Bureau central de mesures nucléaires/Central Bureau for Nuclear Measurements, IMMR-CCE, Geel (Belgique), <i>voir</i> IMMR
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)
*CBNM	<i>voir</i> BCMN, devenu IRMM
CCM	Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées
CEM	Centro Español de Metrologia, Madrid (Espagne)
CGPM	Conférence générale des poids et mesures
CIPM	Comité international des poids et mesures
COOMET	Cooperation in Metrology among the Central European Countries
CPEM	Conference on Precision Electromagnetic Measurements
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, National Measurement Laboratory, Lindfield (Australie)
EUROMET	European Collaboration on Measurement Standards
IEN	Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Turin (Italie)
IGM	Inspection générale de la métrologie, Bruxelles (Belgique)
IMGC	Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Turin (Italie)
INM	Institut national de métrologie, Paris (France), <i>voir</i> BNM
IMMR/IRMM	(ex BCMN) Institut des matériaux et mesures de référence/ Institute for Reference Materials and Measurements, Geel (Belgique)
IRMM	<i>voir</i> IMMR
ISO	Organisation internationale de normalisation/International Organization for Standardization

---

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

\* Organizations marked with an asterisk either no longer exist or operate under a different acronym.

KRISS	(ex KSRI) Korea Research Institute of Standards and Science, Taejon (Rép. de Corée)
*KSRI	Korean Standards Research Laboratory, Taejon (Rép. de Corée), <i>voir</i> KRISS
LNE	Laboratoire national d'essais, Paris (France), <i>voir</i> BNM
*NBS	National Bureau of Standards, Gaithersburg (É.-U. d'Amérique), <i>voir</i> NIST
NIM	Institut national de métrologie/National Institute of Metrology, Beijing (Rép. pop. de Chine)
NIST	(ex NBS) National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg (É.-U. d'Amérique)
NMi	(ex VSL) Nederlands Meetinstituut, 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/National Research Council of Canada, Ottawa (Canada)
NRLM	National Research Laboratory of Metrology, Tsukuba (Japon)
OFMET	Office fédéral de métrologie, Wabern (Suisse)
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig et Berlin (Allemagne)
SIM	Sistema Interamericano de Metrologia
SMU	Slovenský Metrologický Ústav, Bratislava (Rép. slovaque)
SP	(ex Statens Provningsanstalt) Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut/Swedish National Testing and Research Institute, Borås (Suède)
VNIIFTRI	Institut des mesures physico-techniques et radiotechniques/All- Russian Research Institute for Physical, Technical and Radio- Technical Measurements, Moscou (Féd. de Russie)
VNIIM	Institut de métrologie D. I. Mendéléev/D. I. Mendeleyev Institute for Metrology, Saint-Pétersbourg (Féd. de Russie)
*VSL	Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas), <i>voir</i> NMi

---

## 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 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).

La Conférence générale rassemble des délégués de tous les États membres de la Convention du Mètre et se réunit actuellement tous les quatre ans. Elle reçoit à chacune de ses sessions le rapport du Comité international sur les travaux accomplis, et a pour mission :

- 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 les décisions importantes concernant 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 CIPM 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.

---

\* Au 31 décembre 1996, quarante-huit États sont membres de cette Convention : Afrique du Sud, Allemagne, Amérique (É.-U. d'), Argentine (Rép. d'), Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Bulgarie, Cameroun, Canada, Chili, Chine (Rép. pop. de), Corée (Rép. de), Corée (Rép. pop. dém. de), Danemark, Dominicaine (Rép.), Égypte, Espagne, Finlande, France, Hongrie, Inde, Indonésie, Iran, Irlande, Israël, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Nouvelle-Zélande, Pakistan, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni, Russie (Féd. de), Singapour, Slovaque (Rép.), Suède, Suisse, Tchéque (Rép.), Thaïlande, Turquie, Uruguay, Venezuela.

Environ quarante-cinq physiciens ou 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 CIPM 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 en accord avec le Comité international, qui envoient des délégués de leur choix. Ils comportent aussi des membres nominativement désignés par le Comité international, et un représentant du Bureau international. Ces comités sont actuellement au nombre de neuf :

1. Le 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 pour la définition du mètre (CCDM), créé en 1952 ;
5. Le Comité consultatif pour la définition de la seconde (CCDS), créé en 1956 ;
6. Le Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants (CEMRI), 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 CIPM 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.

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* ;
- *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 BIPM font l'objet d'une publication dans des publications extérieures ; une liste en est donnée chaque année dans les *Procès-verbaux* 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.

---



---

**Comité international des poids et mesures**

*Secrétaire*  
J. KOVALEVSKY

*Président*  
D. KIND

---

LISTE DES MEMBRES

DU

COMITÉ CONSULTATIF

POUR LA MASSE ET LES GRANDEURS APPARENTÉES

---

*Président*

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

*Membres*

BUREAU NATIONAL DE MÉTROLOGIE, Paris : Institut national de métrologie  
[BNM-INM] du Conservatoire national des arts et métiers, Paris.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES DU CANADA [NRC], Ottawa.

CSIRO, National Measurement Laboratory [CSIRO], Lindfield.

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], Taejon.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY [NIST], Gaithersburg.

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY [NPL], Teddington.

NATIONAL RESEARCH LABORATORY OF METROLOGY [NRLM], Tsukuba.

NEDERLANDS METINSTITUUT : Van Swinden Laboratorium [NMI-VSL],  
Delft.

OFFICE FÉDÉRAL DE MÉTROLOGIE [OFMET], Wabern.

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT [PTB], Braunschweig et Berlin.

SLOVENSKÝ METROLOGICKÝ ÚSTAV [SMU], Bratislava.

