

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

---

# PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES

---

TOME 50

---

71<sup>e</sup> SESSION — 1982



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Pavillon de Breteuil, F-92310 SÈVRES, France

*Dépositaire* : OFFILIB, 48 rue Gay-Lussac, F-75005 Paris

ISBN 92-822-2080 X

---

## NOTICE HISTORIQUE

### Les organes de la Convention du Mètre Le Bureau International, le Comité International et la Conférence Générale des Poids et Mesures

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<sup>(1)</sup>.

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 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 déterminations relatives aux constantes physiques 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 est formée 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 est composé de 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.

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 (1937) et des rayonnements ionisants (1960). Dans ce but, un agrandissement des premiers laboratoires construits en 1876-1878 a eu lieu en 1929 et deux nouveaux bâtiments ont été construits en 1963-1964 pour les laboratoires de la Section des rayonnements ionisants.

Une trentaine de physiciens ou techniciens travaillent dans les laboratoires du Bureau International; ils font des recherches métrologiques ainsi que des mesures dont les résultats sont consignés dans des certificats portant sur des étalons des grandeurs ci-dessus. La dotation annuelle du Bureau International est de l'ordre de 9 570 000 francs-or (en 1982), soit environ 17 400 000 francs français.

---

(<sup>1</sup>) Au 31 décembre 1982, quarante-six États sont membres de cette Convention : Afrique du Sud, Allemagne (Rép. Fédérale d'), Allemande (Rép. Démocratique), Amérique (É.-U. d'), Argentine (Rép.), 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, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pakistan, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Thaïlande, Turquie, U.R.S.S., Uruguay, Venezuela, Yougoslavie.

Devant l'extension des tâches confiées au Bureau International, le Comité International a institué depuis 1927, 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 des recommandations concernant les modifications à apporter aux définitions et aux valeurs des unités, en vue des décisions que le Comité International est amené à prendre directement ou à soumettre à la sanction de la Conférence Générale pour assurer l'unification mondiale des unités de mesure.

Les Comités Consultatifs ont un règlement commun (*Procès-Verbaux CIPM*, 31, 1963, p. 97). Chaque Comité Consultatif, dont la présidence est généralement confiée à un membre du Comité International, est composé de délégués de chacun des grands Laboratoires de métrologie et des Instituts spécialisés dont la liste est établie par le Comité International, de membres individuels désignés également par le Comité International et d'un représentant du Bureau International. Ces Comités tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers; ils sont actuellement au nombre de huit :

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 Comité précédent (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 (CCEMRI), créé en 1958. En 1969, ce Comité Consultatif a institué quatre sections : Section I (Rayons X et  $\gamma$ , électrons), Section II (Mesure des radionucléides), Section III (Mesures neutroniques), Section IV (Étalons d'énergie  $\alpha$ ); cette dernière Section a été dissoute en 1975, son domaine d'activité étant confié à la Section II.
7. Le Comité Consultatif des Unités (CCU), créé en 1964 (ce Comité Consultatif a remplacé la « Commission du Système d'Unités » instituée par le CIPM en 1954).
8. Le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM), créé en 1980.

Les travaux de la Conférence Générale, du Comité International, des Comités Consultatifs et du Bureau International sont publiés par les soins de ce dernier 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*;
- *Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures* (ce Recueil hors commerce rassemble les articles publiés dans des revues et ouvrages scientifiques et techniques, ainsi que certains travaux publiés sous forme de rapports multicopiés).

Le Bureau International publie de temps en temps, sous le titre *Les récents progrès du Système Métrique*, un rapport sur les développements du Système Métrique (SI) dans le monde.

La collection des *Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures* (22 tomes publiés de 1881 à 1966) a été arrêtée en 1966 par décision du Comité International.

Depuis 1965 la revue internationale *Metrologia*, éditée sous les auspices du Comité International des Poids et Mesures, publie des articles sur les principaux travaux de métrologie scientifique effectués dans le monde, sur l'amélioration des méthodes de mesure et des étalons, sur les unités, etc., ainsi que des rapports concernant les activités, les décisions et les recommandations des organes de la Convention du Mètre.

---

---

LISTE DES MÈMBRES  
DU  
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES  
au 14 octobre 1982

---

*Président*

1. J. V. DUNWORTH, Ancien Directeur du National Physical Laboratory (Grande-Bretagne); aux bons soins du Directeur du BIPM, Pavillon de Breteuil, F-92310 Sèvres (France).

*Secrétaire*

2. J. DE BOER, Institut de Physique Théorique, Université d'Amsterdam, Valckenierstraat 65, Amsterdam-C.

*Membres*

3. E. AMBLER, Directeur du National Bureau of Standards, Washington D.C. 20234.
4. W. R. BLEVIN, Directeur Adjoint de la Division de Physique Appliquée, CSIRO, P.O. Box 218, Bradfield Road, Lindfield NSW 2070 (Australie).
5. A. BRAY, Directeur de l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Strada delle Cacce 73, 10137 Torino.
6. L. CINTRA DO PRADO, Professeur à l'Université de São Paulo, Alameda Itu, 265 (Apt. 101), 01421 São Paulo, SP.
7. B. GUINOT, Astronome titulaire de l'Observatoire de Paris, 61 avenue de l'Observatoire, 75014 Paris.
8. H. H. JENSEN, Professeur, H.C. Ørsted Instituttet, Universitetets Fysiske Laboratorium 1, Universitetsparken 5, 2100 København Ø.  
*Secrétaire-Adjoint.*

9. M. KAWATA, Directeur du National Research Laboratory of Metrology, 1-4, 1-chome, Umezono, Sakura-Mura, Niihari-Gun, Ibaraki 305 (Japon).
10. D. KIND, Président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 3300 Braunschweig. *Vice-Président*.
11. V. I. KIPARENKO, Vice-Président du Comité d'État de l'U.R.S.S. pour les Normes, Leninski prosp. 9 b, 117049 Moscou.
12. A. PERLSTAIN, Directeur de l'Office Fédéral de Métrologie, Lindenweg 24, 3084 Wabern (Suisse).
13. H. PRESTON-THOMAS, Directeur Associé de la Division de Physique du Conseil National de Recherches, Ottawa K1A 0S1.
14. K. SIEGBAHN, Directeur de l'Institut de Physique, Box 530, 75121 Uppsala 1 (Suède).
15. J. SKAKALA, Directeur-Adjoint pour la Recherche Scientifique, Institut Métrologique Tchécoslovaque, Podunajské Biskupice, Géologická 1, Bratislava.
16. R. STEINBERG, Chef du Département de Physique et Métrologie, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 1101 Buenos Aires.
17. WANG Daheng, Directeur de l'Institut d'Optique et de Mécanique de Précision, Chanchun (Rép. Pop. de Chine).
18. ...

*Membres honoraires*

1. A. V. ASTIN, Director-Emeritus, National Bureau of Standards, Washington D.C. 20234.
2. L. M. BRANSCOMB, Old Orchard Road, Armonk, N.Y. 10504.
3. L. DE BROGLIE, de l'Académie Française, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, 94 rue Perronet, 92200 Neuilly-sur-Seine.
4. N. A. ESSERMAN, 2/29 A Stawell Street, Kew, Victoria 3101 \*.
5. L. E. HOWLETT, 1702-71 Somerset Street W, Ottawa, Ontario K2P 2G2.
6. M. KERSTEN, Knappstrasse 8, 3300 Braunschweig.
7. F. J. LEHANY, 5 Gladstone Avenue, Hunters Hill, N.S.W. 2110.
8. J. M. OTERO, Alfonso XII, 32, Madrid 14 .
9. J. STULLA-GÖTZ, Gentzgasse 3, 1180 Wien.

---

\* Le Bureau International des Poids et Mesures a appris avec un vif regret le décès de N. A. Esserman survenu le 5 novembre 1982 et celui de J. M. Otero survenu le 9 mars 1983.

---

LISTE DU PERSONNEL  
DU  
BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

au 1<sup>er</sup> janvier 1983

---

Directeur : P. Giacomo  
Sous-Directeur : T. J. Quinn

*Physiciens Chercheurs principaux*

A. Allisy, A. Rytz, P. Carré, J. W. Müller, T. Witt.

*Physiciens et Métrologistes*

G. Leclerc, A. Sakuma, J. Hamon, J. Bonhoure, R. P. Hudson,  
V. D. Huynh, G. Girard, J.-M. Chartier, M. Gläser, P. Bréonce,  
D. Reymann, G. Gillies, J. Azoubib.

*Techniciens de laboratoire*

L. Lafaye, J. Hostache, C. Colas, C. Veyradier, D. Carnet, R. Felder,  
F. Lesueur, R. Pello, M<sup>mc</sup> M.-J. Coarasa, D. Avrons, D. Bournaud,  
C. Garreau, M<sup>mc</sup> A. Chartier, M<sup>mc</sup> M. Thomas.

*Atelier de mécanique*

G. Boutin, B. Bodson, J. Leroux, C. Gilbert, J. Dias, F. Perez, J.-P. Dewa,  
D. Rotrou, M. de Carvalho.

*Administrateur*

J. Gaillard.

*Secrétaires*

M<sup>lle</sup> J. Monprofit, M<sup>mes</sup> D. Müller, M. Petit, L. Coquan-Delfour,  
M<sup>lle</sup> D. Howell, M<sup>mc</sup> M.-J. Martin.

*Gardiens*

A. Montbrun, L. Lecoufflard.

*Services d'entretien généraux*

A. Gama, M<sup>mc</sup> A. Perez, 2 employés (contractuels).

*Directeurs honoraires* : Ch. Volet, J. Terrien

*Métrologiste honoraire* : H. Moreau

---

## ORDRE DU JOUR DE LA SESSION

---

1. Ouverture de la session; quorum, approbation de l'ordre du jour.
  2. Rapport du Secrétaire (Rapport sur les activités du bureau du Comité).
  3. Élections au CIPM; siège vacant.
  4. Comités Consultatifs :
    - Rapport définitif du CCM;
    - Rapport du CCT;
    - Rapport du CCDM;
    - Rapport du CCU;
    - Rapport oral du CCPR;
    - Réunions futures des Comités Consultatifs;
    - Projets de résolutions à soumettre à la 17<sup>e</sup> CGPM.
  5. Travaux du BIPM (Présentation du Rapport du Directeur).
  6. Bâtiment des lasers (Permis de construire; devis).
  7. Visite des laboratoires; visite du Dépôt des prototypes métriques.
  8. Questions administratives et financières :
    - Rapport aux Gouvernements pour 1981;
    - Quitus pour l'exercice 1981;
    - Exercice en cours;
    - Projet de budget pour 1983.
  9. Préparation de la 17<sup>e</sup> CGPM :
    - Rapport du Président du CIPM et des présidents des Comités Consultatifs;
    - Conclusions du Groupe de travail *ad hoc* de la 16<sup>e</sup> CGPM;
    - Programme de travail et budget du BIPM;
    - Rapport concernant l'avancement du Système métrique et du SI.
  10. Questions diverses.
-

# COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

---

71<sup>e</sup> SESSION (Octobre 1982)

---

## PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES TENUES À SÈVRES

Présidence de Mr J. V. DUNWORTH

---

Le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) s'est réuni au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, pour sa 71<sup>e</sup> session, du mardi 12 au jeudi 14 octobre 1982. Il a tenu cinq séances.

Étaient présents : MM. AMBLER, BLEVIN, DE BOER, BRAY, CINTRA DO PRADO, DUNWORTH, GUINOT, JENSEN, KAWATA, KIND, KIPARENKO, PERLSTAIN, PRESTON-THOMAS, SKAKALA, WANG DAHENG, GIACOMO (directeur du BIPM).

Excusés : MM. SIËGBAHN, STEINBERG.

Assistaient aussi aux séances : Mr QUINN (sous-directeur du BIPM); invités : MM. DEAN, TERRIEN (directeur honoraire du BIPM); interprètes : MM. Oboukhov, Sakuma, Vigoureux; secrétaire : Mlle Monprofit.

### 1. Ouverture de la session; quorum; ordre du jour

Le Président ouvre la session en constatant que le quorum est atteint; le Comité peut donc délibérer valablement. Il soumet à son approbation le projet d'ordre du jour. Celui-ci est adopté sans modification.

Le Président regrette l'absence de Mr Siegbahn, due à des raisons de santé. Il aurait aimé le féliciter au nom de tous pour le prix Nobel de Physique qui lui a été décerné. Il ajoute que c'est la sixième fois qu'un membre du Comité International ou du Bureau est ainsi distingué.

Le Président rappelle que Mr Verma, atteint par l'âge de la retraite, n'occupe plus le poste de directeur du National Physical Laboratory of India et a remis sa démission de membre du Comité.

Il souhaite la bienvenue à Mr Blevin, qui a été élu membre depuis la

dernière session, ainsi qu'à Mr Dean et Mr Terrien, invités à participer à cette session. Il donne ensuite la parole à Mr de Boer pour présenter le Rapport du Secrétaire.

## **2. Rapport du Secrétaire du CIPM** (octobre 1981-septembre 1982)

1. États membres de la Convention du Mètre. — L'adhésion de la République Populaire Démocratique de Corée à la Convention du Mètre a été notifiée au Gouvernement français par une lettre de février 1982, transmise par l'Ambassade de Roumanie. Le BIPM en a été informé par une lettre du Ministère des Relations Extérieures de France en date du 12 mai 1982. Celui-ci a pris les dispositions pour la notification de cette adhésion aux Gouvernements des États membres.

Le nombre des États parties à la Convention du Mètre est donc maintenant de 46.

### 2. Membres du CIPM

Élection. — Mr W. R. Blevin, Directeur adjoint de la Division de Physique Appliquée du CSIRO, à Lindfield, Australie, a été élu au siège devenu vacant par suite du décès de P. Honti; le vote à bulletin secret a été dépouillé le 22 février 1982.

Démission. — Notre collègue A. R. Verma, dans une lettre du 14 avril 1982, nous a informés de son intention de se retirer du CIPM, car il a quitté ses fonctions de Directeur du National Physical Laboratory de New Delhi. Comme il est de règle, le CIPM devra élire par correspondance un nouveau membre.

Prix Nobel. — Nous sommes particulièrement heureux de mentionner l'attribution du prix Nobel de Physique pour 1981 à notre collègue K. Siegbahn.

### 3. Réunions de Comités Consultatifs

— Le Comité Consultatif de Thermométrie a tenu sa 14<sup>e</sup> session les 30 mars et 1<sup>er</sup> avril 1982, sous la présidence de Mr H. Preston-Thomas.

— Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre a tenu sa 7<sup>e</sup> session les 3 et 4 juin 1982, sous la présidence de Mr D. Kind.

— Le Comité Consultatif des Unités a tenu sa 8<sup>e</sup> session les 8 et 9 juin 1982, sous la présidence de Mr J. de Boer.

— Le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie a tenu sa 10<sup>e</sup> session du 28 au 30 septembre 1982, sous la présidence de Mr W. R. Blevin.

Toutes ces réunions ont eu lieu au BIPM. Chacune fait l'objet d'un rapport qui sera présenté au CIPM.

#### 4. Bureau du Comité

Le bureau du CIPM s'est réuni plusieurs fois, au Pavillon de Breteuil. Il a suivi régulièrement, tant lors de ces réunions que par correspondance, les diverses questions qui concernent le fonctionnement du CIPM et du BIPM, la situation financière et la préparation de la prochaine CGPM. Ces questions feront l'objet d'un rapport détaillé au CIPM.

5. Indications financières. — Le tableau ci-après donne la situation de l'actif du Bureau International, en francs-or, au 1<sup>er</sup> janvier des années portées en tête de colonne :

Comptes	1979	1980	1981	1982 <sup>(b)</sup>	1982 <sup>(c)</sup>
I. — Fonds ordinaires	7 197 155,31	7 857 492,58	7 819 501,18	7 816 438,52	10 392 001,31
II. — Caisse de retraites	1 661 363,00	2 079 024,14	2 599 050,11	3 193 425,30	4 245 677,86
III. — Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique	441 792,00	441 792,00	441 792,00	441 792,00	587 365,08
IV. — Caisse de prêts sociaux	19 096,90 <sup>(a)</sup>	73 011,41	83 011,67	95 621,73	95 621,73
V. — Réserve pour les bâtiments			300 000,00	600 000,00	797 703,56
Totaux	9 319 407,21	10 451 320,13	11 243 354,96	12 147 277,96	16 118 369,54

<sup>(a)</sup> = créances non incluses.