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

---

## ORDRE DU JOUR

de la 6<sup>e</sup> session

---

1. Ouverture de la session ; désignation d'un rapporteur.
  2. Rapports des groupes de travail sur la masse :
    - Étalons de masse ;
    - Masse volumique.
  3. Rapport du Groupe de travail sur la force.
  4. Rapports des groupes de travail sur les pressions :
    - Hautes pressions ;
    - Moyennes pressions ;
    - Basses pressions.
  5. Rapport du groupe de travail *ad hoc* sur la constante d'Avogadro et progrès des autres travaux sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme.
  6. Activités au BIPM.
  7. Équivalence des étalons nationaux de mesure.
  8. Composition des groupes de travail.
  9. Questions diverses :
    - Déclaration sur l'unité de pression ;
    - Prochaine session.
-

---

RAPPORT  
DU  
COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA MASSE ET LES GRANDEURS APPARENTÉES  
(6<sup>e</sup> session — 1996)  
AU  
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES  
par M. PLASSA, rapporteur

---

Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) a tenu sa 6<sup>e</sup> session au Bureau international des poids et mesures, à Sèvres, les 29 et 30 mai 1996.

Étaient présents :

Le président :

K. IIZUKA, membre du CIPM.

Les délégués des laboratoires et organisations membres :

Bureau national de métrologie : Institut national de métrologie [BNM-INM], Paris (P. PINOT)/Laboratoire national d'essais [BNM-LNE], Paris (A. GOSSET).

Conseil national de recherches du Canada [NRC], Ottawa (G. D. CHAPMAN).

CSIRO, National Measurement Laboratory [CSIRO], Lindfield (E. C. MORRIS).

Institut national de métrologie [NIM], Beijing (Qing-Zhong Li).

Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Turin (M. PLASSA, G. F. MOLINAR).

Korea Research Institute of Standards and Science [KRISS], Taejon (Jin-Yeol Do).

National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg (C. R. TILFORD, Z. J. JABBOUR, S. L. YANIV).

National Physical Laboratory [NPL], Teddington (R. WILSON, D. I. SIMPSON).

National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Tsukuba (A. OOIWA, M. TANAKA).

Nederlands Meetinstituut : Van Swinden Laboratorium [NMI-VSL], Delft (R. MUIJLWIJK).

Office fédéral de métrologie [OFMET], Wabern (W. BEER).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig et Berlin (M. PETERS, M. GLÄSER).

Slovenský Metrologický Ústav [SMU], Bratislava (R. SPURNÝ).

Le directeur du Bureau international des poids et mesures [BIPM] (T. J. QUINN).

Assistaient aussi à la session :

P. GIACOMO (directeur honoraire du BIPM) ; M.-J. COARASA, R. S. DAVIS, G. GIRARD, J. MONPROFIT (BIPM) ; D. BLOMQUIST (NIST).

Non représenté :

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

## **1. Ouverture de la session ; désignation d'un rapporteur**

Le président ouvre la session et souhaite la bienvenue aux personnes présentes ; il fait un tour de table des délégués et autres participants. Mme Plassa est désignée comme rapporteur et l'ordre du jour est adopté.

Le président ouvre la discussion sur l'équivalence des étalons nationaux et rappelle qu'il avait demandé aux groupes de travail de discuter de ce sujet lors de leurs réunions, en se référant au document CCM/96-9, et d'identifier les comparaisons internationales clés pour rendre compte de l'équivalence. Il demande au directeur du BIPM de présenter la question. M. Quinn dit qu'il est de plus en plus demandé de rendre compte, documents à l'appui, de l'équivalence des étalons nationaux. Il est devenu évident qu'il n'est pas possible de répondre à cette demande en ajoutant, aux comparaisons internationales déjà organisées par le Comité international des poids et mesures (CIPM) ou ses comités consultatifs, un réseau d'accords fondés sur des comparaisons bilatérales, car cela entraînerait une charge de travail trop lourde. Il a donc été proposé que les comités consultatifs identifient et organisent dans chaque domaine un minimum de comparaisons clés, choisies de manière à vérifier les principales techniques, et de répéter ces comparaisons périodiquement. Il a été décidé que, pour chaque grandeur en question, ce sujet serait discuté lors de la présentation des rapports

des groupes de travail, puis, de manière générale, ultérieurement au cours de la session.

## **2. Rapports des groupes de travail sur la masse**

Le président informe le Comité que le CIPM a décidé que le groupe de travail *ad hoc* sur l'humidité, qui avait été créé lors de la 5<sup>e</sup> session du CCM en 1993, soit transféré sous la responsabilité du Comité consultatif de thermométrie, parce que la majorité des laboratoires d'hygrométrie sont rattachés aux départements de thermométrie.

Il demande ensuite aux présidents des groupes de travail de présenter leur rapport, en commençant par le Groupe de travail sur les étalons de masse.

### **2.1 Étalons de masse**

Mme Plassa fait référence à son rapport sur les activités du groupe de travail (CCM/96-3). La comparaison d'étalons de 1 kg en acier inoxydable entre treize laboratoires membres, dont le BIPM est le laboratoire pilote, est en cours. Deux paires d'étalons de 1 kg sont en circulation, certains résultats sur leur stabilité sont déjà disponibles et sont satisfaisants. Plusieurs des laboratoires membres participent aussi à l'une ou l'autre des quatre comparaisons régionales (APMP, COOMET, EUROMET, SIM) d'étalons de masse en acier inoxydable portant sur des étalons de 1 kg et des multiples (jusqu'à 5000 kg) et sous-multiples du kilogramme (jusqu'à 1 mg).

Plusieurs études ont été faites sur la stabilité des étalons de masse. Le NPL et la PTB ont étudié l'évolution de leurs prototypes de 1 kg en fonction du temps, et ils ont évalué l'incertitude qu'il convient d'affecter à leur masse; le NIM a vérifié l'effet du transport sur deux prototypes. La PTB a acquis une certaine expérience de l'utilisation de la méthode de nettoyage utilisée au BIPM pour les étalons de 1 kg en platine iridié et a étudié ses effets par ellipsométrie. Certains facteurs susceptibles d'affecter la stabilité des étalons en platine iridié ont été examinés : le NRLM a étudié l'adsorption de mercure sur les surfaces en platine iridié et a constaté que la quantité de mercure adsorbée dépend du traitement antérieur de la surface; l'IMGC a déterminé la quantité de gaz occlus dans les alliages de platine et d'iridium. D'autres études ont porté sur des étalons de masse en acier inoxydable et en superalliages : ces études concernent la stabilité et le nettoyage d'étalons de 1 kg en alacrite (BNM-INM), les effets des pesées hydrostatiques (NPL), les effets de l'eau bouillante et de l'eau à la température ambiante (IMGC), les effets de l'humidité et du vide (KRISS), les effets du polissage et du traitement à l'hydrogène sur la contamination de l'acier inoxydable (KRISS) et le nettoyage des

étalons en acier inoxydable (NRC, NMi-VSL). Trois études concernent la surface du silicium et du niobium : adsorption de l'humidité (NRLM) et mesure de la couche d'oxyde pour le silicium (CSIRO), stabilisation de la masse de niobium à la température ambiante (IMGC). Certains laboratoires s'occupent maintenant de masses plus élevées (IMGC, NPL, SMU) ou ont fabriqué des étalons de masse en matériaux spéciaux (IMGC, NIM).

Certains laboratoires ont entrepris de déterminer les propriétés physiques des étalons de masse : susceptibilité magnétique, aimantation permanente, centre de gravité (BIPM) ou détermination du volume au moyen d'un volumètre acoustique (NRLM). Certains laboratoires participent à une comparaison d'EUROMET sur la détermination des propriétés magnétiques d'étalons de 1 kg en acier inoxydable. L'automatisation du travail d'étalonnage est terminée au NIST et au NRC.

Lors de sa réunion au BIPM le 28 mai 1996, le Groupe de travail sur les étalons de masse a discuté des résultats de ces études et a décidé d'effectuer une enquête auprès des laboratoires membres sur leur manière de mettre en oeuvre les méthodes habituelles de nettoyage des étalons de masse en acier inoxydable.

Le président du CCM et le directeur du BIPM ont participé aux discussions du groupe à propos de la traçabilité et il a été décidé que les comparaisons clés doivent rendre compte de la traçabilité, au niveau non seulement du kilogramme, mais aussi de ses multiples et sous-multiples.

## **2.2 Masse volumique**

M. Davis présente son rapport sur les activités du Groupe de travail sur la masse volumique, en faisant référence au document CCM/96-17, document qui a été préparé avant la réunion du groupe de travail le 27 mai 1996.

Au cours de ces dernières années, des mesures de la dilatation et de la masse volumique absolue de l'eau ont été faites au CSIRO et au NRLM, et d'autres mesures sont en cours à la PTB. Les résultats relatifs à la dilatation concordent de manière satisfaisante et les mesures de la masse volumique absolue montrent des différences à peine significatives. Le groupe de travail (CSIRO, IMGC, NRLM) qui avait été établi pour mettre au point une table à recommander pour la masse volumique de l'eau n'a pas pu se réunir avant la session du CCM, mais il prévoit de se réunir au mois de juin 1996, au moment de la CPEM'96 : ses membres décideront alors s'il convient ou non de produire une nouvelle table ou d'attendre de nouvelles données.

Certains membres du groupe de travail (BIPM, NPL, PTB, SP) participent à un projet d'EUROMET sur la détermination directe de la masse volumique de l'air, avec la PTB comme laboratoire pilote. Les participants doivent rechercher la différence de masse entre deux objets d'essai voyageurs, de masses et de surfaces à peu près identiques, mais

dont les volumes diffèrent d'environ 80 cm<sup>3</sup>, soit à peu près la différence entre les volumes de deux étalons de 1 kg, l'un en platine iridié et l'autre en acier inoxydable. Un accord satisfaisant a été obtenu, et les petites différences observées peuvent être expliquées par des incertitudes dans l'écriture de l'équation d'état de l'air humide ou dans les valeurs des divers paramètres entrant dans le calcul. D'autres membres du groupe pourraient participer à ce travail à l'avenir, travail qui pourrait être étendu aux mesures de différence de masses dans le vide. D'autres activités ont été présentées; elles portent sur la mesure de la masse volumique du silicium, en liaison avec la détermination de la constante d'Avogadro (*voir* point 5), et sur les mesures relatives de la masse volumique du mercure (CSIRO); le NRLM envisage de travailler indépendamment sur la masse volumique du mercure.

Pour les mesures de masse volumique, la traçabilité est actuellement fondée soit sur des étalons solides de masse volumique, soit sur la masse volumique de l'eau. Le groupe de travail propose au CCM de nommer M. Tanaka, du NRLM, comme nouveau président de ce groupe.

### **3. Rapport du Groupe de travail sur la force**

M. Peters fait référence au document CCM/96-1; celui-ci donne les conclusions de la réunion du groupe de travail qui s'est tenue à Ottawa (Canada) les 18 et 19 mai 1995. Cette réunion était consacrée aux « Paramètres entrant dans le calcul des incertitudes des machines étalons de mesure de force et des machines pour l'étalonnage des forces ». Les travaux présentés ont principalement concerné les mesures de force jusqu'à 1 MN et il a été finalement décidé que cette question devra faire l'objet de plus amples discussions et qu'il convient d'attendre avant de formuler des directives à ce sujet.

Les progrès des machines de mesure de force ont aussi été présentés lors de cette réunion. Quelques nouvelles machines étalons de mesure de force à masse suspendue ont été installées, mais la tendance est nettement à l'installation de machines à amplification hydraulique ou à levier, d'une capacité supérieure à 1 MN, ou de systèmes à pyramide de capteurs. Les résultats sont bien meilleurs que par le passé. En particulier, les systèmes à pyramide de capteurs ont été améliorés. L'incertitude relative obtenue est maintenant inférieure à  $1 \times 10^{-3}$ , ce qui était autrefois supposé être la limite du possible. Les laboratoires ont acquis une certaine expérience non seulement dans la production de forces élevées mais aussi dans la manière de réduire les interactions entre la machine et le capteur, en particulier en exploitant les résultats obtenus au moyen de dynamomètres à six composantes. Par ailleurs, une nouvelle génération de capteurs de force est maintenant disponible. La limite supérieure des machines de mesure de force est de 30 MN, mais cette limite pourrait être repoussée.