<sup>(b)</sup> = avant réévaluation de l'actif (ancien mode de calcul).

<sup>(c)</sup> = après réévaluation de l'actif des comptes I, II, III et V (nouveau mode de calcul).

L'augmentation apparente de l'actif au 1<sup>er</sup> janvier 1982 résulte principalement du nouveau mode d'évaluation utilisé, qui est décrit dans le Rapport Annuel aux Gouvernements pour 1982. La nouvelle évaluation s'appuie sur la correspondance unique 1 franc-or = 1,181 452 franc français et sur la valeur commerciale du portefeuille, en francs français, au 1<sup>er</sup> janvier 1982.

L'actif du compte I (fonds ordinaires) reste compris, après réévaluation, entre le budget voté pour 1982, soit 11 000 000 francs-or et le total des contributions attendues, soit 9 570 000 francs-or.

Après la lecture de ce rapport, Mr de Boer donne un résumé des activités du bureau du CIPM durant l'année écoulée.

Lors des réunions qu'il a tenues depuis la dernière session du CIPM, le bureau du Comité s'est en particulier occupé des questions financières et comptables, du programme à long terme des travaux scientifiques au BIPM

et du projet de construction du futur Bâtiment des lasers; la plupart de ces questions seront discutées en détail ultérieurement, puisqu'elles figurent à l'ordre du jour de la présente session. Mr de Boer rappelle que le Règlement administratif et financier adopté à la session précédente a été publié en annexe aux *Procès-Verbaux CIPM*, 49, 1981, pp. D1-D4; le bureau commence à travailler à l'établissement d'un règlement intérieur du BIPM.

Mr de Boer signale que, compte tenu de l'augmentation des primes d'assurance, on a décidé de ne plus assurer les Kilogrammes ni les Mètres qui sont confiés à la garde du BIPM.

Par ailleurs, le bureau a pris note de la décision de la Compagnie IBM de ne plus assurer le service d'entretien contractuel de l'ordinateur du BIPM (IBM 1130) à partir du 30 septembre 1985. Le CIPM devra prendre une décision dans les dix-huit mois qui viennent, pour savoir si un nouvel ordinateur est nécessaire ou non et, dans le cas d'une réponse affirmative, quel est le type d'ordinateur qu'il conviendra de choisir. Avant de prendre une décision définitive, il serait utile de connaître l'avis de quelques experts des laboratoires nationaux sur ces questions.

### 3. Élections au CIPM; siège vacant

Le bureau du Comité a pris acte de la démission de Mr A. Verma et le Comité en a été informé. Conformément à la décision prise lors de la dernière session du CIPM, aucune démarche n'a été faite en vue de la nouvelle élection qui doit faire l'objet d'une discussion au sein du CIPM au cours de la présente session. Le bureau a préparé un document de travail sur ce sujet.

Mr Dunworth donne lecture des articles 3 (1875) et 10 (1921) de la Convention du Mètre qui définissent avec précision le rôle du CIPM. La tâche du CIPM est une tâche scientifique avant même d'être une tâche administrative. Du contenu de ces articles, il découle que les membres du CIPM doivent obligatoirement être des scientifiques ayant une grande expérience et une compétence particulière dans tel ou tel domaine de la métrologie.

Sans perdre de vue cette règle essentielle pour le choix des personnalités à proposer pour les élections au sein du CIPM, la tradition s'est établie tacitement, au cours des années, de tenir compte d'autres critères.

Un critère de choix a trait à l'importance relative, à l'égard des organes de la Convention du Mètre, de l'État membre dont un candidat est le citoyen. Cette importance relative ne se rapporte pas seulement à la contribution financière au budget d'entretien du BIPM, elle se rapporte aussi à la contribution que les institutions métrologiques nationales de l'État considéré peuvent apporter à la recherche dans le cadre de la métrologie scientifique.

Un autre critère concerne la distribution géographique des Pays

auxquels appartiennent les membres du Comité. Il est souhaitable en effet de rechercher un équilibre entre l'Europe occidentale, l'Europe de l'Est, l'Amérique du Nord, l'Asie et l'Australie, l'Amérique Centrale et l'Amérique du Sud, et l'Afrique.

Pour satisfaire à ces critères d'appartenance, il a été suggéré d'augmenter le nombre des membres du Comité, mais cette idée a été repoussée tant par le CIPM que par le Groupe de travail *ad hoc* créé par la 16<sup>e</sup> CGPM. Dans un esprit d'ouverture, le CIPM a pris l'habitude d'inviter des personnalités à participer aux discussions et à exprimer leur opinion sur les décisions à prendre. Cette disposition s'est avérée bénéfique.

Après cette introduction, le Président ouvre la discussion sur ce point de l'ordre du jour. Mr Preston-Thomas estime qu'il ne faut pas regarder la répartition géographique de façon ponctuelle; il faut l'étudier sur un laps de temps de plusieurs années. En effet, on constate que le renouvellement des membres du Comité est assez rapide. Pour l'avenir, on peut prévoir qu'en moyenne les membres ne siègeront guère qu'une dizaine d'années au CIPM, ce qui signifie que l'on devra procéder à deux élections par an.

Mr Kiparenko souhaiterait que le CIPM fasse une recommandation à partir du document de travail qui a été distribué au Comité. Mr de Boer répond que le but du document en question est seulement de servir de base de discussion.

Mr Terrien fait remarquer qu'au cours des vingt dernières années, pendant lesquelles il en a suivi les travaux, le CIPM s'est toujours conformé aux principes indiqués par Mr Dunworth. Ce qui vient d'être exposé ne traduit pas une politique nouvelle. Il tient à insister sur ce qui vient d'être dit à propos des membres du Comité : ceux-ci doivent être des scientifiques de grande compétence. A titre d'exemple, il est souhaitable que les présidents des Comités Consultatifs soient choisis parmi les membres du CIPM. En ce moment, un des Comités Consultatifs n'a pas de président en titre. Bien évidemment, la présidence peut être assurée par interim par une personnalité qui n'est pas membre du CIPM, mais cela entraîne quelques difficultés lors de la présentation des rapports de réunion et de leur discussion. Il est par conséquent fondamental que l'on trouve au sein du CIPM des personnalités dont les compétences permettent de couvrir les différents sujets d'étude dont sont chargés les Comités Consultatifs. En conclusion, Mr Terrien pense, comme Mr Preston-Thomas, que la nécessité d'avoir au sein du Comité des membres compétents dans différents domaines scientifiques empêche d'avoir une distribution géographique constante : il faut effectivement considérer le problème sur un certain nombre d'années.

Aux termes de la Convention du Mètre, le vote doit se faire par correspondance. Le Président pense être en mesure de proposer des candidats d'ici à quelques mois et pouvoir procéder au vote dans la première moitié de 1983.

#### 4. Comités Consultatifs

Quatre Comités Consultatifs se sont réunis cette année. Les présidents sont donc invités tour à tour à présenter leur rapport. Pour chaque Comité Consultatif, le CIPM examinera s'il y a lieu de présenter un projet de résolution à la prochaine CGPM.

##### 4.1. Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées

Le CIPM n'avait eu, lors de la précédente session, qu'un rapport provisoire sur la première session du Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM), qui s'était tenue du 23 au 25 juin 1981. Le président du CCM, Mr Perlstain, rappelle les principaux points de l'ordre du jour de cette première session. Ils concernent en particulier les travaux à poursuivre ou à entreprendre sur les étalons de masse. Le document « Formule pour la détermination de la masse volumique de l'air humide (1981) » a paru en français en annexe des *Procès-Verbaux CIPM*, 49, 1981, pp. C 1 à C 15; il a paru aussi en langue anglaise dans *Metrologia*, 18, 1982, pp. 33-40, sous le titre « Equation for the Determination of the Density of Moist Air (1981) ». Cette formule a fait l'objet de la Recommandation G 1 (1981).

Le point le plus délicat des discussions qui ont eu lieu lors de la réunion du CCM concerne une question de terminologie portant sur la signification des mots « masse » et « poids ». La rédaction provisoire du rapport a été quelque peu modifiée à la suite de la 8<sup>e</sup> session du CCU qui s'est tenue en juin 1982 au Pavillon de Breteuil. Cette rédaction a été approuvée par correspondance par les participants à la réunion du CCM.

Mr Perlstain rappelle que le CCM a créé un certain nombre de Groupes de travail. Ceux-ci ont commencé à faire des enquêtes dont les résultats devraient être connus en 1983.

Mr Dunworth soumet le rapport définitif à la discussion des membres du CIPM.

En ce qui concerne l'emploi des mots « poids » et « masse », Mr Cintra do Prado demande quelle est la position de l'OIML et de l'ISO. Mr Perlstain répond qu'au sein de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale la discussion n'est pas terminée. On y cherche actuellement un consensus qui pourrait prendre la forme d'une déclaration. Par ailleurs, Mr Perlstain ne connaît pas la position de l'ISO sur le sujet.

Pour Mr de Boer, il faut éviter de confondre les problèmes actuels de terminologie avec la prise de position de la CGPM en 1901. Le CCU considère que dans la déclaration de la 3<sup>e</sup> CGPM (1901) il ne s'agit pas d'une question de terminologie, mais d'une question de principe touchant à la définition du kilogramme. La question est la suivante : le kilogramme est-il une unité de force ou une unité de masse ? La 3<sup>e</sup> CGPM (1901) a nettement répondu en disant que le kilogramme est une unité de masse.

Une petite modification est suggérée dans la rédaction de ce point du rapport du CCM : en effet, il n'appartient pas à un Comité Consultatif de mettre en cause directement la CGPM; la préparation des propositions à soumettre à la CGPM incombe au CIPM.

Le rapport du CCM, ainsi modifié, est approuvé.

Le Président remercie Mr Perlstain et le félicite pour le succès de cette première réunion du CCM. Il demande ensuite au Comité s'il convient de proposer un projet de résolution à la CGPM. L'ensemble du Comité considère que l'accord sur une formule pour la détermination de la masse volumique de l'air constitue un pas important vers une meilleure uniformité des mesures de masse. Il est donc souhaitable d'encourager la généralisation de l'emploi de cette formule.

Mr Blevin rappelle qu'il ne s'agit pas de donner la préférence au calcul de la masse volumique de l'air sur sa détermination directe. Il ne voudrait pas que la généralisation de l'emploi de cette formule décourage les laboratoires, dont le sien, qui travaillent sur des mesures directes de masse volumique de l'air.

Finalement, l'accord se fait sur le projet suivant :

#### Projet de résolution C

##### Sur la masse volumique de l'air

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

*rappelant* la Résolution I de la Seizième Conférence Générale des Poids et Mesures (1979) relative aux mesures de masse

*et considérant*

— que la correction due à la poussée de l'air fait appel à la masse volumique de l'air ambiant;

— que l'on peut améliorer l'uniformité et l'exactitude des mesures de masse en incitant les laboratoires, lorsqu'ils ont à calculer la masse volumique de l'air à partir des conditions ambiantes, à utiliser pour ce calcul une formule unique, connue de tous et reconnue comme suffisamment exacte;

*invite* le Comité International des Poids et Mesures

— à établir et à recommander une telle formule;

— à poursuivre et coordonner les études entreprises ou à entreprendre pour améliorer la détermination expérimentale de la masse volumique de l'air et de la correction due à la poussée de l'air;

— à mettre à jour la formule recommandée lorsque de meilleures déterminations expérimentales le permettront.

## 4.2. Comité Consultatif de Thermométrie

Le Comité Consultatif de Thermométrie (CCT) s'est réuni du 30 mars au 1<sup>er</sup> avril 1982. Mr Preston-Thomas, président du CCT, rappelle que ce

Comité travaille à une quatrième version de l'Échelle Internationale Pratique de Température (EIPT). Beaucoup de travail a déjà été consacré à cette tâche que l'on avait pensé pouvoir terminer pour 1987. A l'heure actuelle, il paraît d'ores et déjà que cette échéance sera difficile à respecter; un délai supplémentaire d'un ou deux ans repousserait de quatre ans la promulgation de la nouvelle EIPT, si l'on considère que la CGPM se réunira en 1987 et 1991.

Cette question de date est importante, car une nouvelle EIPT apportera des modifications dans les valeurs numériques retenues. Il est essentiel que les organismes qui établissent des tables de constantes en soient informés le plus tôt possible.

Le CCT prépare aussi un document « Renseignements complémentaires à l'EIPT-68 et à l'EPT-76 ». Les résultats de mesures très exactes y ont été rassemblés. Ce travail est bien avancé et l'on peut envisager qu'il sera terminé vers la fin de 1982. Ce document pourrait donc être diffusé en 1983.

Un deuxième document, portant sur les points de référence secondaires et sur la bibliographie s'y rapportant, est en cours d'élaboration. Un premier projet de ce document devrait être soumis à la prochaine session du CCT.

Mr Preston-Thomas présente ensuite la Recommandation T 1 (1982) qui porte sur les échelles de pression de vapeur de l'hélium. A son avis, le contenu de cette Recommandation ne relève pas d'un projet de résolution à soumettre à la CGPM, mais il demande au CIPM de l'approuver, pour inviter tous les laboratoires à tenir compte des changements qu'elle entraîne.

Mr Dunworth soumet le rapport du CCT à la discussion.

Mr Ambler n'a aucune remarque précise à faire à propos du rapport lui-même, mais il se pose une question plus générale. Il se demande ce qu'est exactement une EIPT. Est-elle une mise en pratique, comparable à celle dont on a discuté au sujet du mètre? Peut-on comparer l'unité de température à une autre unité, au mètre par exemple? Il a l'impression que l'unité de température est plus abstraite que l'unité de longueur.

Une large discussion s'ensuit sur les caractères particuliers des mesures de température et sur la raison d'être de l'EIPT.

De cette discussion, il ressort que le rôle de l'EIPT et même son statut, par rapport à la grandeur température et à la définition du kelvin, peuvent être interprétés de diverses façons. La question est suffisamment importante et générale pour mériter une discussion plus approfondie au sein du CIPM. Pour servir de base à une telle discussion, dans un an ou deux, il est demandé au président du CCT d'établir un document sur la question.

Mr Preston-Thomas pense préférable de préparer un document pour discussion en 1984; en effet, lors de la prochaine session, le CIPM n'aura pas le loisir de l'étudier puisque les débats porteront essentiellement sur les problèmes concernant la 17<sup>e</sup> CGPM.

Mr Terrien conseille de bien distinguer, le moment venu, « mise en

pratique » et « système de référence », non seulement pour la température mais aussi pour l'électricité. Il rappelle qu'il existe un « système de référence » qui est conservé sous le nom de  $V_{76-B1}$ , sans que l'on connaisse la relation exacte entre ce volt et celui de la définition.

Le rapport du CCT est approuvé.

#### 4.3. Comité Consultatif pour la Définition du Mètre

Mr Kind, président du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM), introduit son rapport en disant que l'on s'achemine vers une nouvelle définition du mètre. Cela a fait l'objet des discussions du CCDM qui a tenu sa 7<sup>e</sup> session les 3 et 4 juin 1982.

Au cours des précédentes sessions, ce Comité Consultatif avait déjà abordé le problème de la mesure des longueurs au moyen des lasers, ce qui l'avait amené à envisager une nouvelle définition du mètre. Trois questions préalables ont été posées : les travaux effectués jusqu'ici et les exactitudes actuellement atteintes sont-ils suffisants pour que les avantages d'une nouvelle définition soient effectifs ? Un accord est-il maintenant possible sur les moyens à recommander pour la mise en pratique de cette nouvelle définition ? Le moment est-il venu de recommander cette nouvelle définition ?

L'ensemble des membres du CCDM ont répondu par l'affirmative à ces trois questions.

Mr Kind rappelle que la préparation avait été soigneusement faite. Un Groupe de travail commun CCDM/CCU s'était réuni à cet effet en avril 1981, sur la suggestion du CIPM. Ses conclusions ont servi de base à la suite des discussions, ce qui a permis d'arriver rapidement à un accord sur la Recommandation M 1. Cette Recommandation propose une nouvelle définition du mètre. Elle devrait conduire à un projet de résolution à soumettre à la 17<sup>e</sup> CGPM. Il était par ailleurs évident qu'une nouvelle définition devrait être accompagnée d'instructions pour la mise en pratique. Le CCDM a donc préparé la Recommandation M 2 (1982) à laquelle est annexée une liste de radiations recommandées. Cette liste est datée, ce qui permettra de ne pas la considérer comme définitive mais de la mettre à jour ou de la modifier ultérieurement.