La formulation d'une terminologie convenable et non ambiguë a aussi été discutée. Il a été noté que l'usage de l'unité de force, le newton, n'est pas général : il n'y a pas seulement des problèmes dans l'industrie mais, ce qui est plus grave, de nouvelles machines sont encore étalonnées en « kilogramme-force ». Le groupe de travail insiste sur le fait que ces machines ne seront pas considérées comme des machines étalons. En guise de conclusion, M. Peters dit que la pratique de réunir successivement le groupe de travail dans des laboratoires différents, qui permet aux participants de se familiariser avec diverses machines de mesure de force, s'est avérée utile et sera poursuivie. La prochaine réunion aura lieu à Sydney (Australie).

Au cours de la discussion qui s'ensuit, Mme Yaniv informe les participants que le NIST reçoit de nombreuses demandes d'étalonnages à effectuer avec la machine de mesure de force à masse suspendue de 4,5 MN. Cette machine fonctionne bien et on a pu montrer que ses masses en acier inoxydable sont très stables. À présent, les incertitudes relatives attribuées aux masses et aux forces sont respectivement de  $2 \times 10^{-6}$  et de  $1 \times 10^{-5}$ . M. Li donne des exemples relatifs à l'étude des machines étalons de mesure de force dans la région Asie-Pacifique (CCM/96-4) et commente les méthodes visant à éliminer la friction entre le piston et le cylindre dans les machines de type hydraulique. Une comparaison régionale de l'APMP regroupant dix participants, qui comportera les quatre types de machines étalons d'une capacité allant de 5 kN à 20 MN, devrait se dérouler de 1996 à 1998.

Quant aux comparaisons clés, M. Peters rappelle que de nombreuses comparaisons ont été faites au cours des dernières années, et que le groupe de travail doit maintenant résoudre la question des comparaisons internationales dans le domaine des forces supérieures à 1 MN, domaine qui soulève des difficultés tant sur le plan technique que sur le plan économique.

#### **4. Rapports des groupes de travail sur les pressions**

Les trois groupes de travail sur les pressions se sont réunis séparément au BIPM au cours des deux jours qui ont précédé la session du CCM, puis ils se sont réunis en commun le 28 mai 1996.

##### **4.1 Hautes pressions**

Le document CCM/96-11 présente le rapport du Groupe de travail sur les hautes pressions. M. Molinar dit qu'après la session de 1993 du CCM, le groupe de travail a organisé, en commun avec le Groupe de travail sur les moyennes pressions et le rédacteur de *Metrologia*, la publication des comptes rendus du deuxième séminaire international du CCM sur la

métrologie des pressions de 1 kPa à 1 GPa, séminaire qui s'est tenu à Paris au mois de juin 1993 et qui a fait l'objet d'un numéro spécial de *Metrologia* au mois d'avril 1994.

Le groupe de travail a préparé et organisé une comparaison régionale des étalons de pression des laboratoires en milieu liquide jusqu'à 0,5 GPa. Cette comparaison se déroulera dans la zone Asie-Pacifique (participants : KRIS, NIST, NPLI, NRLM) et commencera en novembre 1996, avec le NRLM comme laboratoire pilote. Une comparaison préliminaire bilatérale organisée en 1994-1995 entre le NIST et le NRLM a montré le comportement non-linéaire de la surface effective du piston en fonction de la pression. Le groupe de travail prépare aussi une comparaison à grande échelle en milieux gazeux et en mode relatif d'abord jusqu'à 1 MPa, puis jusqu'à 7 MPa. Trois étapes sont envisagées, leur objectif est différent et elles sont placées sous la responsabilité de laboratoires pilotes différents :

- Dans l'étape A1 (1 MPa, mode relatif), les participants effectueront des mesures dimensionnelles d'un ensemble piston-cylindre particulier, en suivant des procédures spécifiques, et ils calculeront sa section efficace à la pression atmosphérique. Ensuite, ils compareront par une méthode d'équilibre direct cet ensemble à leur propre étalon et en calculeront les valeurs des surfaces effectives à différentes pressions. Les participants sont le BNM-LNE, l'IMGC, le NIST, le NPL et la PTB (laboratoire pilote).
- Dans l'étape A2 (1 MPa, mode relatif), les participants referont les mesures de l'étape A1 avec un ensemble piston-cylindre différent. Les participants sont le BNM-LNE (laboratoire pilote), l'IMGC, le NIST et la PTB.
- Dans l'étape B (7 MPa, mode relatif), les participants ne feront pas de mesures dimensionnelles, mais, à part cela, ils utiliseront les procédures de l'étape A1. Ils utiliseront deux ensembles piston-cylindre autres que ceux employés dans l'étape A. Les participants de la comparaison préliminaire sont le BNM-LNE, l'IMGC (laboratoire pilote), le NIST, le NRLM et la PTB ; après cette phase préliminaire, la comparaison sera étendue au niveau régional, de 1998 à 2000.

Une autre question discutée au cours de la réunion a été la nécessité d'entreprendre de nouvelles études sur les étalons primaires pour les pressions supérieures à 1 GPa et sur le modèle mathématique servant au calcul de la déformation élastique de l'ensemble piston-cylindre.

## 4.2 Moyennes pressions

M. Stuart, le précédent président du Groupe de travail sur les moyennes pressions, ayant pris sa retraite, le groupe propose au CCM de nommer M. Simpson du NPL pour le remplacer. M. Simpson présente le rapport sur les activités du groupe.

La comparaison internationale dans le domaine de pression allant de 10 kPa à 140 kPa, qui avait fait l'objet d'un rapport préliminaire lors de la précédente session du CCM, a été étendue à d'autres laboratoires, ce qui porte à douze le nombre total des participants. À 100 kPa, les résultats montrent une dispersion relative de  $40 \times 10^{-6}$ , valeur nettement supérieure à l'incertitude relative de l'ordre de  $5 \times 10^{-6}$  caractéristique des étalons des participants. Une telle différence suggère une sous-estimation notable des incertitudes associées aux étalons des participants ou à l'étalon de transfert. Le groupe recommande de répéter la comparaison avec une autre balance de pression; le laboratoire pilote pourrait être à nouveau le NPL. Après la session du CCM, le groupe a proposé de définir l'étalon de transfert, de choisir le laboratoire pilote, puis les participants selon la région à laquelle ils appartiennent.