Mr Kind souligne le fait que, lors des premières discussions au sein du CCDM sur l'éventualité d'une nouvelle définition, l'unanimité était loin d'être complète. Au fur et à mesure des années, l'idée a fait son chemin ; les derniers doutes ont été levés au vu de la concordance des résultats expérimentaux obtenus dans divers laboratoires avec les choix sur lesquels s'était arrêté le CCDM.

Le CCU, qui a tenu sa 8<sup>e</sup> session peu de temps après la réunion du CCDM, a eu connaissance des conclusions et des Recommandations du CCDM. Il a exprimé son accord total sur le principe et apporté plusieurs améliorations à la formulation des Recommandations finalement proposées au CIPM.

Tenant compte de la charge supplémentaire de travail à laquelle le BIPM aura à faire face par suite de la promulgation de cette nouvelle définition, le CCDM a, de plus, proposé la Recommandation M 3 (1982), afin d'attirer l'attention sur les besoins du BIPM en locaux et en personnel pour assurer cette charge.

Le rapport du CCDM est approuvé.

On aborde ensuite la question des projets de résolutions à soumettre au vote de la CGPM. La Recommandation M 1 devient le projet de résolution A.

### Projet de résolution A

#### Définition du mètre

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,  
*considérant*

— que la définition actuelle ne permet pas une réalisation du mètre suffisamment précise pour tous les besoins;

— que les progrès réalisés dans l'asservissement des lasers permettent d'obtenir des radiations plus reproductibles et plus faciles à utiliser que la radiation étalon émise par une lampe à krypton 86;

— que les progrès réalisés dans la mesure des fréquences et des longueurs d'onde de ces radiations ont abouti à des déterminations concordantes de la vitesse de la lumière dont l'exactitude est limitée principalement par la réalisation du mètre dans sa définition actuelle;

— que les valeurs des longueurs d'onde déterminées à partir de mesures de fréquence et d'une valeur donnée de la vitesse de la lumière ont une précision supérieure à celle qui peut être obtenue par comparaison avec la longueur d'onde de la radiation étalon du krypton 86;

— qu'il y a avantage, notamment pour l'astronomie et la géodésie, à maintenir inchangée la valeur de la vitesse de la lumière recommandée en 1975 par la 15<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures, dans sa Résolution 2 ( $c = 299\,792\,458$  m/s);

— qu'une nouvelle définition du mètre a été envisagée sous diverses formes qui ont toutes pour effet de donner à la vitesse de la lumière une valeur exacte, égale à la valeur recommandée, et que cela n'introduit aucune discontinuité appréciable de l'unité de longueur, compte tenu de l'incertitude relative de  $\pm 4 \times 10^{-9}$  des meilleures réalisations du mètre dans sa définition actuelle;

— que ces diverses formes, faisant appel soit au trajet parcouru par la lumière dans un intervalle de temps spécifié, soit à la longueur d'onde d'une radiation de fréquence mesurée ou de fréquence spécifiée, ont fait l'objet de consultations et de discussions approfondies, qu'elles ont été reconnues équivalentes et qu'un consensus s'est dégagé en faveur de la première forme;

— que le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre est dès maintenant en mesure de donner des instructions pour la mise en pratique d'une telle définition, instructions qui pourront inclure l'emploi de la radiation orangée du krypton 86 utilisée jusqu'ici comme étalon et qui pourront être complétées ou révisées par la suite;

*décide*

1° Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de  $1/299\,792\,458$  de seconde.

2° La définition du mètre en vigueur depuis 1960, fondée sur la transition entre les niveaux  $2p_{10}$  et  $5d_5$  de l'atome de krypton 86, est abrogée.

Le processus habituel consiste par ailleurs pour la CGPM à charger le CIPM d'établir les règles de mise en pratique. A cet effet, le CIPM proposera le projet de résolution B suivant :

#### Projet de résolution B

Sur la mise en pratique de la définition du mètre

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

*invite* le Comité International des Poids et Mesures,

— à établir des instructions pour la mise en pratique de la nouvelle définition du mètre;

— à choisir des radiations qui puissent être recommandées comme étalons de longueur d'onde pour la mesure interférentielle des longueurs et à établir des instructions pour leur emploi;

— à poursuivre les études entreprises pour améliorer ces étalons.

Il reste entendu que la Recommandation M 2 (1982), proposée par le CCDM, éventuellement mise à jour, pourra servir de base aux instructions de mise en pratique.

#### 4.4. Comité Consultatif des Unités

Mr de Boer, président du Comité Consultatif des Unités (CCU), commente le rapport sur la 8<sup>e</sup> session qui s'est tenue les 8 et 9 juin 1982. Il ne veut pas revenir sur la discussion au sujet de la nouvelle définition du mètre qui a occupé une large part de cette 8<sup>e</sup> session, puisque l'accord à cet égard avec le CCDM est complet.

De la même façon, à propos de la présentation du rapport définitif du CCM, le CIPM a entendu un compte rendu des discussions portant sur les termes « masse » et « poids ». Le Président Dunworth constate qu'il ne faut rien changer pour le moment.

Parmi les autres points de l'ordre du jour dont a débattu le CCU, il faut souligner une importante question soulevée par l'un des membres : celle de la structure des définitions des unités de base du SI. Pour ces sept définitions, il y a quatre types différents de structure. Le Comité peut constater que la structure de la définition du mètre qui sera soumise à l'approbation de la CGPM reste en harmonie avec ce qui a été fait pendant les vingt dernières années.

Le CCU a eu à connaître de propositions concernant l'expression des puissances de dix, mais il considère que la question a été résolue en 1948 par la 9<sup>e</sup> CGPM qui a approuvé (*Comptes Rendus de la 9<sup>e</sup> CGPM*, 1948, p. 71) une proposition du CIPM de conseiller la « règle N » pour les pays européens. Cette règle utilise les noms :  $10^6$  = un million,  $10^{12}$  = un billion,  $10^{18}$  = un trillion, ...  $10^{6N}$  = un (N)illion.

Mr Wang Daheng signale à ce propos que dans l'expression des résultats d'analyses chimiques on rencontre souvent les notations « ppm » et « ppb ». S'il n'y a guère de doute possible sur le sens de la notation « ppm », en revanche il y a ambiguïté totale pour « ppb » selon que l'auteur se réfère à la « règle N » ou à la « règle (n — 1) » ( $10^{3n}$  = un (n — 1)illion). A son avis, la règle N s'applique mal aux puissances négatives.

Mr de Boer répond que, dans le passé, le CCU a examiné les problèmes soulevés par l'emploi de la notation « ppm », sans trouver de solution qui satisfasse tout le monde. Il admet que cela entraîne de la confusion, mais il est difficile pour le CIPM de prendre une initiative.

Le rapport du CCU est approuvé.

Aucun projet de résolution résultant des travaux du CCU n'est à soumettre à la prochaine CGPM.

#### **4.5. Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie**

Le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR) a tenu sa 10<sup>e</sup> session du 28 au 30 septembre 1982. Le rapport écrit n'est pas encore terminé. Le président du CCPR, Mr Blevin, ne peut donc présenter qu'un bref rapport oral sur cette récente réunion.

Le CCPR ne s'était pas réuni depuis cinq ans. Cela était normal. En effet la 16<sup>e</sup> CGPM, en 1979, avait donné une nouvelle définition de la candela. Il fallait donc laisser aux laboratoires le temps de mettre en œuvre cette nouvelle définition et de commencer à en tirer des conclusions. Il semble que le nombre des laboratoires qui ont procédé à une réalisation effective de la candela à partir de la nouvelle définition ait doublé par rapport à ce qu'il était auparavant. Cela risque d'ailleurs de poser un problème pour la composition même du CCPR. Certains laboratoires qui ne sont pas membres de ce Comité Consultatif ont pourtant l'impression qu'ils seraient en mesure d'apporter une contribution utile à ses travaux.

Il faut en particulier signaler le développement de l'emploi des goniophotomètres. Historiquement, la corrélation entre la réalisation du lumen et celle de la candela a toujours été décevante. Avec ces appareils, on devrait parvenir à une meilleure concordance entre les réalisations de ces deux unités.

On constate que, dans la pratique, certains laboratoires nationaux continuent à disséminer, en particulier dans les milieux industriels, des unités photométriques qui diffèrent notablement de leur meilleure réalisation des unités SI.

Lors des prochaines comparaisons, on fera circuler des lampes remplies de gaz et non pas des lampes à vide. Les photodiodes se sont avérées moins stables que les lampes; en fait, l'instabilité provient des filtres colorés associés aux diodes pour simuler la fonction  $V(\lambda)$ .

Dans les années à venir, la radiométrie prendra de plus en plus d'importance dans les travaux du CCPR. Dans cette perspective, le Comité Consultatif a longuement discuté du programme à long terme du BIPM dans les domaines de la photométrie et de la radiométrie. Il a même envisagé l'éventualité de la suppression de toute activité dans ces domaines. Il n'a pu que constater l'insuffisance des moyens consacrés à ces travaux au BIPM, aussi bien en matériel qu'en personnel; en conséquence, il présente la Recommandation P 1 (1982) exprimant son avis à ce sujet.

Mr Kind pense que, la candela étant une unité de base du SI, et compte tenu de l'importance croissante de la radiométrie, il ne saurait être question que le BIPM n'ait plus d'activité dans ce domaine. La situation a sans doute atteint un niveau critique, il n'est que temps d'y remédier.

Mr Preston-Thomas appuie les arguments de Mr Blevin. Il ne pense pas lui non plus qu'il faille envisager de réduire cette activité, car les milieux industriels s'intéressent de plus en plus à la photométrie et à la radiométrie.

Mr Dunworth remercie Mr Blevin pour son rapport et demande aux membres du CIPM quelles directives doivent être données au BIPM. Mr Giacomo aimerait connaître les activités qu'il peut se permettre de réduire ou même de cesser. Mr Kind pense que la question n'est pas à poser dans la perspective du seul CCPR. C'est une question à envisager dans un ensemble. Par ailleurs, Mr Ambler pense qu'il ne convient pas de donner au BIPM des directives trop spécifiques.

Pour terminer, Mr Blevin signale la création de trois Groupes de travail qui assureront la liaison entre les laboratoires d'ici à la prochaine réunion du CCPR.

#### **4.6. Réunions futures des Comités Consultatifs**

Le Comité Consultatif d'Électricité doit se réunir du 23 au 25 mars 1983 sous la présidence par interim du Dr Schrader de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt; le Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences se réunira du 16 au 18 mars 1983.

Le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants doit se réunir les 22 et 23 juin 1983. Cette session fera suite aux réunions des trois sections de ce Comité : Section I, du 18 au 20 avril 1983; Section II, du 3 au 5 mai 1983; Section III, du 16 au 18 mai 1983.

Le Comité Consultatif de Thermométrie a prévu que sa prochaine session aurait lieu à la fin du mois de mai ou au début du mois de juin 1984\*.

Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde avait envisagé

---

\* Ultérieurement la session a été fixée aux 5, 6 et 7 juin 1984.

une session en 1983 mais il semble qu'aucune question n'exige de réunion avant 1984.

Le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées n'a pas prévu de se réunir avant 1984. Certains de ses Groupes de travail se réuniront sans doute en 1983, mais aucune date n'a été retenue pour le moment.

La prochaine session du Comité Consultatif des Unités devrait avoir lieu en 1984.

En ce qui concerne le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, il est prématuré d'envisager maintenant une future réunion.

Enfin, le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie a prévu de tenir sa prochaine session au mois de septembre 1985.

## 5. Travaux du BIPM

En introduisant la présentation des travaux du BIPM et du Rapport du Directeur, Mr Dunworth rappelle que c'est, pour les membres du Comité, l'occasion de prendre contact avec les physiciens et d'avoir des échanges de vues sur certains points particuliers des activités du BIPM. Mr Giacomo souligne que, dans son rapport, il ne lui est pas possible de rendre compte de tout le travail fait en vue des réunions des Comités Consultatifs, par exemple pour préparer la « mise en pratique » de la nouvelle définition du mètre, pas plus que de tout le travail que représentent les comparaisons. Il rappelle qu'en octobre 1981 trois équipes sont venues simultanément au BIPM faire une comparaison de gravimètres absolus transportables pendant deux semaines; cela a représenté une dizaine de personnes qui ont travaillé de jour et parfois même de nuit. Dans les conditions actuelles, le BIPM n'a pas pu leur offrir le minimum d'aide et d'hospitalité qu'exigerait normalement une telle situation. Envisageant les futures comparaisons de lasers qui deviendront de plus en plus nombreuses, il indique que, pour des raisons matérielles, il ne serait pas possible d'accueillir simultanément des appareils venant de plus de trois laboratoires différents, ce qui est regrettable.

Mr Quinn présente les travaux des sections dites classiques. Il indique que le BIPM poursuit toujours ses travaux sur les étalons à traits. En dépit des nouvelles directions prises par les mesures de longueur au moyen des lasers, l'intérêt des étalons à traits subsistera. Il est donc essentiel que le Bureau conserve son rôle dans ce domaine et continue à entretenir les installations qui lui permettent d'effectuer ce type de mesures.

On va prochainement terminer le troisième circuit de la comparaison de la règle de 1 mètre commencée en 1976. On a poursuivi l'étude de la règle décimétrique qui a été spécialement construite pour l'étude des traits.

Mr Ambler signale qu'à sa connaissance les techniques sont en train de changer. Il semble que les meilleurs étalons à traits soient constitués actuellement par des revêtements de chrome sur verre.

Le BIPM n'a aucune expérience de ce type d'étalons. Cette question devra figurer à l'ordre du jour de la prochaine session du CCDM.

Le BIPM fait toujours des étalonnages de fils et de rubans géodésiques en invar. A ce sujet, Mr Blevin a noté que le BIPM a mesuré le coefficient de dilatation de 14 fils géodésiques; il estime que cela représente un gros travail pour un petit laboratoire.

En ce qui concerne les lasers, les travaux de cette année ont porté sur trois sujets principaux : une étude sur l'origine des écarts entre les différentes déterminations de l'intervalle de fréquence (« i »-« k ») dans le spectre de l'iode vers 633 nm; le montage d'un laser à 612 nm comportant une cuve à iode externe, qui a demandé la construction d'un isolateur optique et d'un résonateur Perot-Fabry dans lequel est située la cuve à iode; la poursuite de l'étude sur les effets qui pourraient perturber la fréquence du laser à 3,39  $\mu\text{m}$ . Les progrès dans tous ces domaines ont été très satisfaisants.

Dans le domaine des masses, il faut signaler le nombre toujours très grand de vérifications d'étalons faites chaque année. Par ailleurs, on a achevé le polissage de six Kilogrammes prototypes, qui ont été ajustés à mieux que 200  $\mu\text{g}$ . Il subsiste un problème concernant le lubrifiant utilisé pour le polissage. Le lubrifiant que l'on utilisait jusqu'ici est en principe soluble dans l'eau. En fait, il s'avère très difficile à enlever. Un autre lubrifiant est à l'essai, mais ce dernier présente l'inconvénient d'être opaque et il ne permet plus de travailler sous microscope.

En travaillant avec la balance NBS-2 nous observons un écart-type de 1  $\mu\text{g}$ . En étalonnant six Kilogrammes prototypes, nous avons constaté que les résultats diffèrent selon la séquence des mesures. C'est un problème sérieux car nous n'en connaissons pas la cause. Il y a manifestement une interaction entre les manipulations et la balance.

Dans le domaine de TAI, la situation a peu évolué. Le TAI continue à être obtenu à partir de l'Échelle Atomique Libre (EAL). On travaille toujours essentiellement sur les données d'environ 120 horloges industrielles et trois étalons primaires. On espère que le General Positioning System permettra d'inclure les résultats en provenance du Sud-Est asiatique. La différence saisonnière entre les horloges commerciales et les étalons primaires demeure sans explication satisfaisante.

En gravimétrie, il faut signaler l'intéressante comparaison qui a eu lieu entre des gravimètres transportables provenant des États-Unis d'Amérique, d'U.R.S.S et d'Italie. Dans le courant de l'année, on a mis au point une méthode pour étudier les écarts résiduels que l'on peut enregistrer avec le gravimètre Jaeger-BIPM.

Mr Blevin demande ce qui reste à faire dans ce domaine. Mr Quinn répond que l'appareil transportable doit fonctionner avec une fiabilité suffisante pour que le BIPM n'ait plus à assurer l'entretien de la première installation de mesure absolue.

Dans le domaine de la thermométrie, des résultats intéressants ont été obtenus sur le point triple du gallium. Cette étude fera l'objet d'une publication dans *Metrologia*.

En manométrie, il convient de rappeler les études faites sur le point triple de l'argon comme instrument de transfert de pression à 69 kPa environ.

Dans la section d'électricité, on a procédé à des comparaisons d'étalons de résistance provenant de plusieurs laboratoires. Les résultats obtenus jusqu'ici sont satisfaisants. On a par ailleurs entrepris la construction d'un pont cryogénique utilisant un détecteur « squid » pour les comparaisons courantes de résistances. Il faut signaler les difficultés que nous avons eues à nous procurer des tubes en niobium convenables pour cet usage.

La parole est ensuite donnée à Mr Allisy pour la présentation des travaux de la section des rayonnements ionisants.

Il présente d'abord un tableau des résultats des comparaisons internationales. Les comparaisons de débits d'exposition de rayons X ou de  $^{60}\text{Co}$  se poursuivent. L'an dernier avaient été donnés les résultats d'une comparaison de dosimètres à sulfate ferreux. Cette année, à partir de calculs théoriques, on déduit la dose absorbée dans l'eau de la dose mesurée dans le graphite. La prochaine étape consistera à effectuer des déterminations directes de dose absorbée dans l'eau.

En ce qui concerne les radionucléides, il faut signaler qu'en 1982 on a fait à nouveau une petite comparaison de  $^{133}\text{Ba}$ . On constate encore une dispersion des résultats dont il est difficile de rendre compte. D'autres comparaisons ont été faites sur du  $^{55}\text{Fe}$  et du  $^{137}\text{Cs}$ .

Le Système international de référence pour les émetteurs de rayonnement  $\gamma$  continue de fonctionner à la satisfaction de tous les laboratoires.

Dans le domaine des mesures neutroniques, la section III du CCEMRI a organisé une comparaison de mesures de débit de fluence de neutrons. Celle-ci est maintenant terminée et les résultats sont analysés au BCMN à Geel.

A l'avenir, le BIPM sera chargé de la conservation des résultats des comparaisons de dosimétrie des neutrons à l'aide d'instruments de transfert hautement fiables. Dans cette perspective, on effectue actuellement des mesures sur des chambres d'ionisation existantes.

Dans une deuxième partie, Mr Allisy donne deux exemples de résultats scientifiques originaux. Dans les comparaisons de  $^{137}\text{Cs}$ , on utilise  $^{134}\text{Cs}$  comme indicateur d'efficacité. Les résultats obtenus au BIPM sont différents selon qu'on utilise la méthode des coïncidences ou la méthode de l'échantillonnage sélectif. On vient d'en trouver l'explication.

Le deuxième exemple porte sur la détermination de la constante  $W$ , énergie nécessaire pour produire une paire d'ions dans l'air. Grâce à la comparaison des calorimètres nationaux, le BIPM dispose d'une excellente

mesure calorimétrique de la dose absorbée dans son fantôme de graphite, lorsqu'on l'irradie au moyen de la source de  $^{60}\text{Co}$  du BIPM. Cette même dose absorbée a été déterminée par des mesures ionométriques. La comparaison des deux mesures permet d'obtenir  $W/e$ .

Mr Blevin dit sa satisfaction de la qualité du Rapport du Directeur. Dans son laboratoire, ce rapport est lu avec grand intérêt, car il permet un rapprochement rapide des travaux faits dans les divers laboratoires. Plusieurs membres du Comité apprécient la qualité de la présentation. Une présentation plus condensée, comme celle qui a été faite cette année, est très efficace.

## 6. Bâtiment des lasers

Le Président introduit ce point de l'ordre du jour en exprimant l'espoir que le Comité confirmera l'accord de principe qu'il avait donné lors de la précédente session pour la construction du nouveau Bâtiment des lasers.

Mr Quinn commente les données qui ont été communiquées par correspondance aux membres du Comité il y a quelques semaines. Le BIPM a obtenu des autorités françaises le permis de construire le bâtiment. Ce permis est valable deux ans à partir du mois de mars 1982. Des appels d'offre ont été lancés auprès de plusieurs entreprises pour les différents corps de métiers.

Le coût des démolitions, de la construction et des finitions du nouveau bâtiment a été estimé à 2 750 000 francs-or en février 1982, y compris les honoraires d'architecte et une marge pour les imprévus. L'aménagement intérieur a été estimé à la même date à 250 000 francs-or. En admettant que la date moyenne de la construction se situera vers février 1983, une majoration de 15 % est à prévoir, ce qui porterait le total à 3 450 000 francs-or.

En 1980, on a créé un compte spécial pour les bâtiments, le compte V, que l'on a prévu d'alimenter suivant le tableau ci-dessous, pour atteindre 1 800 000 francs-or en 1983. Il faudrait donc prélever en 1983-1984 sur l'actif du compte I un total de 1 700 000 francs-or, soit 19 % de cet actif au 31 décembre 1981.

### *Évolution du compte V en francs-or*

Année	Virements du compte I	Total des virements	Actif réévalué au 31 décembre
1980	300 000	300 000	300 000
1981	300 000	600 000	798 000
1982	600 000	1 200 000	1 555 000
1983	600 000	1 800 000	(2 150 000)

Du fait de la réévaluation de l'actif des comptes I et V au 31 décembre 1982, le prélèvement devrait se limiter à 1 300 000 francs-or, soit environ 9 % de l'actif du compte I à cette date. Comme environ un tiers des dépenses sera vraisemblablement payé en 1984, on peut prévoir en raison de l'inflation une majoration supplémentaire de l'ordre de 6 % du total des dépenses. Cette inflation devrait correspondre à une réévaluation de l'actif du compte I telle que le prélèvement ne dépassera pas 9 % de cet actif.

Mr Bray demande si l'on compte faire appel à plusieurs entreprises. Il lui est répondu que c'est ce qui est envisagé. L'architecte est chargé du travail de coordination entre les entreprises. Mr Quinn souligne que l'architecte qui a préparé les plans et lancé les appels d'offre paraît tout à fait efficace. Cet architecte a dirigé d'importants travaux dans la région de Versailles, en particulier la construction d'hôpitaux. Il paraît donc que l'on puisse lui faire confiance pour coordonner des travaux importants et complexes. Sur une construction comme celle qui est envisagée au BIPM, il peut jouer sa réputation.

Mr Kind demande si l'on a fait des sondages dans le sol. Il lui est répondu que cela a été fait et qu'en principe aucun problème particulier ne devrait se poser. Il est certain que sur un problème comme celui-là on reste toujours à la merci de surprises.

Mr Preston-Thomas approuve la proposition du Président d'entreprendre la construction telle qu'elle est prévue.

Aucun commentaire n'étant fait sur les propositions qui ont été envoyées au Comité, le Président estime qu'un vote formel n'est pas nécessaire pour montrer que le Comité donne son approbation.

Mr Quinn se dit très content que le Comité approuve le projet de cette construction. Lorsqu'elle sera terminée, les conditions de travail des laboratoires devraient être améliorées.

## **7. Visite des laboratoires; visite du Dépôt des prototypes métriques**

L'après-midi du mercredi 13 octobre a été consacré à la visite des laboratoires. Cette visite est suivie de la visite du Dépôt des prototypes métriques. En descendant au caveau, le Comité a pu constater qu'il y régnait une humidité excessive; certaines parties de la paroi du local présentent des traces de suintement d'eau. C'est un problème grave, car il faut très rapidement déterminer la cause exacte de cette humidité anormale. Il peut ne s'agir que de condensation, mais on peut aussi avoir affaire à des infiltrations. Les dispositions ont donc été prises pour que le Directeur du Bureau puisse avoir accès au caveau après la fin de la session du Comité afin de faire procéder aux interventions techniques qui s'imposeront. Le bureau du Comité est particulièrement chargé de veiller à ce délicat problème, en liaison avec le Directeur du Bureau, en particulier au cas où il paraîtrait nécessaire de procéder au déplacement des Prototypes internationaux.

## Procès-Verbal

Le 13 octobre 1982, à 16 h 30, en présence du Président du Comité International des Poids et Mesures, du Directeur du Bureau International des Poids et Mesures et du représentant des Archives de France, il a été procédé à la visite du Dépôt des Prototypes métriques internationaux du Pavillon de Breteuil.

On avait réuni les trois clés qui ouvrent le Dépôt : celle qui est confiée au Directeur du Bureau, celle qui est déposée aux Archives Nationales, à Paris et que Madame J. Morin avait apportée, celle enfin dont le Président du Comité International a la garde.

Les deux portes de fer du caveau ayant été ouvertes ainsi que le coffre-fort, on a constaté dans ce dernier la présence des Prototypes et de leurs témoins.

On a relevé les indications suivantes sur les instruments de mesure placés dans le coffre-fort :

Température actuelle : 20,8 °C  
Température maximale : 24,5 °C  
Température minimale : 18 °C  
État hygrométrique : 87 %

On a alors refermé le coffre-fort ainsi que les portes du caveau.

Le Directeur  
du Bureau,

La Documentaliste  
au Secrétariat Général  
des Archives de France,

Le Président  
du Comité,

P. GIACOMO

Madame J. MORIN

J. V. DUNWORTH

## 8. Questions administratives et financières

### 8.1. Rapport aux Gouvernements pour 1981

Mr de Boer présente ce Rapport. Le bureau du Comité a estimé qu'il fallait apporter des modifications à la présentation habituelle du Rapport Annuel que le CIPM doit faire chaque année aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre sur la situation administrative et financière du BIPM. Il a paru nécessaire de modifier la méthode suivie jusqu'ici pour l'évaluation de l'actif du Bureau. La difficulté vient du problème de la définition du franc-or dans la présentation du bilan. Le franc-or n'ayant plus de définition officielle par rapport aux devises autres que le franc français, les taux de conversion à utiliser pour passer d'une devise à une autre n'ont plus de relation cohérente avec les parités réelles.

Il est donc proposé de ne plus tenir compte que de la dernière définition connue du franc-or, c'est-à-dire 1 franc-or = 1,814 52 franc français. La parité des diverses devises est établie d'après leur parité avec le franc français.

Il s'ensuit que le nouveau mode d'évaluation de l'actif entraîne des différences importantes avec les chiffres des années précédentes. La différence qui résulte de la réévaluation a été répartie proportionnellement entre les comptes I, II, III, et V, le compte IV étant géré exclusivement en francs français. En fait, les nouveaux chiffres correspondent à une évaluation plus réaliste.

Le Président signale que le bureau du Comité a préféré attendre pour connaître l'opinion et avoir l'accord de l'ensemble du CIPM avant d'envoyer aux Gouvernements le Rapport Annuel sous cette nouvelle présentation. Habituellement, ce Rapport était diffusé à la fin du premier trimestre de l'année.

Mr Ambler demande si, à partir de maintenant, les comptes seront toujours tenus de cette façon, c'est-à-dire en passant par la conversion en francs français. Mr de Boer lui répond que c'est bien l'intention du bureau du Comité. Naturellement, un pays pourra payer sa contribution en dollars US, en tenant compte de la parité entre cette devise et le franc français.

Le Président demande spécifiquement au Comité s'il est d'accord sur la nouvelle présentation proposée pour les comptes. Aucun membre ne soulevant d'objection, le nouveau principe de calcul est adopté.

La deuxième question qui se pose à propos du Rapport Annuel concerne la date à laquelle il convient de le communiquer aux Gouvernements. En effet, si le projet de Rapport est soumis au CIPM, cela conduit, comme c'est le cas cette fois-ci, à envoyer seulement vers la fin de l'année 1982 le Rapport concernant l'exercice 1981. L'avantage qu'il y a à procéder ainsi, c'est que le Rapport est envoyé sous la responsabilité de l'ensemble du CIPM et non du seul bureau du Comité. L'inconvénient, c'est qu'il est communiqué presque un an après la fin de l'exercice qu'il couvre.

Au cas où l'on choisirait de ne communiquer aux Gouvernements le Rapport Annuel qu'après approbation de l'ensemble du Comité, on peut se demander quelles informations sur l'année en cours il devrait contenir et s'il devrait comporter le projet de budget pour l'année suivante, lequel serait déjà connu à la date de l'envoi.

Le Comité discute assez longuement les avantages et les inconvénients des diverses procédures qui peuvent être suivies.

Le Président tire les conclusions de la discussion. Effectivement, cette année, il était tout à fait normal que l'on retarde la diffusion du Rapport Annuel puisque la présentation des comptes subissait un profond changement. A l'avenir le bureau du Comité procédera comme il était d'usage et enverra le Rapport en début d'année, étant entendu que le Rapport doit encore être approuvé à la session plénière du CIPM.

## **8.2. Quitus pour l'exercice 1981**

Comme chaque année, le détail des comptes vérifiés par un expert-comptable est présenté aux membres du Comité. Ce rapport ne donnant

lieu à aucun commentaire, quitus est donné au Directeur et à l'Administrateur pour l'exercice 1981.

### 8.3. Exercice en cours

Une extrapolation de l'exercice en cours est présentée aux membres du Comité. Elle est faite à partir des comptes arrêtés à la fin du mois d'août 1982. Les chiffres indiqués ne sont donc que des estimations. On peut d'ores et déjà prévoir des dépassements sur certains postes par rapport à ce qui avait été envisagé lors du vote du budget l'an dernier. Il faut en particulier signaler le poste qui concerne l'énergie électrique : le dépassement est dû aux travaux faits sur le poste de transformation du BIPM en vue de l'alimentation en électricité du Bâtiment des lasers. Un autre poste en dépassement est celui qui concerne les voyages, mais on estime essentiel que les physiciens du BIPM participent à certaines Conférences internationales. Cette année il y a eu huit voyages aux États-Unis de physiciens qui ont assisté au Symposium on Temperature et à la Conférence on Precision Electromagnetic Measurements. Toutefois, on peut penser que le budget global pour 1982 ne sera pas dépassé.

Le Président présente ensuite le problème particulier posé par les achats de platine iridié. Afin de fabriquer des Kilogrammes prototypes, le BIPM est amené à acheter des barreaux de 10 kg de platine iridié, ce qui représente au cours actuel un montant de l'ordre de 1 000 000 francs français, soit la moitié du budget annuel d'investissement. Mais le délai entre l'achat de la matière première et la fourniture aux États est très long. Actuellement, il est au minimum de deux ou trois ans. Or le prix de la matière première subit des variations considérables, le plus souvent en augmentation mais quelquefois en diminution. Dans ces conditions, il est très difficile pour le BIPM de répondre aux demandes de prix, de fixer un prix au moment de la commande et d'établir un prix au moment de la livraison. Le Président souhaite avoir un avis explicite du CIPM sur la politique à suivre. Une discussion s'ensuit. Le prix de vente doit correspondre au prix du matériau augmenté du coût correspondant à la fabrication de l'étalon. Actuellement, le prix du matériau représente 70 % et le coût de la fabrication 30 % du prix total. Il ne convient pas que le BIPM fasse des bénéfices mais il ne doit pas être perdant non plus.

L'échange de vues sur la question se termine par la décision de vendre le matériau aux États membres au prix où il a été acheté, les frais de fabrication venant s'ajouter à ce prix de base. C'est la politique qui sera suivie pour les prochaines commandes de Kilogrammes étalons.