### 4.3 Basses pressions

Le document CCM/96-2 présente le rapport du Groupe de travail sur les basses pressions. M. Tilford rappelle que le groupe de travail organise actuellement une comparaison d'étalons dans l'ultravide entre  $10^{-7}$  Pa et  $10^{-3}$  Pa, avec la PTB comme laboratoire pilote. Il fait observer que c'est la première fois que l'on entreprend une comparaison à des pressions aussi basses : en raison du manque de stabilité des étalons de transfert, la pression la plus basse à laquelle ont été effectuées les comparaisons précédentes était de  $10^{-4}$  Pa. Les étalons de transfert ont déjà été transportés au NIST et au NPL; les résultats ne sont pas entièrement satisfaisants et il faut remplacer un ou deux des étalons de transfert avant d'étendre la comparaison à d'autres laboratoires.

Des problèmes de stabilité des étalons de transfert ont aussi été constatés lors d'une autre comparaison d'étalons primaires dans le domaine de 1 Pa à 1000 Pa, à tel point que le NIST, le laboratoire pilote, a préparé un nouvel ensemble d'étalons qui ont été étalonnés et dont la stabilité est en cours de vérification.

M. Tilford présente aussi les conclusions de la réunion commune des groupes de travail sur les pressions. Les participants ont trouvé le précédent séminaire du CCM sur la métrologie des pressions très utile et ils ont décidé d'en organiser un nouveau, à une date proche de la prochaine session du CCM; ce séminaire couvrira tout le domaine des pressions, du vide aux hautes pressions. Des laboratoires industriels compétents pourront être invités à y participer.

M. Legras du BNM-LNE a été chargé de préparer un rapport sur toutes les comparaisons internationales effectuées à ce jour dans le domaine des pressions. Les laboratoires ont été encouragés à organiser des comparaisons régionales. Les groupes ont discuté de la meilleure façon de rendre compte de la traçabilité des mesures de pression et ont choisi six comparaisons clés internationales, couvrant le domaine du vide jusqu'aux hautes pressions.

Après une discussion approfondie, le CCM approuve les décisions des groupes de travail sur les pressions, et en particulier celle d'organiser à Turin, au cours de la semaine qui précèdera la prochaine session du CCM, un troisième séminaire sur la métrologie des pressions, sous la responsabilité commune des trois présidents des groupes de travail sur les pressions.

## **5. Rapport du Groupe de travail *ad hoc* sur la constante d'Avogadro et progrès des autres travaux sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme**

Le Groupe de travail *ad hoc* sur la constante d'Avogadro, qui avait été établi par le CIPM à l'instigation de feu Luigi Crovini, rassemble des laboratoires qui travaillent sur la détermination des grandeurs physiques nécessaires à l'évaluation de la constante d'Avogadro; son président est M. Becker de la PTB. Le groupe s'est réuni pour la première fois au mois de mars 1995 au BIPM, et il se réunira à nouveau à Braunschweig (Allemagne), pendant la CPEM'96. M. Gläser présente un rapport sur les activités de ce groupe de travail, rapport préparé par M. Becker (CCM/96-12) et comprenant les points suivants : comparaison internationale d'espacement entre plans réticulaires d'échantillons de silicium (NIST), recherches sur l'influence des techniques de fabrication sur la sphéricité et la structure des cristaux de silicium, détermination des impuretés de surface (CSIRO), influence des techniques de fabrication sur la masse volumique du silicium et l'épaisseur de la couche d'oxyde, nouvelle mesure de l'espacement réticulaire du silicium (IMGC), amélioration des mesures de l'espacement réticulaire et de la masse volumique à l'aide de rayons x (NRLM), mesures de la masse molaire (IMMR), coefficient de dilatation et compressibilité du silicium, étude de la surface du silicium et des défauts localisés, détermination de la composition isotopique et de la teneur en impuretés du silicium au moyen de la méthode de spectroscopie prompte ( $n,\gamma$ ) (PTB). Tous les laboratoires participants coopèrent par le biais d'accords bilatéraux ou multilatéraux et travaillent à la mise au point de projets visant à réduire l'incertitude liée à chacun des différents facteurs servant à l'évaluation de la constante d'Avogadro, à un niveau plus bas que quelques  $10^{-8}$ . Une différence a été constatée entre les masses molaires de sphères en silicium de différentes provenances mais on n'a pas encore su l'expliquer.

Dans la discussion qui suit, la méthode de spectroscopie prompte ( $n,\gamma$ ), qui est complètement différente de la méthode chimique, a fait l'objet d'une attention particulière. Mme Plassa a suggéré que cette méthode pourrait aussi être utilisée pour déterminer la nature et la teneur en impuretés des

échantillons d'alliages de platine et d'iridium utilisés pour la fabrication des kilogrammes prototypes.

M. Gläser illustre ensuite les expériences en cours visant à relier l'unité de masse à une constante physique, en faisant référence au document CCM/96-14 et à la Résolution 5 de la Conférence générale des poids et mesures de 1995, qui recommande aux laboratoires nationaux de poursuivre ce type d'expériences dans le but de contrôler la stabilité du prototype international du kilogramme. Les expériences en cours concernent : la constante d'Avogadro (CSIRO, IMGC, IMMR, NIST, NRLM, PTB), la balance du watt (NIST, NPL), le quantum de flux magnétique (NRLM, VNIIM), le coefficient gyromagnétique du proton (KRISS, NIM, NPL), l'accumulation d'ions (PTB), la résonance électromécanique (IEN). M. Gläser résume les progrès réalisés depuis 1993, et ajoute que les résultats les plus récents seront présentés à la CPEM'96 au mois de juin 1996. La suite de la discussion est principalement consacrée à l'accumulation d'ions et aux expériences sur la constante d'Avogadro à partir d'échantillons de silicium.