### 8.4. Projet de budget pour 1983

En présentant le projet de budget pour 1983, Mr de Boer souligne que ce budget est en augmentation de 12 % sur celui de l'année antérieure, toutefois on constate que l'augmentation annuelle des prix en France est

## BUDGET POUR 1983

### RECETTES

	Francs-or
Contributions des États . . . . .	10 720 000
Intérêts des fonds . . . . .	1 200 000
Taxes de vérification . . . . .	30 000
Remboursement des taxes sur les achats . . . . .	350 000
	<hr/>
Total . . . . .	12 300 000
	<hr/> <hr/>

### DÉPENSES

A. Dépenses de personnel :		
1. Traitements . . . . .	5 950 000	} 7 900 000
2. Allocations familiales . . . . .	430 000	
3. Sécurité Sociale . . . . .	460 000	
4. Assurance-accidents . . . . .	60 000	
5. Caisse de Retraites . . . . .	1 000 000	
B. Dépenses de fonctionnement :		
1. Mobilier . . . . .	50 000	} 1 600 000
2. Laboratoires et ateliers . . . . .	700 000	
3. Chauffage, eau, énergie électrique . . . . .	300 000	
4. Assurances . . . . .	40 000	
5. Impressions et publications . . . . .	84 000	
6. Frais de bureau . . . . .	150 000	
7. Voyages et transports d'appareils . . . . .	150 000	
8. Entretien courant . . . . .	90 000	
9. Bureau du Comité . . . . .	36 000	
C. Dépenses d'investissement :		
1. Laboratoires . . . . .	1 350 000	} 1 470 000
2. Atelier de mécanique . . . . .	30 000	
3. Atelier d'électronique . . . . .	30 000	
4. Bibliothèque . . . . .	60 000	
D. Bâtiments (gros travaux, rénovation) . . . . .	1 200 000	
E. Frais divers et imprévus . . . . .	80 000	
F. Utilisation de monnaies non convertibles . . . . .	50 000	
	<hr/>	
Total . . . . .	12 300 000	
	<hr/> <hr/>	

voisine de 14 %. Actuellement, le volume des traitements versés par le BIPM atteint 60 % du budget. Ces traitements suivent l'indice officiel français publié pour les organisations internationales dont le siège est en France. On assiste donc à une lente détérioration de la situation financière. Si la tendance se prolonge, on risque fort d'arriver à une situation grave.

Mr Quinn fait remarquer que la variation de l'indice suivi par les traitements est quelque peu inférieure au chiffre officiel de l'inflation en France.

Mr Ambler rappelle que les salaires versés par le BIPM ne sont pas soumis à l'impôt sur le revenu en France. Mr Giacomo répond qu'un calcul fait sur l'ensemble des salaires versés par le BIPM conduirait à un impôt moyen de 8,5 %.

Mr Dunworth dit ne pas avoir pu établir de comparaison valable avec les salaires versés dans les laboratoires nationaux. Il fait aussi remarquer que les épouses des physiciens étrangers ne peuvent pas obtenir de permis de travailler en France. De plus, les membres du BIPM de nationalité étrangère ont des difficultés pour obtenir des prêts en vue de l'acquisition d'un logement.

Après discussion, le projet de budget pour 1983 est adopté sans modification.

## **9. Préparation de la 17<sup>e</sup> CGPM**

En accord avec le Ministère des Relations Extérieures de France, les dates retenues pour la 17<sup>e</sup> CGPM sont les 17, 19, 20 et 21 octobre 1983. Le Comité International se réunira la semaine qui précède, le 13 et le 14 octobre et, si nécessaire, le samedi 15 au matin. Mr de Boer rappelle qu'une brève réunion du Comité International est nécessaire à l'issue de la CGPM pour procéder à l'élection du bureau du Comité.

Il incombe au Comité de convoquer la 17<sup>e</sup> CGPM. Pour ce faire, la Convocation officielle doit être envoyée aux Gouvernements des États membres au tout début de l'année 1983. Un avant-projet de ce document est donc discuté au sein du Comité. La Convocation doit contenir, entre autres choses, le texte des projets de résolutions que le CIPM a préparés au cours de la présente session (Projets A, B, et C).

### **9.1. Rapport du Président du CIPM et des présidents des Comités Consultatifs**

Mr Dunworth rappelle qu'il doit présenter un rapport détaillé sur l'ensemble de l'activité des organes issus de la Convention du Mètre depuis la dernière Conférence Générale des Poids et Mesures. Les présidents des Comités Consultatifs doivent également présenter un rapport sur les travaux effectués pendant la même période dans le cadre de leur Comité.

Ces rapports, qui sont destinés à être publiés dans le volume des Comptes Rendus de la Conférence Générale, doivent être rédigés pour distribution aux participants à la CGPM et aux interprètes.

Mr Dunworth souhaite recevoir les projets des rapports des présidents des Comités Consultatifs avant le 1<sup>er</sup> avril 1983.

Il est convenu que, dans son Rapport, le Président du CIPM insistera en particulier sur les avis exprimés dans la Recommandation G 2 (1981) du CCM et dans la Recommandation P 1 (1982) du CCPR puisque ces Recommandations ne sont pas reprises dans des projets de résolutions.

Dans son rapport, Mr Dunworth exposera aussi avec quelque détail l'important problème de l'expression des incertitudes. A sa session de 1981, le CIPM a laissé au BIPM un délai de deux ou trois ans avant de faire le point sur la mise en œuvre des propositions faites par le Groupe de travail sur l'expression des incertitudes; il serait donc prématuré de soumettre à la CGPM un projet de résolution sur ce sujet. Cependant, étant donné l'importance de la question, il ne faut pas omettre d'attirer l'attention des délégués sur ce problème qui intéresse tous les domaines de la métrologie.

## **9.2. Conclusions du Groupe de travail *ad hoc* de la 16<sup>e</sup> CGPM**

Il est prévu que Mr de Boer présente les conclusions auxquelles est parvenu le Groupe de travail *ad hoc* de la 16<sup>e</sup> CGPM et donne lecture des conclusions du CIPM qui seront incluses dans la Convocation.

## **9.3. Programme de travail et budget du BIPM**

Le Comité discute ensuite du programme de travail du BIPM. C'est un document de travail qui doit être préparé dans les mois qui viennent pour présentation à la CGPM l'an prochain. Il a été demandé aux présidents des Comités Consultatifs d'exprimer leur avis sur ce programme pour les domaines respectifs qui les concernent. On a pu voir par exemple les positions prises par le CCM [Recommandation G 2 (1981)], le CCDM [Recommandation M 3 (1982)] et le CCPR [Recommandation P 1 (1982)]. Qui dit extension des programmes de travail, dit besoins en locaux et en personnel.

Le bureau du CIPM a préparé un document dans lequel est donné un plan de constructions à long terme au BIPM. Il n'est pas question de transmettre directement ce plan à l'approbation de la CGPM. Mais, si une solution a pu être trouvée assez aisément pour la construction du Bâtiment des lasers, il faut envisager ultérieurement aussi la modernisation des autres laboratoires. Il convient donc, dès la prochaine CGPM, d'informer les États du fait que le CIPM demandera à la Conférence suivante les moyens financiers de développer les autres laboratoires. De nouveaux bâtiments sont nécessaires et il est impératif de porter cette information à la connaissance des États, donc de la prochaine CGPM.

Il est convenu que le problème sera exposé dans le Rapport du Président du CIPM.

Le Comité doit maintenant se mettre d'accord sur le montant des dotations dont le vote doit être proposé à la 17<sup>e</sup> CGPM. Mr de Boer rappelle que ces dotations concernent les années 1985 à 1988 incluse. Compte tenu des circonstances économiques qui prévalent à l'heure actuelle dans le monde entier, il est particulièrement hasardeux d'avancer des chiffres pour la progression des dépenses pour des échéances aussi lointaines, mais il n'y a pas d'autre solution convenable. Après un échange de vues sur diverses propositions, il est convenu que l'on demandera une augmentation de 12 % par an du budget du BIPM pour les années considérées, en s'appuyant sur la continuité avec les années précédentes.

#### **9.4. Rapport concernant l'avancement du Système métrique et du SI**

Il était habituel de présenter à la CGPM un rapport relatif aux progrès du système métrique dans le monde. Compte tenu de la diffusion actuelle du SI, on peut concevoir que ce rapport revête maintenant une forme différente. Il est convenu que la CGPM recevra trois rapports de synthèse sur la situation du SI en Australie, au Canada et en Chine. Ces rapports écrits seront distribués aux délégués à la Conférence, qui pourront s'ils le veulent solliciter des commentaires.

### **10. Questions diverses**

Mr Giacomo rappelle qu'un Groupe de travail comprenant quatre représentants de l'ISO, de la CEI, de l'OIML et un représentant du BIPM prépare un Vocabulaire international de métrologie. Le travail préparatoire est déjà très avancé. La question de la publication de ce Vocabulaire a été soulevée lors de la dernière réunion du Groupe de travail. Une forte pression a été faite pour que le BIPM se charge de cette publication. Mr Giacomo estime que les questions de vocabulaire ne sont pas de la compétence du BIPM ni du CIPM, c'est plutôt un problème de normalisation. C'est la raison pour laquelle il sollicite l'avis du CIPM.

Mr Perlstain pense qu'il serait plus logique que ce soit l'OIML qui assure cette tâche de publication, puisqu'il est admis que le vocabulaire en question remplacera en partie le Vocabulaire de Métrologie Légale.

Il est convenu que le BIPM ne saurait répondre favorablement à cette demande.

Mr Cintra do Prado signale qu'au Brésil on attend avec impatience les deux nouveaux Vocabulaires de Métrologie et de l'Éclairage. Il est souhaitable que les problèmes mentionnés par Mr Giacomo pour la publication du premier puissent être résolus à brève échéance, compte tenu de l'intérêt que présente l'unification de la terminologie scientifique et technique dans toutes les langues. Il tient à témoigner, pour ce qui est du

Brésil, de l'excellente influence qu'ont déjà exercée, dans ce sens, le Vocabulaire de Métrologie Légale édité par l'OIML en 1969 et sa réédition bilingue de 1978.

L'ordre du jour étant épuisé, Mr Dunworth clôt la session en exprimant sa satisfaction pour le travail accompli par tous, sans oublier le personnel du BIPM.

Mr Terrien ajoute des remerciements tout particuliers à Mr Vigoureux dont les traductions contribuent beaucoup à l'efficacité de ces réunions.

---

RAPPORT DU DIRECTEUR  
SUR L'ACTIVITÉ ET LA GESTION  
DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES  
(octobre 1981 — septembre 1982)

---

I. — PERSONNEL

*Engagement*

Denise HOWELL, née le 5 septembre 1952 à Ellwood City (États-Unis d'Amérique), précédemment étudiante au pair en France, a été engagée comme secrétaire le 1<sup>er</sup> mars 1982.

II. — BÂTIMENTS

*Observatoire*

Ravalement de la façade côté cour et des deux façades latérales, et réfection de la peinture de toutes les ouvertures (encadrement compris); peinture du comble C 1 (sols et murs).

*Menuiserie*

Travaux de sondage du sol de la colline au pied et au-dessus du bâtiment « Menuiserie », en vue de la construction du bâtiment « Lasers ».

*Dépendances*

Poursuite des travaux de consolidation de la colline derrière l'Observatoire : stabilisation des talus bordant les parties nord et sud par coulage d'un revêtement de béton après élimination des roches pourries et en équilibre instable.

Curage annuel des canalisations souterraines des eaux usées et construction d'un regard intermédiaire supplémentaire dans un passage délicat.

Construction d'un regard supplémentaire au confluent des gaines de câbles reliant l'Observatoire et les bâtiments des rayonnements ionisants et des neutrons.

### III. — INSTRUMENTS ET TRAVAUX

#### Remarques générales

Nous nous sommes efforcés, cette année, de condenser ce Rapport, en évitant les détails et en renvoyant le lecteur, chaque fois que cela est possible, aux articles et rapports publiés. Nous espérons que la lecture de ce Rapport donnera cependant une image fidèle du travail accompli, toujours avec rigueur et efficacité.

Diverses activités de service n'apparaissent que de façon très discrète. Il en est ainsi, par exemple, de la préparation des réunions des Comités Consultatifs. Cette année, plusieurs membres du personnel ont consacré une part de leur activité à préparer les réunions du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre et du Comité Consultatif des Unités en vue du changement de la définition du mètre. Cette préparation, faite avec le souci constant d'objectivité et de clarté qui est de tradition au BIPM, a sans aucun doute contribué à l'obtention rapide d'un accord unanime.

Une autre activité n'est mentionnée que sommairement. Il s'agit de la première comparaison de gravimètres absolus transportables qui a eu lieu au BIPM en octobre 1981. Pendant plus de deux semaines, elle a réuni trois équipes, chacune avec son matériel, soit une dizaine de physiciens étrangers, travaillant de nuit comme de jour.

Accueillir une telle comparaison comme il convient, en fournissant un minimum d'aide pour le transport et l'installation du matériel, un minimum de place et de confort pour les personnes, devrait être à la portée du BIPM. Les moyens que nous pouvons mettre en œuvre dans ce but sont insuffisants.

Le même manque de moyens nous a jusqu'à maintenant interdit d'effectuer des comparaisons simultanées de lasers entre plusieurs laboratoires. Avec le changement de la définition du mètre, les besoins dans ce domaine se feront plus pressants. L'aménagement de nouveaux locaux pour les lasers est donc urgent.

Nous avons commencé à mettre en pratique les recommandations du Groupe de travail sur l'expression des incertitudes. L'incertitude est donc exprimée sous la forme d'un écart-type, aussi bien dans le cas d'une incertitude statistique estimée à partir de la dispersion des mesures que dans le cas d'une incertitude composée comprenant des composantes subjectives. Cette méthode n'a fait apparaître aucune difficulté nouvelle.

Dans l'exposé qui suit, les noms des responsables des travaux décrits sont cités entre parenthèses. L'astérisque (\*) placé après un nom signale une personne qui ne fait pas partie du personnel permanent du BIPM.

## 1. Longueurs (P. Carré, J. Hamon)

La mesure interférentielle des étalons de longueur à traits revêt une grande importance pour le BIPM lui-même et pour les laboratoires nationaux. Ceux qui ne sont pas équipés pour effectuer des mesures interférentielles déterminent leurs étalons secondaires par comparaison à leur étalon national (prototype en platine iridié ou règle divisée) mesuré au BIPM; ceux qui sont équipés pour ces mesures s'intéressent aux comparaisons internationales organisées par le BIPM qui constituent le seul moyen permettant de déceler d'éventuelles erreurs systématiques.

De même, les mesures d'étalons à bouts pour les laboratoires nationaux permettent à ces derniers de contrôler régulièrement le fonctionnement correct de leurs propres équipements.

Enfin, la section des longueurs effectue aussi la mesure des fils géodésiques et le traitement de l'invar géodésique, opérations qui sont bien appréciées par les utilisateurs.

### 1.1. — Étalons à traits

#### *Comparaisons internationales*

Le troisième circuit (IMGC, NIM, CSIRO, OFM) de la comparaison internationale de mesure de la règle divisée N° 12924 (Rapport 1981, p. 30) se poursuit. Les rapports concernant les études effectuées à l'IMGC et au NIM nous sont parvenus respectivement le 5 et le 9 octobre 1981. Les résultats obtenus par ces deux laboratoires et par les laboratoires des deux premiers circuits ainsi que les résultats provisoires du CSIRO ont été présentés à la 7<sup>e</sup> session du CCDM (3 et 4 juin 1982). On prévoit que le troisième circuit s'achèvera vers la fin de 1982.

Au cours de cette même session du CCDM, les conclusions de l'étude effectuée par le BIPM sur la règle décimétrique N° 19901 (Rapport 1981, p. 30) ont été communiquées aux participants.

#### *Règle divisée*

La règle du BIPM N° 122 R de 1 m en acier à 58 % de nickel a été mesurée pour la première fois au moyen du comparateur photoélectrique et interférentiel. Il est intéressant de suivre l'évolution de cet étalon (défini à 0 °C) dont les premières mesures remontent à 1912; voici les valeurs à 20 °C :

1912	1 m + 240,6 μm
1934	+ 238,2
1941	+ 237,6
1956	+ 236,5
1982	+ 235,61

On constate que la dernière mesure confirme le raccourcissement continu de cette règle.

### 1.2. — Étalons à bouts plans (J. Hamon)

— Mesure, dans l'interféromètre Tsugami, de sept calibres pour l'Office Fédéral de Métrologie (Suisse) et d'un calibre pour le Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien (Autriche).

— Après régénération par chauffage du tube à mercure 198 de l'interféromètre Tsugami, on a vérifié que les longueurs d'onde des radiations utilisées n'avaient pas subi de variation significative, compte tenu des incertitudes de mesure de l'ordre de 1 à 2 fm.

### 1.3. — Base géodésique (G. Girard)

#### *Invar géodésique*

Nous avons effectué l'étuvage de 183 kg d'alliage constituant les livraisons 32 (H et I) issues de la coulée FP950 et, en relation avec les traitements thermiques, nous avons déterminé le coefficient de dilatation de quatorze échantillons de fil de 24 m de longueur.

Nous avons d'autre part soumis 81 fils d'invar géodésique de 24 m de longueur à un traitement mécanique (battage) pour une entreprise française.

## 2. Lasers (J.-M. Chartier)

### 2.1. — Généralités

Nous avons participé à trois comparaisons (organisées au BIPM) de lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode : deux avec l'IMGC, Italie (lasers à  $\lambda = 633$  nm et lasers à  $\lambda = 612$  nm) et une avec le CSMU, Tchécoslovaquie (lasers à  $\lambda = 633$  nm). Nous avons profité de ces comparaisons pour mettre au point le traitement direct des mesures à l'aide de notre ordinateur Tektronix type 4052. Pour les lasers à  $\lambda = 612$  nm, on a étudié de façon systématique les paramètres affectant la reproductibilité de la fréquence.

La Société NEC (Tokyo) a réalisé pour le BIPM trois tubes à décharge à He-Ne comportant deux fenêtres orientées à l'incidence de Brewster ; ces tubes, utilisables pour les lasers à  $\lambda = 633$  nm asservis sur l'iode, présentent un bruit important dû à une trop forte pression du mélange gazeux. L'un d'eux a cependant été installé sur le laser du gravimètre transportable du BIPM. A la suite des informations que nous lui avons transmises, la Société NEC nous a fourni gracieusement un tube semblable mais rempli à plus

basse pression; ce tube donne pour le moment entière satisfaction, mais il reste à estimer sa durée de vie.

Dans le cadre de l'étude de la reproductibilité des lasers asservis sur l'iode à  $\lambda = 515, 612$  et  $633$  nm, et en utilisant les écarts de fréquence connus entre les raies principales ( $\Delta F = \Delta J$ ), on a calculé la position des raies des transitions interdites ( $\Delta F = 0$ ) et celle des croisements de niveaux; un rapport BIPM est en préparation. On a notamment mis en évidence qu'une raie de croisement de niveaux est superposée à la composante i de la transition 11-5, R(127), composante recommandée par le CIPM. Cette conclusion a été communiquée à la 7<sup>e</sup> session du CCDM, juin 1982 (Document CCDM/82-31, par M. Gläser).

## 2.2. — Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve interne ( $\lambda = 633$ nm)

### Mesures de l'intervalle ( $^{129}\text{I}_2, k$ ) — ( $^{127}\text{I}_2, i$ )

Devant le désaccord persistant (environ 150 kHz) entre la valeur obtenue pour cet intervalle au BIPM et celles de plusieurs laboratoires nationaux, nous avons entrepris l'étude systématique de la reproductibilité de fréquence sur deux lasers équipés chacun d'une cuve à iode 129.

Les valeurs précédemment obtenues (Rapports 1978, p. 32; 1980, p. 36) ont été confirmées. En effet, dans des conditions expérimentales identiques et lorsque les puissances surfaciques au milieu de la cuve d'absorption étaient comprises entre 9 et  $12 \times 10^4$  W/m<sup>2</sup>, nous avons trouvé la valeur 95,770 MHz<sup>(1)</sup> (95,762 MHz en 1978; 95,758 et 95,774 MHz en 1980).

Les autres paramètres restant inchangés (notamment la température du point froid des cuves à iode, maintenue à 8 °C), pour des puissances surfaciques comprises entre 5 et  $6 \times 10^4$  W/m<sup>2</sup>, nous avons obtenu

$$f(^{129}\text{I}_2, k, 8^\circ\text{C}) - f(^{127}\text{I}_2, i, 8^\circ\text{C}) = 95,89 \text{ MHz},$$

avec

$$s = 0,03 \text{ MHz}$$

$s$  = estimation de l'écart-type d'une mesure.

En faisant varier les températures des points froids des cuves à iode,

$$f(^{129}\text{I}_2, k, 4^\circ\text{C}) - f(^{127}\text{I}_2, i, 15^\circ\text{C}) = 95,97 \text{ MHz},$$

avec

$$s = 0,04 \text{ MHz}.$$

Nous pensons que la mauvaise reproductibilité de la fréquence de la composante k pourrait être due à une superposition avec une raie de croisement de niveaux de la transition 6-3, P(33) de la molécule mixte

(<sup>1</sup>) CHARTIER, J.-M. Détermination et reproductibilité de l'intervalle de fréquence ( $^{129}\text{I}_2, k$ ) — ( $^{127}\text{I}_2, i$ ). Rapport BIPM-82/10, septembre 1982, 17 pages.

$^{127}\text{I}^{129}\text{I}$  (2). Les coefficients de variation de la fréquence de cette composante en fonction de la puissance et de la pression d'iode diffèrent beaucoup d'un laser à un autre; pour un même laser, ils semblent dépendre l'un de l'autre. Il serait donc prudent de ne plus utiliser cette composante k de l'iode 129, transition 8-4, P(54); les composantes a et y" de la transition 6-3, P(33) de la molécule  $^{127}\text{I}^{129}\text{I}$  nous semblent bien meilleures.

*Comparaison avec le CSMU (Tchécoslovaquie)*

Un résultat très satisfaisant a été obtenu dans cette comparaison qui a eu lieu du 1<sup>er</sup> au 9 octobre 1981 entre le laser BIPM2 et deux lasers du CSMU. Pour le laser principal du CSMU, PL1-E2, on a obtenu pour huit déterminations :

$$f(\text{PL1-E2}) - f(\text{BIPM2}) = 3,1 \text{ kHz, avec } s = 2,0 \text{ kHz.}$$

Les détails de cette comparaison, y compris les résultats des mesures sur les intervalles de fréquence entre les quatorze composantes a à n et la composante de référence i, sont en cours de publication (3).

*Comparaison avec l'IMGC (Italie)*

Deux lasers de l'IMGC ont été comparés au laser BIPM2, du 12 au 20 novembre 1981.

Les résultats sont excellents du point de vue de la reproductibilité et de la répétabilité. On a obtenu :

$$f(\text{IMGC1/7}) - f(\text{BIPM2}) = - 1,1 \text{ kHz,}$$

avec  $s = 1,8 \text{ kHz}$  pour huit déterminations;

$$f(\text{IMGC2/5}) - f(\text{BIPM2}) = - 1,8 \text{ kHz,}$$

avec  $s = 1,9 \text{ kHz}$  pour sept déterminations.

Au cours de cette comparaison, on a aussi déterminé le coefficient de variation de fréquence en fonction de la température des parois de la cuve à iode. La valeur donnée ci-dessus pour le laser IMGC2/5 résulte de l'application d'une correction de 47 kHz pour ramener la température des parois de sa cuve à iode à celle des deux autres lasers. Les résultats de cette comparaison ont été présentés à la « Conference on Precision Electromagnetic Measurements », juin-juillet 1982, Boulder, États-Unis d'Amérique (4).

---

(2) MAGYAR, J. A. and BROWN, N. High resolution saturated absorption spectra of iodine molecules  $^{129}\text{I}_2$ ,  $^{129}\text{I}^{127}\text{I}$ , and  $^{127}\text{I}_2$  at 633 nm. *Metrologia*, **16**, 1980, pp. 63-68.

(3) BLABLA, J., ŠMYDKE, J., CHARTIER, J.-M. and GLÄSER, M. Comparison of the  $^{127}\text{I}_2$  stabilized He-Ne lasers at 633 nm wavelength of the Czechoslovak Institute of Metrology and the Bureau International des Poids et Mesures (à paraître dans *Metrologia*).

(4) BERTINETTO, F., CORDIALE, P., PICOTTO, G. B., CHARTIER, J.-M., FELDER, R. and GLÄSER, M. Comparison between the  $^{127}\text{I}_2$  stabilized He-Ne lasers at 633 nm and 612 nm of the IMGC and the BIPM (présenté à la CPEM 82, Boulder, États-Unis d'Amérique).

*Comparaisons de cuves à iode*

Les deux cuves à iode que l'IMGC nous a données, mesurées antérieurement au BIPM (Rapport 1981, p. 35) ont été aussi contrôlées au NPL. Les valeurs ci-dessous sont les différences obtenues entre la fréquence du laser muni de la cuve à iode à étudier et celle du laser de référence de chaque laboratoire.

	NPL		BIPM
Cuves	24 nov. 1981	2 déc. 1981	mai-juin 1981
IMGC1	— 17,0 kHz	— 20,9 kHz	— 11,1 kHz; $s = 4,5$ kHz
IMGC2	+ 0,7		— 2,4 kHz; $s = 5,0$ kHz.

*Déplacements de fréquence pour des pressions dans la cuve à iode inférieures à 5 Pa*

Une étude des déplacements de fréquence en fonction de la pression dans des cuves à iode 127 a été faite entre 0,8 et 17 Pa, pour différentes amplitudes de modulation <sup>(5)</sup>.

Entre 5 et 17 Pa, on a confirmé les déplacements linéaires déjà bien connus; mais, entre 0,8 et 5 Pa, on a observé des déplacements non linéaires qui dépendent de l'amplitude de modulation et de la composante choisie. Ces déplacements sont différents pour deux cuves à iode dont l'une renferme certainement un gaz étranger puisqu'elle donne un décalage de fréquence de — 237 kHz par rapport à un laser de référence.

La cause de ces déplacements non linéaires n'est pas encore connue. Les effets dus à l'électronique ont été éliminés par des mesures en opposition de phase sur le détecteur synchrone. Les causes possibles pourraient être : la courbure des fronts d'onde, les collisions élastiques, l'augmentation de la puissance du laser pour les faibles pressions, l'effet de lentille dû au gaz dans la cuve.

Le comportement de la cuve contaminée peut s'expliquer par la pression totale plus élevée et par un point de condensation du gaz étranger situé à une température plus basse que la température minimale utilisée (— 15 °C).

**2.3. — Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve interne ( $\lambda = 612$  nm)**

La première comparaison internationale de lasers de ce type s'est déroulée du 10 au 20 novembre 1981, entre l'IMGC et le BIPM <sup>(6)</sup>.

<sup>(5)</sup> GLÄSER, M. Frequency shifts at low iodine pressure of  $^{127}\text{I}_2$  stabilized He-Ne lasers at 633 nm wavelength. *Metrologia*, **18**, 1982, pp. 53-58.

<sup>(6)</sup> FELDER, R. et BERTINETTO, F. Comparaison internationale de lasers à He-Ne asservis sur l'iode, en cuve interne, à  $\lambda = 612$  nm. Rapport BIPM-82/4, juin 1982, 17 pages.

Les résultats obtenus sont les suivants :

1° le signe et la valeur du coefficient moyen de variation de la fréquence en fonction de l'amplitude de modulation semblent dépendre de la puissance des lasers, de la saturation et de la composante considérée;

2° l'effet de pression de l'iode est positif, ce qui est contraire à ce que l'on a l'habitude d'observer pour les lasers à  $\lambda = 633$  nm;

3° la répétabilité de fréquence est de l'ordre de  $3 \times 10^{-11}$  en valeur relative pour une pression de l'iode de 1,2 Pa et une amplitude de modulation crête à creux de 7 MHz;

4° le défaut de reproductibilité de fréquence dépend de la composante considérée. Pour celles qui ne semblent pas perturbées (h, o, t), il est de l'ordre de  $8 \times 10^{-11}$  en valeur relative; il peut aller jusqu'à  $8 \times 10^{-10}$  dans le cas de la composante s.

#### **2.4. — Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve externe ( $\lambda = 612$ nm)**

On a prévu de réaliser deux lasers de ce type (Rapport 1981, p. 36); la construction du premier se poursuit.

Pour les cuves à iode, un système de refroidissement utilisant un élément Peltier de petites dimensions a été construit; il permet d'atteindre une température de  $-20$  °C, sans avoir besoin d'un refroidissement à eau.

Le résonateur Perot-Fabry, dans lequel est située la cuve à iode, a aussi été construit; ses propriétés sont actuellement en cours d'étude. Par exemple, on a déjà observé les variations de la finesse de l'ensemble en fonction de la pression d'iode. Dans le but de pouvoir utiliser des fréquences de modulation élevées, on a associé au bloc céramique piézoélectrique et miroir un autre bloc (céramique piézoélectrique et masse auxiliaire) assurant un équilibrage dynamique. On a vérifié que ce système peut fonctionner jusqu'à des fréquences de l'ordre de 20 kHz.

Un isolateur optique à effet Faraday possédant un aimant permanent a été réalisé. On a vérifié, à l'aide d'un laser à  $\lambda = 633$  nm asservi sur l'iode que le faisceau de retour dû au Perot-Fabry externe est totalement supprimé lorsque les composants de l'isolateur sont très soigneusement ajustés.

#### **2.5. — Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée du méthane en cuve interne ( $\lambda = 3,39$ $\mu$ m)**

Nous avons fabriqué plusieurs tubes à décharge comportant des capillaires de différents diamètres; la détermination, pour chacun de ces tubes, du mélange hélium-néon donnant le meilleur compromis entre la puissance et le bruit, lorsque le laser est monomode et le pic centré sur la courbe de gain, est en cours.

Deux cuves d'absorption ont été munies d'un robinet : on pourra ainsi faire varier aisément la pression de méthane.

Ces divers éléments seront essayés à tour de rôle dans le laser construit spécialement pour étudier, de façon systématique, les facteurs qui limitent la reproductibilité de fréquence; dans ce but, nous avons réalisé une installation, sur le pilier nord de la salle 103, qui permet de comparer la fréquence de ce laser à celles de nos lasers de référence BICH4.6 et BICH4.3.

## 2.6. — Mesures de longueurs d'onde (J. Hamon)

Nous avons fait des mesures, dans l'interféromètre de Michelson, pour déterminer simultanément les rapports des longueurs d'onde de trois radiations de lasers :

(rouge) laser à He-Ne,  $^{127}I_2$ , 11-5, R(127), composante d;  
 (orangé) laser à He-Ne,  $^{127}I_2$ , 9-2, R(47), composante o;  
 (vert) laser à Ar<sup>+</sup>,  $^{127}I_2$ , 43-0, P(13), composante a<sub>3</sub> (ou s).

Voici les résultats obtenus, suivis de leur incertitude statistique (écart-type relatif estimé)

$$\begin{aligned} \lambda_d/\lambda_o &= 1,034\ 348\ 711\ 3; & 2,1 \times 10^{-10} \\ \lambda_{a_3}/\lambda_d &= 0,813\ 081\ 579\ 7; & 2,9 \times 10^{-10} \\ \lambda_o/\lambda_{a_3} &= 1,189\ 046\ 667\ 5; & 3,1 \times 10^{-10}. \end{aligned}$$

Si l'on prend comme référence la longueur d'onde de la composante i avec la valeur  $\lambda_i = 632\ 991\ 398,1$  fm <sup>(7)</sup>, corrigée de la différence de longueur d'onde  $\lambda_d - \lambda_i = -220,6$  fm <sup>(8)</sup>, on obtient pour les deux autres radiations les valeurs suivantes que l'on peut comparer aux valeurs précédemment obtenues, ramenées à la même référence (les incertitudes indiquées entre parenthèses ne tiennent pas compte de l'incertitude propre de la référence) :

1982	$\lambda_o = 611\ 970\ 770,2$ fm	(0,12 fm)	$\lambda_{a_3} = 514\ 673\ 466,5$ fm	(0,16 fm)
1979	770,0	(0,22 )	466,2	(0,22 )
1978	769,6	(0,2 )		

A cette occasion, nous avons mesuré la stabilité de l'intensité des faisceaux des lasers qui est, avec notre système de mesure des excédents fractionnaires, un facteur important de l'exactitude des pointés. Les fluctuations maximales observées pendant 10 minutes sont :

$$\begin{aligned} \text{à } \lambda = 633 \text{ nm} & \pm 0,15 \% ; \\ \text{à } \lambda = 612 \text{ nm} & \pm 0,25 \% ; \\ \text{à } \lambda = 515 \text{ nm} & \pm 1,6 \% . \end{aligned}$$

<sup>(7)</sup> CCDM, 7<sup>e</sup> session, 1982, Document 82-4, p. 4.