## **6. Activités au BIPM**

M. Davis présente les activités au BIPM, dont certaines ont déjà été mentionnées dans le cadre des activités des groupes de travail. Une activité importante en ce moment est l'étalonnage des étalons nationaux de masse en acier inoxydable (CCM/96-16). Cinq pays ont fait parvenir leurs étalons au BIPM, deux d'entre eux avaient déjà été étalonnés au BIPM ; un des étalons est en baros (Ni/Cr/Mn), les autres sont en acier inoxydable. Au cours de l'étalonnage, effectué avec la balance Mettler HK 1000 MC dans une enceinte étanche, on a découvert que le transporteur de masses produit une petite erreur systématique. L'incertitude-type composée est de 12  $\mu\text{g}$  ; elle est due principalement à la correction pour la poussée de l'air. Aucune variation notable n'a été constatée pour les étalons en acier inoxydable, mais l'étalon en baros a subi une perte de masse d'environ 25  $\mu\text{g}$  par an depuis 1910.

Le BIPM est le laboratoire pilote de la comparaison d'étalons de 1 kg en acier inoxydable (*voir* point 2.1) et il participe actuellement à trois projets EUROMET, qui concernent : *a*) la détermination de la poussée de l'air au moyen d'objets spécifiques, *b*) la détermination des propriétés magnétiques des étalons de masse, *c*) la linéarisation des graduations des balances.

Le BIPM a non seulement étudié le transporteur de la balance Mettler HK 1000 MC, mais aussi les gradients d'humidité dans cette même balance (CCM/96-10). Ceci a montré qu'il faut beaucoup de temps pour obtenir une température du point de rosée uniforme dans un caisson étanche de balance. Il est donc nécessaire d'estimer les constantes de temps des balances primaires et d'éviter des changements rapides du taux d'humidité

de l'air environnant. Un appareil a été conçu et construit en vue de déterminer le centre de gravité d'étalons de masse de 1 kg présentant une symétrie cylindrique; une description de cet appareil a été publiée en 1995\*. D'autres détails sur les activités au BIPM ont été donnés lors de la visite des laboratoires.

## 7. Équivalence des étalons nationaux de mesure

La discussion sur l'équivalence des étalons nationaux de mesure se poursuit. Il est pris acte que les comparaisons internationales, régionales et bilatérales continueront, indépendamment du BIPM ou du CCM; les informations sur toutes ces comparaisons devront, toutefois, être accessibles dans les revues scientifiques et les résultats pourront être publiés dans *Metrologia*. (*Metrologia* publie déjà un résumé des résultats des comparaisons bilatérales et régionales, comme, par exemple, ceux des comparaisons d'EUROMET.) Après cette discussion générale, les propositions des groupes de travail sont passées en revue.

Masse. Un sous-groupe du Groupe de travail sur les étalons de masse a présenté dans le document CCM/96-18 une proposition à propos des comparaisons clés. La comparaison d'étalons en acier inoxydable de 1 kg qui se déroule actuellement est considérée comme une comparaison clé; de plus, pour rendre compte de l'équivalence internationale des multiples et sous-multiples de l'unité de masse, il est proposé d'effectuer une autre comparaison internationale clé avec des ensembles de masses allant de 100 mg à 10 kg. Cette comparaison devra être répétée tous les cinq ou six ans avec des masses nominales différentes. La PTB a accepté d'être le laboratoire pilote de la première comparaison. Le CCM a longuement discuté de la possibilité d'étendre la comparaison à des masses plus élevées, en particulier jusqu'à 50 kg, qui est la masse souvent choisie pour l'étalonnage des masses élevées que l'on rencontre dans les machines de force ou de pression. En raison des doutes exprimés quant à la stabilité des étalons qui ne sont pas transportés à la main, M. Gosset du BNM-LNE a été chargé d'organiser des comparaisons préliminaires d'étalons de 50 kg expédiés, par fret aérien, entre des pays distants.

Masse volumique. Les problèmes déjà évoqués par le Comité quant à la masse volumique du silicium et de l'eau sont importants d'un point de

---

\* DAVIS R. S., Device to locate the centre of mass of a test object to within a precision of micrometres, *Meas. Sci. Technol.*, 1995, 6, 227-229.

vue scientifique, mais ils ne le sont pas du point de vue de la traçabilité. La traçabilité n'est pas nécessaire au niveau des étalons primaires, mais à un niveau d'exactitude moindre, comme celui qui est couvert par les aréomètres, c'est pourquoi le groupe de travail ne propose pas de comparaison pour le moment.

Force. Le groupe de travail a identifié les comparaisons clés dans le domaine de 2 kN à 10 MN, mais il ne propose pas de commencer ces comparaisons dès maintenant.

Pressions. Six comparaisons clés de pressions ont été identifiées, dans les domaines et dans les modes suivants :

- de  $10^{-6}$  Pa à  $10^{-3}$  Pa, en mode absolu;
- de 1 Pa à 1000 Pa, en mode absolu;
- de 1 Pa à 1000 Pa, en mode relatif;
- de 10 kPa à 120 kPa, en mode absolu;
- de 0,05 MPa à 1 MPa et à 7 MPa, en mode relatif;
- de 50 MPa à 1000 MPa, en mode relatif.

Les étalons de transfert et les laboratoires pilotes éventuels ont aussi été identifiés.

Le CCM approuve les propositions des groupes de travail et recommande que tous les efforts soient faits pour assurer des liens étroits avec les diverses organisations métrologiques régionales.

## 8. Composition des groupes de travail

En raison de la mission à long terme du Groupe de travail *ad hoc* sur la constante d'Avogadro, le CCM décide d'en faire un groupe de travail permanent du CCM et de le nommer « Groupe de travail sur la constante d'Avogadro », sous la présidence de M. Becker de la PTB. Tous les autres groupes de travail sont reconduits.

M. Tanaka, du NRLM, est nommé président du groupe de travail sur la masse volumique et M. Simpson, du NPL, président du Groupe de travail sur les moyennes pressions. Tous les autres présidents sont reconduits dans leurs fonctions.

La liste des membres des groupes de travail est révisée, certains changements sont acceptés. Au cours de la discussion, il est reconnu que les laboratoires membres ont, en général, participé efficacement aux activités de leurs groupes. (La liste complète des membres des groupes de travail est publiée à la fin de ce rapport, p. G 15-G 17.)

## 9. Questions diverses

### 9.1 Déclaration sur l'unité de pression

M. Tilford dit que les trois groupes de travail sur les pressions ont constaté, lors de leur réunion commune, que de nombreuses unités en dehors du Système international d'unités (SI) sont utilisées en manométrie. En particulier, de telles unités sont utilisées en aéronautique et en médecine, où elles sont liées à la hauteur de colonnes de liquides, avec certaines hypothèses relatives à l'accélération due à la pesanteur et à la masse volumique du fluide en question qui, de plus, dépend de la température. Des facteurs de conversion sont souvent publiés avec une précision qui excède les possibilités de la réalisation pratique de l'unité. Il propose que le CCM prenne une décision à ce sujet, en vue de décourager l'utilisation d'unités en dehors du SI et de facteurs de conversion donnés avec une précision impossible à réaliser. Cette proposition est approuvée par le CCM et la déclaration suivante est adoptée à l'unanimité.

Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM) note que de multiples unités de pression, mal définies, mal utilisées et étrangères au SI, posent un problème non négligeable pour la métrologie des pressions. Ce problème est particulièrement sérieux en ce qui concerne les unités dites « manométriques », unités qui permettent d'exprimer une pression en fonction de la hauteur d'une colonne de liquide. Certaines publications donnent des facteurs de conversion pour ces unités avec une précision qui excède largement les possibilités de réalisation pratique de ces unités.

Les textes et tables de conversion relatifs aux unités de pression devraient souligner que ces unités manométriques impliquent une valeur admise pour la masse volumique du liquide et pour l'accélération due à la pesanteur. La précision des facteurs de conversion devrait être limitée aux besoins de la technique courante et aux incertitudes fondamentales sur la masse volumique du liquide :  $1 \times 10^{-5}$ , ou six chiffres significatifs, pour les millimètres ou les *inches* de mercure (à 0 °C et avec  $g = g_n = 9,806\,65 \text{ m/s}^2$ ), et  $1 \times 10^{-4}$ , ou cinq chiffres significatifs, pour toutes les autres unités de ce genre. Les unités archaïques admises par convention devraient être exclues des tables de conversion.

Le CCM considère que l'utilisation des unités du SI doit être fortement recommandée.

Cette déclaration sera transmise au Comité consultatif des unités et elle sera portée à l'attention d'organismes de normalisation, tels que l'Organisation internationale de normalisation.



## **9.2 Prochaine session**

La prochaine session du CCM se tiendra en 1999, probablement au mois de mai ou juin.

Le président exprime sa satisfaction quant au bon déroulement de la réunion. Il remercie tous les participants ainsi que le personnel du BIPM.

19 décembre 1996

## **Composition des groupes de travail du CCM**

(L'astérisque indique le laboratoire qui assure la présidence du groupe de travail)

### **Groupe de travail sur la masse volumique**

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

CSIRO, National Measurement Laboratory [CSIRO], Lindfield.

Institut national de métrologie [NIM], Beijing.

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

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

National Physical Laboratory [NPL], Teddington.

\* National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Tsukuba.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig.

Slovenský Metrologický Ústav [SMU], Bratislava.

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

### **Groupe de travail sur les étalons de masse**

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

Bureau national de métrologie : Institut national de métrologie [BNM-INM] du Conservatoire national des arts et métiers, Paris.

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

Institut national de métrologie [NIM], Beijing.

\* Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGCI], 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.

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

Slovenský Metrologický Ústav [SMU], Bratislava.

### **Groupe de travail sur la force**

- Bureau national de métrologie : Laboratoire national d'essais [BNM-LNE], Paris.
- Centro Español de Metrologia [CEM], Madrid.
- Conseil national de recherches du Canada [NRC], Ottawa.
- CSIRO, National Measurement Laboratory [CSIRO], Lindfield.
- Danish Force Institute, Copenhagen.
- Inspection générale de la métrologie [IGM], Bruxelles.
- Institut national de métrologie [NIM], Beijing.
- Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Turin.
- Korea Research Institute of Standards and Science [KRISS], Taejon.
- National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg.
- National Physical Laboratory [NPL], Teddington.
- National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Tsukuba.
- Nederlands Meetinstituut [NMI], Delft.
- \* Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig.
- Swedish National Testing and Research Institute [SP], Borås.
- M. A. Pusa, Raute Precision Oy, Lahti.

### **Groupe de travail sur les hautes pressions**

- Bureau national de métrologie : Laboratoire national d'essais [BNM-LNE], Paris.
- Institut des mesures physico-techniques et radiotechniques [VNIIFTRI], Moscou.
- Institut national de métrologie [NIM], Beijing.
- \* Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Turin.
- Korea Research Institute of Standards and Science [KRISS], Taejon.
- National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg.
- National Physical Laboratory [NPL], Teddington.
- National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Tsukuba.
- Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig.
- Slovenský Metrologický Ústav [SMU], Bratislava.

### **Groupe de travail sur les basses pressions**

Bureau national de métrologie : Laboratoire national d'essais [BNM-LNE], Paris.

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.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Berlin.

Slovenský Metrologický Ústav [SMU], Bratislava.

### **Groupe de travail sur les moyennes pressions**

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

Bureau national de métrologie : Institut national de métrologie [BNM-INM] du Conservatoire national des arts et métiers, Paris.

CSIRO, National Measurement Laboratory [CSIRO], Lindfield.

Institut national de métrologie [NIM], Beijing.

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

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

\* National Physical Laboratory [NPL], Teddington.

National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Tsukuba.

Slovenský Metrologický Ústav [SMU], Bratislava.

### **Groupe de travail sur la constante d'Avogadro**

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

CSIRO, National Measurement Laboratory [CSIRO], Lindfield.

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

Institut des matériaux et mesures de référence [IMMR], Geel.

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

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

National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Tsukuba.

\* Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig.