<sup>(8)</sup> CCDM, 5<sup>e</sup> session, 1973, p. M 25.

Les fluctuations d'intensité des lasers à  $\lambda = 633$  et  $612$  nm ont une influence négligeable sur les mesures, mais celles du laser à  $\lambda = 515$  nm pourraient conduire à des erreurs aléatoires d'environ  $\pm 0,001$  frange sur les pointés et, donc, contribuer à l'augmentation de leur dispersion.

### 3. Masses (G. Girard)

Les travaux de cette section ont porté principalement sur deux sujets :

— Étude d'étalons en platine iridié et en autres alliages pour des laboratoires nationaux;

— Fabrication, polissage, ajustage et nettoyage de nouveaux étalons en platine iridié.

D'autre part, on a effectué des mesures destinées à vérifier les résultats obtenus l'année précédente sur l'influence des gaz dissous sur la masse volumique de l'eau.

#### 3.1. — Kilogrammes prototypes en platine iridié

La masse des Kilogrammes prototypes N° 39 (Rép. de Corée) et N° 56 (Afrique du Sud) a été déterminée, avant et après un nettoyage au benzène et à l'alcool purs suivi d'un lavage sous un jet de vapeur d'eau bidistillée, par comparaison à nos Kilogrammes prototypes d'usage courant N° 9 et N° 31.

Le nettoyage-lavage a provoqué une diminution apparente de masse de

128  $\mu\text{g}$  pour le N° 39  
et 43  $\mu\text{g}$  pour le N° 56.

Le résultat obtenu pour la masse de ces deux Kilogrammes, après nettoyage-lavage, et les valeurs précédemment admises sont (excès sur la valeur nominale) :

	1889	1955	1961	1974	1982
N° 39	— 0,118 mg		— 0,703 mg	— 0,749 mg	— 0,818 mg
N° 56		+ 0,195 mg			+ 0,211 mg

La masse du Kilogramme N° 65 (Tchécoslovaquie), qui a été poli suivant la nouvelle méthode, à l'aide d'un outil à diamant, a été déterminée, après nettoyage au benzène et à l'alcool purs suivi d'un lavage sous un jet de vapeur d'eau bidistillée, par comparaison à nos Kilogrammes prototypes d'usage courant N° 9 et N° 31.

N° 65 : 1 kg + 0,172 mg

La masse volumique de cet étalon est, à  $0^\circ\text{C}$ ,  $21\,535,30\text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$ .

La masse des étalons de 1 kg en platine iridié A, B, N° 650 et N° 651 (voir 3.3) a été déterminée, après nettoyage au benzène et à l'alcool purs suivi d'un lavage sous un jet de vapeur d'eau bidistillée, par comparaison aux Kilogrammes prototypes d'usage courant N° 9 et N° 31, à l'aide de la balance NBS-2. Les valeurs définitives des masses de ces étalons ne seront connues qu'après une nouvelle détermination des prototypes d'usage courant par rapport au prototype d'usage exceptionnel N° 25.

On donne ci-après les valeurs obtenues ainsi que les valeurs de la masse volumique à 0 °C de ces étalons (celles des étalons A et B ont été obtenues au NPL).

Étalon	Masse (valeur provisoire)	Masse volumique à 0 °C
A	1 kg + 0,041 mg	21 535,3 kg/m <sup>3</sup>
B	+ 0,148	21 533,2
N° 650	— 2,282	21 535,37
N° 651	— 11,102	21 535,15

### 3.2. — Étude d'autres étalons de masse

Détermination de la masse volumique et de la masse des étalons de 1 kg suivants :

- INM 07 et INM 11, en Alacrite (Institut National de Métrologie, France);
- N° 81, en acier inoxydable « Nicral D », et N° 3, en bronze blanc (Institut National de Métrologie, Roumanie);
- N° 3 et N° 3<sup>+</sup>, en acier inoxydable (Service de la Métrologie, Belgique).

Détermination de la masse des étalons

- N° IOS-A, de 1 kg, en acier inoxydable (Ministry of Planning, Irak);
- sans numéro, de 1 kg, en acier inoxydable (Institut Métrologique Tchecoslovaque);
- de 1 kg, en baros (Centre National de Métrologie, Bulgarie);
- N° 4 et N° 4<sup>+</sup>, de 100 g, en acier inoxydable (Service de la Métrologie, Belgique);
- sans numéro, de 1 g, en laiton doré, et 3 étalons de 1 mg, en aluminium (Institut National de Métrologie, Roumanie).

### 3.3. — Fabrication de nouveaux étalons en platine iridié

Six étalons de 1 kg en platine iridié dont deux appartiennent au NPL (Royaume-Uni) ont été polis à l'aide d'un outil à diamant suivant la méthode exposée précédemment (Rapport 1981, p. 40) et ajustés à mieux que 0,2 mg près. Les étalons du NPL sont désignés par A et B, les autres ont reçu les numéros 64 à 67.

Pour deux autres étalons, la masse est descendue au-dessous de 1 kg — 1 mg au cours de leur ajustage; ils seront utilisés au NBS (États-Unis d'Amérique) et au NPL (Royaume-Uni) pour des études dans lesquelles il n'est pas nécessaire d'avoir une masse de 1 kg très bien ajustée. Les numéros 650 et 651 leur ont été attribués.

Au cours du polissage, il est nécessaire d'utiliser un lubrifiant qui est en principe soluble dans l'eau. Un rinçage de plusieurs heures sous l'eau courante est suffisant pour éliminer une grande partie de la couche de lubrifiant mais il est difficile d'obtenir une surface parfaitement propre. On considère que la surface est propre quand la masse de l'étalon est constante à quelques microgrammes près après des nettoyages-lavages successifs. Nous avons essayé un lavage dans de l'eau à 45 °C environ pendant 24 heures mais il n'apparaît pas que cela soit suffisant. Il semble à l'heure actuelle qu'il faille répéter plusieurs fois le nettoyage-lavage classique, c'est-à-dire nettoyage au benzène et à l'alcool purs suivi d'un lavage sous un jet de vapeur d'eau bidistillée. Ainsi, pour l'étalon N° 65 (*voir* 3.1.), il a fallu cinq nettoyages-lavages, représentant au total près de 6 heures de lavage sous un jet de vapeur. La masse doit être déterminée après chaque lavage en attendant plusieurs jours entre le lavage et les pesées.

### 3.4. — Masse volumique de l'eau

Des mesures de vérification des résultats présentés dans le Rapport de 1981, p. 44, ont fait apparaître une défaillance du thermomètre à résistance de platine mesurant la température du bain hydrostatique. Il semble probable que les résultats à 22 °C et, d'une façon moindre, ceux à 10 et 16 °C soient entachés d'une erreur qu'il est difficile d'apprécier. Cette étude sera reprise dès que possible.

### 3.5. — Fraction molaire de CO<sub>2</sub> dans l'air

La figure 1 complète celle qui a été donnée dans le Rapport de 1981, p. 44.

### 3.6. — Divers

Achat d'un lingot de 10 kg de platine iridié chez Johnson Matthey pour la fabrication de sept étalons de masse de 1 kg.

## 4. Échelles de temps (J. Azoubib)

Les travaux sur le temps atomique sont accomplis par le Bureau International de l'Heure (BIH) avec la coopération du BIPM. Les résultats sont publiés dans les Rapports Annuels du BIH.

Le présent rapport détaille certains travaux et projets du BIH.

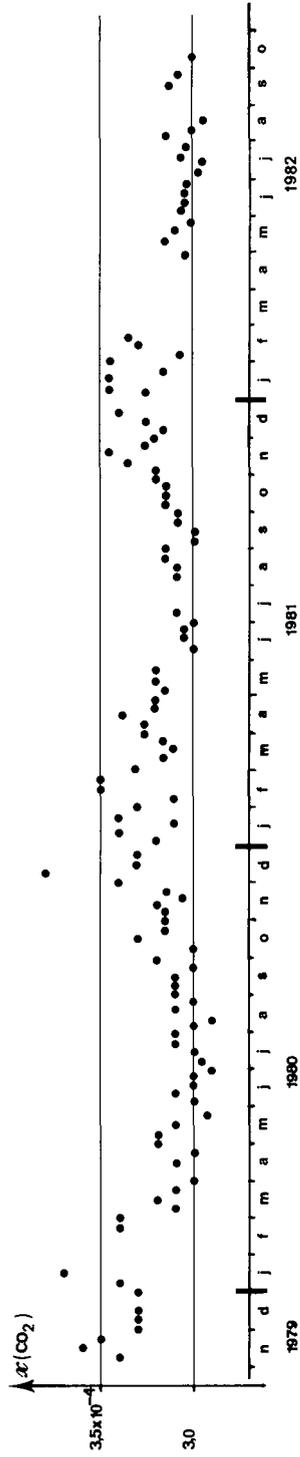


Fig. 1. — Variation de la fraction molaire  $x$  de  $\text{CO}_2$  dans l'air de la cour du BIPM.

#### 4.1. — Travaux courants

L'établissement du Temps Atomique International (TAI) est toujours effectué à partir de l'Échelle Atomique Libre (EAL) au moyen d'une méthode de pilotage.

Les principaux systèmes qui permettent d'utiliser effectivement les données des horloges sont les liaisons horaires par satellite, par LORAN-C et par la télévision publique. La zone de couverture utile est limitée à l'Europe, l'Amérique du Nord et l'Afrique du Nord. La mise en place du « Global Positioning System » (GPS) se poursuit et devrait permettre prochainement d'étendre la couverture au Sud-Est asiatique. On compte aussi sur le GPS pour prendre le relais de la liaison horaire transatlantique par le satellite Symphonie dont la fin approche, pour des raisons techniques.

En janvier 1982, 120 horloges industrielles, un maser à hydrogène du NBS, six horloges de laboratoire (NBS, NRC, PTB) et trois étalons de fréquence (NBS, NRC, PTB), participaient à la formation du TAI. Ces appareils étaient situés dans 28 laboratoires nationaux.

La gestion de l'échelle de Temps Universel Coordonné (UTC) n'a donné lieu à aucune difficulté. En 1982, une seconde intercalaire positive a été introduite à la fin du mois de juin. Ainsi, à partir de cette date,  $\text{TAI} - \text{UTC} = 21 \text{ s}$ . L'accélération de la rotation terrestre apparue à la fin de 1979 se poursuit lentement. La durée du jour est maintenant plus courte d'une milliseconde, par rapport à ce qu'elle était de 1970 à 1979, ce qui diminue la fréquence des sauts de UTC et des ajustements de la correction DUT1.

#### 4.2. — Les fichiers du temps atomique

Les fichiers contenant les données du temps atomique sont périodiquement mis à jour. Leur utilisation pour les travaux de recherche est devenue indispensable.

A partir des fichiers déjà existants, un nouveau fichier a été constitué en vue d'augmenter l'efficacité des travaux de recherche sur les échelles de temps. Les points importants concernant les données de ce nouveau fichier sont :

- les données relatives aux liaisons horaires sont corrigées des temps de propagation;
- les données relatives aux horloges sont corrigées des sauts de temps et de fréquence.

#### 4.3. — Stabilité et exactitude du TAI

Depuis novembre 1979, deux corrections de pilotage ont été appliquées, l'une en mai 1982, l'autre en juillet 1982; la différence entre les fréquences normées de l'EAL et du TAI devient ainsi égale à  $8,0 \times 10^{-13}$ . Depuis

cette date, la fréquence du TAI rapportée aux étalons primaires est en moyenne de  $1 + 0,2 \times 10^{-13}$  et l'écart avec les étalons primaires n'a pas excédé  $1,17 \times 10^{-13}$ .

Les fluctuations saisonnières de la différence de fréquence entre le TAI (et l'EAL) et les étalons de fréquence constituent un problème dont les causes s'avèrent difficiles à mettre en évidence. L'amplitude de ces fluctuations est de l'ordre de  $1 \mu\text{s}$  en temps et de  $1 \times 10^{-13}$  en fréquence normée.

Les recherches effectuées pour trouver l'origine des fluctuations saisonnières n'ont pas conduit à une identification définitive de leurs sources. L'influence de la température<sup>(9)</sup> et celle de l'algorithme ALGOS ont été mises hors de cause. Les liaisons par LORAN-C peuvent expliquer<sup>(10)</sup> en partie ces fluctuations, mais elles ne peuvent être à elles seules à l'origine du phénomène<sup>(11)</sup>. L'influence de l'humidité de l'air dans les laboratoires est difficile à évaluer, du fait que, dans la plupart des cas, l'humidité de l'air n'est pas mesurée.

D'une part, les fluctuations aléatoires des liaisons par LORAN-C et, d'autre part, les termes systématiques constitués par l'effet saisonnier limitent la stabilité et l'exactitude du TAI. Les premières vont voir leur importance diminuer au fur et à mesure du remplacement des liaisons par LORAN-C par les liaisons par satellites du GPS. En ce qui concerne les termes systématiques constitués par l'effet saisonnier, un nouvel algorithme pour établir le TAI est en cours d'étude. Il tiendra compte des effets saisonniers individuels des horloges qui seront préalablement modélisés. Les effets qui limitent la stabilité et l'exactitude du TAI seront ainsi minimisés; cela permettra, dans un très proche avenir, d'établir un TAI plus stable et plus exact.

#### 4.4. — Liaisons horaires par satellite

La liaison transatlantique utilisée dans le calcul du TAI et assurée par la double liaison horaire Observatoire de Paris/NRC et PTB/NRC qui utilise le satellite Symphonie a été arrêtée en juillet 1982 à cause du manque de station disponible au Canada.

L'échec du lancement du satellite SIRIO 2, le 9 septembre 1982, fait retarder l'expérience LASSO.

Notons enfin que, depuis le 24 juillet 1981, la liaison LORAN-C entre l'USNO et le NBS a été remplacée par une liaison par satellite du GPS.

---

<sup>(9)</sup> GUINOT, B., GRANVEAUD, M. and AZOUBIB, J. Stability and accuracy of the International Atomic Time. *Journal of the Institution of Electronics and Telecommunication Engineers*, 27 (11), 1981, pp. 524-527.

<sup>(10)</sup> MUNGALL, A. G., COSTAIN, C. C. and EKHOLM, W. A. Influence of temperature-correlated LORAN-C signal propagation delays on international time-scale comparisons. *Metrologia*, 17, 1981, pp. 91-96.

<sup>(11)</sup> GUINOT, B. and AZOUBIB, J. Problems of the generation, quality and availability of the International Atomic Time scale. *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, IM-29, 1980, pp. 226-229.

## 5. Gravimétrie (A. Sakuma)

Des *comparaisons de gravimètres* ont eu lieu au BIPM sous les auspices de l'Association Internationale de Géodésie en octobre 1981 (un gravimètre de l'Académie des Sciences de l'URSS, un gravimètre du Joint Institute for Laboratory Astrophysics [NBS et Université du Colorado] et un gravimètre de l'U.S. Air Force, Geophysical Laboratory, Boston) et en avril 1982 (un gravimètre absolu de l'IMGC, Turin). Les résultats devraient être prochainement disponibles.

En décembre 1981, nous avons terminé l'assemblage du *gravimètre absolu transportable* BIPM-Jaeger dont les éléments avaient été livrés de mai à septembre 1981. Nous avons alors entrepris la mise au point de ce nouvel appareil.

Son principe de fonctionnement a été décrit précédemment (Rapport 1980, p. 50). Il repose sur la détermination des instants de passage en un grand nombre de stations équidistantes d'un trièdre trirectangle lancé verticalement par une catapulte, au cours de son mouvement libre ascendant puis descendant.