M. B. Pajot, Université Paris VII, Paris.

M. H. S. Peiser, sans affiliation.

M. G. Zosi, Istituto di Fisica Generale « A. Avogadro », Turin.

---

## ANNEXE G 1

---

### **Documents de travail présentés à la 6<sup>e</sup> session du CCM**

---

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

Document  
CCM/

- 96-1 PTB (Allemagne). — Report of the BIPM-CCM Force Working Group meeting on 18 and 19 May 1995, Ottawa, 3 p.
- 96-2 Working Group “Low Pressure”: Activities of the Low Pressure Working Group of the CCM (June 1993 to January 1995), by C. R. Tilford, 1 p.
- 96-3 Working Group “Mass Standards”: Report to CCM on the activity 1993-1995, by M. Plassa, 6 p.
- 96-4 NIM (Rép. pop. de Chine). — Survey of Force Standard Machines in Asia/Pacific Region, by Li Qingzhong and Bai Zhongyuan, 5 p.
- 96-5 CSIRO (Australie). — Progress Report on Sphere Diameter Measurements at NML, by E. C. Morris, 8 p.
- 96-6 VNIIM (Féd. de Russie). — Using an electronic comparator for comparing standard weights of different densities at various ambient medium densities, by Yu. V. Tarbeyev, V. S. Snegov and N. S. Chalenko, 4 p.
- 96-7 VNIIM (Féd. de Russie), SMU (Rép. slovaque). — Comparison of Russian and Slovakian National Standards of Pressure in the Range 1-1000 Pa, 5 p.
- 96-8 VNIIM (Féd. de Russie). — A Laser Equilibrium-Measuring Device for the Piston Systems of Pressure Standards, by V. N. Gorobei and Yu. A. Kiselyov, 10 p.
- 96-9 BIPM. — International Equivalence of National Measurement Standards, by T. J. Quinn, 2 p.

Document  
CCM/

- 96-10 BIPM. — Humidity gradients in balances: a case study, by J. Hostache, M.-J. Coarasa and R. S. Davis, 12 p.
  - 96-11 CCM “High Pressure” Working Group: Activity Report (June 1993-June 1996), by G. Molinar, 30 p.
  - 96-12 CCM - Ad-Hoc Working Group on the Avogadro Constant: Report (1 April 1995 - 31 May 1996), by P. Becker, 5 p.
  - 96-13 CCM Working Group “Mass Standard”: Report from Chinese member, 11 p.
  - 96-14 PTB (Allemagne). — Progress Toward Monitoring the International Prototype of the Kilogram - State in 1996, by M. Gläser, 13 p.
  - 96-15 IMGC (Italie). — New results on the determination of occluded gas in platinum-iridium alloys by heat treatments in vacuo, by M. Plassa and G. La Piana, 6 p.
  - 96-16 BIPM. — Calibration of national standards of mass fabricated from stainless steel, by R. S. Davis and M.-J. Coarasa, 6 p.
  - 96-17 CCM Working Group on Density: Report, by R.S. Davis, 2 p.
  - 96-18 Working Group “Mass Standards”: Proposal for international comparisons of standards in multiples and submultiples of the kilogram, 2 p.
-

---

TABLE DES MATIÈRES  
TABLE OF CONTENTS

---

COMITÉ CONSULTATIF POUR LA MASSE  
ET LES GRANDEURS APPARENTÉES

6<sup>e</sup> session (1996)  
6th Meeting (1996)

---

	Pages
Liste des sigles utilisés dans le présent volume .....	V
List of acronyms used in the present volume .....	V
Le BIPM et la Convention du Mètre .....	VII
Liste des membres du Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées ...	IX
Ordre du jour .....	XII
<b>Rapport au Comité international des poids et mesures, par M. Plassa .....</b>	<b>G 1</b>
1. Ouverture de la session ; désignation d'un rapporteur .....	G 2
2. Rapports des groupes de travail sur la masse .....	G 3
2.1 Étalons de masse .....	G 3
2.2 Masse volumique .....	G 4
3. Rapport du Groupe de travail sur la force .....	G 5
4. Rapports des groupes de travail sur les pressions .....	G 6
4.1 Hautes pressions .....	G 6
4.2 Moyennes pressions .....	G 7
4.3 Basses pressions .....	G 8
5. Rapport du Groupe de travail <i>ad hoc</i> sur la constante d'Avogadro et progrès des autres travaux sur une éventuelle nouvelle définition du kilogramme .....	G 9
6. Activités au BIPM .....	G 10

7. Équivalence des étalons nationaux de mesure .....	G 11
8. Composition des groupes de travail .....	G 12
9. Questions diverses .....	G 13
9.1 Déclaration sur l'unité de pression .....	G 13
9.2 Prochaine session .....	G 14
<b>Composition des groupes de travail du CCM</b> .....	G 15

## **Annexe**

G 1. Documents de travail présentés à la 6 <sup>e</sup> session du CCM .....	G 18
--	------

## **English text of the report**

<b>Note on the use of the English text.</b> Note sur l'utilisation du texte anglais .....	G 21
The BIPM and the Convention du Mètre .....	G 23
Members of the Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées .....	G 25
Agenda .....	G 28

<b>Report to the Comité International des Poids et Mesures</b> , by M. Plassa.....	G 29
--	------

1. Opening of the meeting; designation of a rapporteur .....	G 30
2. Reports of the working groups on mass .....	G 31
2.1 Mass standards .....	G 31
2.2 Density .....	G 32
3. Report of the working group on force .....	G 33
4. Reports of the working groups on pressure .....	G 34
4.1 High pressures .....	G 34
4.2 Medium pressures .....	G 35
4.3 Low pressures .....	G 35
5. Report of the <i>ad hoc</i> working group on the Avogadro constant and progress of other work towards a possible new definition of the kilogram .....	G 36
6. Work at the BIPM .....	G 37
7. Equivalence of national measurement standards .....	G 38
8. Working group membership .....	G 39
9. Other business .....	G 39
9.1 Declaration on the unit of pressure .....	G 39
9.2 Next meeting .....	G 40



<b>Membership of the CCM working groups.....</b>	<b>G 41</b>
--	-------------

**Appendix**

G 1. Working documents submitted to the CCM at its 6th meeting ( <i>see</i> page G 18) .....	G 44
--	------

---

IMPRIMERIE STEDI

PARIS 18<sup>e</sup>

---

Dépôt légal : Imprimeur, 1997, n° 4475

ISBN 92-822-2150-4

ISSN 1016-3778

ACHEVÉ D'IMPRIMER : JUILLET 1997

Imprimé en France