Il est bien connu que cette méthode de chute symétrique est la méthode la plus exacte pour la mesure absolue de l'accélération due à la pesanteur. Néanmoins, elle n'est employée actuellement qu'au BIPM et dans les laboratoires qui coopèrent avec lui dans le domaine de la gravimétrie : l'International Latitude Observatory (Mizusawa), le Geographical Survey Institute (Tsukuba) et l'IMGC (Turin). De nombreux autres laboratoires emploient seulement la méthode de chute simple, qui est beaucoup plus facile à réaliser. Les difficultés de la mise en œuvre de la méthode de chute symétrique proviennent tout d'abord de la nécessité de réaliser une catapulte fonctionnant dans le vide; ensuite, pour profiter des avantages inhérents à cette méthode, le catapultage ne doit pas être à l'origine de perturbations telles que chocs mécaniques, vibrations, rotation du trièdre, déviation de sa trajectoire par rapport à la verticale, dégazages, production de charges électrostatiques ou de déséquilibres thermiques. Au BIPM, dans le gravimètre absolu fixe dont le début de la construction remonte à 1960, nous avons utilisé une catapulte qui satisfait à peu près à ces conditions <sup>(12)</sup> et qui a servi de base pour la construction de celle de l'appareil transportable. Nous avons essentiellement fait porter nos efforts sur l'amélioration de cette catapulte dont la fiabilité de fonctionnement est un élément essentiel pour l'exactitude recherchée. Grâce à un usinage très soigné des pièces qui la composent et à l'utilisation de quelques matériaux nouveaux (téflon électroconducteur, titane, saphir), la qualité du lancement a été considérablement améliorée : la vitesse de rotation du trièdre libre a été réduite de quelques dizaines de milliradians par seconde à environ 1 mrad/s; cette diminution de la vitesse de

---

(12) SAKUMA, A. A permanent station for the absolute determination of gravity approaching one microgal accuracy. Proc. Symposium on Earth's Gravitational Field and Secular Variations in Position. Sydney, 1973, pp. 674-684.

rotation, associée à l'amélioration du dispositif de réception du trièdre, a permis une réduction sensible de l'usure de la « chaise » du trièdre, ce qui permet d'effectuer maintenant plus de deux mille lancements (au lieu d'environ quatre cents) avant de procéder au remplacement de cette chaise.

Les résultats préliminaires de la mesure absolue de l'accélération due à la pesanteur au moyen du gravimètre transportable équipé de cette nouvelle catapulte sont très encourageants; on obtient couramment en une heure une vingtaine de résultats avec un écart-type d'une mesure d'environ  $2 \times 10^{-9}$ . Ces nouvelles catapultes sont en cours d'installation sur les autres gravimètres qui fonctionnent selon la même méthode.

Comme nous le rappelions plus haut, la méthode mise en œuvre au BIPM repose sur l'utilisation d'un grand nombre de données; l'ajustement des paramètres de la loi théorique du mouvement, effectué par l'ordinateur incorporé à l'appareil, fournit autant de valeurs des « écarts résiduels ». Outre quelques modifications mineures apportées au programme de traitement des données, une extension de ce programme permet d'obtenir automatiquement une représentation graphique des écarts résiduels dont l'examen fournit des informations sur les perturbations auxquelles l'appareil est soumis et sur celles qui peuvent affecter le mouvement du trièdre. Ces informations nous sont très utiles pour poursuivre la mise au point du gravimètre transportable.

A la lumière des résultats expérimentaux déjà obtenus, nous pouvons dire que la haute exactitude des mesures de l'accélération due à la pesanteur par la méthode de la chute libre symétrique appliquée à des gravimètres transportables sera bientôt accessible à tous ceux qui s'intéressent à cette question et l'on peut penser que cette méthode sera la seule utilisable lorsque, dans l'avenir, on recherchera une exactitude de l'ordre de  $10^{-10}$ .

## 6. Thermométrie (J. Bonhoure)

Comme au cours de l'année précédente, l'activité de cette section a porté essentiellement sur l'étude du point triple du gallium et sur le développement des mesures de comparaison par pyrométrie infrarouge entre 420 et 630 °C.

### 6.1. — Échelle Internationale Pratique de Température

*Point triple du gallium.* — Si sa reproductibilité est bonne, ce point fixe proche de 30 °C peut constituer un point de référence particulièrement intéressant dans le domaine des températures ambiantes; c'est pourquoi, au BIPM où ce domaine de températures est considéré comme prioritaire, on a décidé l'étude de ce point triple.

Les résultats obtenus sur trois échantillons de très grande pureté (99,999 9 %), en utilisant quatre thermomètres à résistance de platine étalons, sont très satisfaisants. L'accord est excellent entre les trois

échantillons; la valeur moyenne de la température du point triple du gallium est 29,773 59 °C avec un écart-type de 0,000 13 °C (incertitude composée).

Cette étude est complètement décrite dans un article à paraître prochainement <sup>(13)</sup>.

*Point triple de l'eau.* — On a continué à utiliser deux cellules à point triple de l'eau d'origines différentes, à chaque contrôle du  $R_0$  des thermomètres à résistance de platine. On dispose de résultats portant sur quatre cellules : N° 11, N° 17, N° 131 et N° 760, fournies respectivement par la PTB, l'IMGC, l'ASMW et la Société Jarrett (États-Unis d'Amérique).

Les écarts entre la température moyenne  $T$  de chaque cellule et la température moyenne  $T_m$  de l'ensemble des quatre cellules sont :

N° 11	$T - T_m = - 0,02$ mK;	$s_m = 0,01$ mK;	$n = 49$
N° 17	$T - T_m = + 0,02$ mK;	$s_m = 0,01$ mK;	$n = 49$
N° 131	$T - T_m = 0,00$ mK;	$s_m = 0,02$ mK;	$n = 58$
N° 760	$T - T_m = 0,00$ mK;	$s_m = 0,02$ mK;	$n = 50$

$s_m$ , écart-type de la moyenne;  $n$ , nombre de mesures.

On voit ainsi que les quatre cellules fournissent des températures en parfait accord au point triple de l'eau.

*Point de congélation de l'aluminium.* — Ce point fixe (660 °C) pourra être utile lors de l'étude projetée du comportement des thermomètres à résistance de platine pour la mesure des hautes températures.

L'ensemble de l'appareillage est construit et est en cours de mise au point.

*Thermomètres à résistance de platine pour la mesure des hautes températures.* — Le BIPM doit recevoir un groupe de trois ou quatre thermomètres de fabrication chinoise; ce groupe sera à la disposition commune de l'INM (France) et du BIPM.

Pour pouvoir effectuer l'étude systématique du comportement des thermomètres aux points de congélation de l'étain, du zinc, de l'argent et de l'or, au cours de cycles de température ne présentant pas de temps morts inutiles, on a complété les équipements du BIPM par la construction de deux nouveaux fours : l'un, pour la réalisation d'un des points fixes; l'autre, pour le recuit des thermomètres avant le contrôle du  $R_0$ , suivant la procédure préconisée par les spécialistes chinois.

## 6.2. — Températures thermodynamiques : étude par pyrométrie infrarouge

Cette méthode de mesure des températures thermodynamiques, entre 420 et 630 °C, doit fournir des résultats qu'il sera très intéressant de

<sup>(13)</sup> BONHOURE, J. et PELLO, R. Température du point triple du gallium (à paraître dans *Metrologia*).

comparer à ceux d'autres laboratoires, en particulier à ceux qu'obtiendra le NBS à l'aide du thermomètre à gaz.

Rappelons que l'on dispose de deux cavités « corps noir » dont les températures sont mesurées dans l'EIPT-68 avec des thermomètres à résistance de platine étalons. Par application de la loi de Planck, la comparaison des luminances des deux cavités (à une longueur d'onde voisine de  $1\ \mu\text{m}$ ) permet de calculer l'écart  $T - T_{68}$  à l'une des températures, si l'écart correspondant à l'autre température est connu ou admis par hypothèse.

L'emploi de filtres interférentiels pour sélectionner le domaine spectral désiré s'étant montré peu sûr, on utilise maintenant directement un monochromateur double additif à réseaux.

Par ailleurs, la gaine en silice fondue des thermomètres à résistance présentant des traces importantes d'attaque chimique, attaque due vraisemblablement au nettoyage à l'acide des blocs de cuivre avant traitement « kanigène », on a remplacé les thermomètres Tinsley par des thermomètres Rosemount à gaine d'acier inoxydable. Reste le problème de l'oxydation du platine aux températures comprises entre 420 et 550 °C environ; on pense l'avoir résolu par un recuit systématique des thermomètres à 630 °C avant chaque nouvelle utilisation.

On a terminé un cycle complet de mesures, c'est-à-dire un aller et retour symétrique de 420 à 630 °C. Il est encore trop tôt pour donner des résultats; divers contrôles restent à faire.

### 6.3. — Études courantes

En plus de la vérification d'instruments appartenant à différentes sections du BIPM, on a étudié des thermomètres à résistance de platine appartenant aux laboratoires nationaux de l'Afrique du Sud, du Danemark et de la Suède.

## 7. Manométrie (J. Bonhoure)

### 7.1. — Instrument de transfert de pression

Jusqu'à maintenant, l'instrument de transfert de pression le plus satisfaisant au voisinage de la pression atmosphérique est la balance de pression. Il est donc intéressant d'étudier tout autre dispositif dont on peut attendre une meilleure reproductibilité.

On a déjà fait état des études en cours pour utiliser le point triple de l'argon comme référence de pression au voisinage de la pression atmosphérique (Rapport 1981, p. 53).

On rappelle qu'il s'agit d'une cellule à point triple de l'argon dont on utilise la pression (68 890 Pa environ), à travers une jauge différentielle à

membrane, comme référence reproductible à une fraction de pascal près, lors de la comparaison d'un manobaromètre normal à un autre.

On a ajouté des thermocouples différentiels le long du tube qui relie la cellule à la jauge différentielle, de façon à mieux connaître la répartition des températures entre le niveau de l'azote liquide (84 K) et le sommet (293 K) du vase de Dewar chargé de maintenir la cellule à la température voulue; on peut ainsi calculer la correction de pression hydrostatique avec plus de précision.

Un article <sup>(14)</sup> donne une description complète de l'instrument et de son fonctionnement.

Cet instrument de transfert de pression, ainsi qu'une balance de pression appartenant à l'INM (France), ont été utilisés pour comparer le manobaromètre de l'INM — appareil à mercure à détection capacitive des ménisques et mesure du déplacement de la cuve mobile par comptage de franges — au manobaromètre interférentiel du BIPM. On a observé entre les deux manobaromètres un désaccord, de l'ordre de 2 Pa, dont on recherche encore actuellement la cause.

L'instrument de transfert de pression a aussi permis de comparer le manobaromètre interférentiel de l'IMGC (Italie) à celui du BIPM; l'accord est tout à fait satisfaisant.

## 7.2. — Études courantes

On a procédé, à peu près chaque semaine, à la vérification des jauges de pression Texas Instruments et Ruska qui sont utilisées par la section des masses.

## 8. Électricité (G. Leclerc, T. Witt)

### 8.1. — Comparaisons de représentations nationales de l'ohm

*Comparaison de  $\Omega_{\text{NPL}}$  à  $\Omega_{69\text{-BI}}$ .* — En mars 1982, R. G. Jones (NPL) a apporté au BIPM un étalon de 1  $\Omega$  de premier ordre. Cet étalon a été comparé, à 20 °C, aux six étalons du BIPM qui conservent  $\Omega_{69\text{-BI}}$ . On a déduit de ces mesures :

$$\text{au 30 mars 1982, } \Omega_{\text{NPL}} = \Omega_{69\text{-BI}} + 0,31 \mu\Omega,$$

résultat en parfait accord avec celui obtenu en décembre 1979 ( $\Omega_{\text{NPL}} = \Omega_{69\text{-BI}} + 0,32 \mu\Omega$ ).

*Comparaison de  $\Omega_{\text{NPRL}}$  à  $\Omega_{69\text{-BI}}$ .* — Comme tous les trois ans, le NPRL (Afrique du Sud) nous a fait parvenir deux étalons de 1  $\Omega$  pour contrôler

---

<sup>(14)</sup> BONHOURE, J. et PELLO, R. Cellule à point triple de l'argon : instrument de transfert de pression (à paraître dans *Metrologia*).

l'évolution relative de sa référence nationale. L'étude de ces étalons est en cours.

*Comparaison de  $\Omega_{\text{NIM}}$  à  $\Omega_{69\text{-BI}}$ .* — L'Institut National de Métrologie de la Rép. Pop. de Chine nous a adressé quatre étalons de 1  $\Omega$ ; leur mesure est en cours.

*Comparaison de  $\Omega_{69\text{-BI}}$  à  $\Omega_{\text{NBS}}$ .* — Cette comparaison, effectuée au moyen de trois étalons de 1  $\Omega$  de premier ordre (deux étalons en manganine et un étalon en alliage or-chrome) définis à 25 °C, a conduit au résultat moyen suivant :

$$\Omega_{\text{NBS}} = \Omega_{69\text{-BI}} + 0,25 \mu\Omega \quad (s = 0,05 \mu\Omega).$$

L'écart-type de ce résultat, très supérieur à celui que justifieraient les incertitudes de mesure admises par le NBS et par le BIPM, a été calculé d'après la dispersion des résultats fournis par les trois étalons voyageurs. Malgré les précautions prises pour les transporter entre Paris et Gaithersburg (à la main à l'aller comme au retour), les étalons semblent avoir souffert du déplacement; l'importance de la différence entre leur valeur mesurée avant leur départ et leur valeur mesurée après leur retour (pour deux étalons), ou bien le signe de cette différence (pour le troisième), confirme cette hypothèse.

## 8.2. — Comparaison d'étalons de passage de 1 à 100 $\Omega$ du type Hamon

Pour apprécier la concordance avec laquelle les étalons de passage de ce type réalisent le rapport 100 prévu, nous en avons rassemblé trois : l'un des prototypes construits par B. V. Hamon lui-même en Australie et en usage au BIPM depuis 1957, un étalon commercial appartenant au LCIE et l'étalon commercial récemment acquis par le BIPM.

Nous avons comparé les différences relatives entre les valeurs des étalons utilisés en montage parallèle (valeur nominale 1  $\Omega$ ) aux différences relatives entre les valeurs des étalons utilisés au montage série (valeur nominale 100  $\Omega$ ). Nous avons constaté avec satisfaction que les écarts entre ces différences, inférieurs aux incertitudes de nos mesures, n'étaient pas significatifs, c'est-à-dire que les trois instruments réalisent le même rapport à mieux que  $5 \times 10^{-8}$  près.

## 8.3. — Pont cryogénique pour la comparaison d'étalons de résistance

Nous avons entrepris la construction d'un pont cryogénique pour la comparaison des étalons de résistance de 1  $\Omega$  <sup>(15)</sup>. Nous avons assemblé la source de courant primaire et effectué des essais du détecteur SQUID prévu

---

<sup>(15)</sup> DELAHAYE, F. A double constant current source for cryogenic current comparators and its applications. *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, IM-27, 1978, pp. 426-429.

pour cette application; l'étude des détails des autres composants du circuit est en cours. Nous avons eu des discussions sur ces techniques avec nos collègues du LCIE.

#### 8.4. — Comparaisons de représentations nationales du volt

*Comparaison de  $V_{VSL}$  à  $V_{76-BI}$ .* — Depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1982, la représentation du volt conservée par le Van Swinden Laboratorium est définie par la relation

$$V_{VSL, Jos} = \frac{h}{2e} \times 483\,594,0 \text{ GHz.}$$

La différence entre cette nouvelle représentation du volt et la précédente,  $V_{VSL}$  (matérialisée par un groupe de piles saturées), est

$$V_{VSL, Jos} - V_{VSL} = -0,32 \mu\text{V.}$$

Si l'on tient compte de cet écart, le résultat de la comparaison internationale effectuée en 1979-1980 (Rapport 1981, p. 55) devient

$$V_{VSL, Jos} = V_{76-BI} + 0,04 \mu\text{V.}$$

La concordance entre  $V_{VSL, Jos}$  et  $V_{76-BI}$ , qui ont la même définition, est excellente.

*Comparaison de  $V_{LCIE}$  à  $V_{76-BI}$ .* — Cette comparaison, effectuée par l'intermédiaire de trois groupes de piles (deux groupes du BIPM dont il sera question ci-après et un groupe du LCIE constitué de quatre piles saturées conservées à 30 °C dans une enceinte thermorégulée commerciale) a conduit au résultat moyen suivant :

$$V_{LCIE} = V_{76-BI} + 1,29 \mu\text{V} (s = 0,06 \mu\text{V}).$$

Ce résultat est en bon accord avec la relation théorique

$V_{LCIE} = V_{76-BI} + 1,32 \mu\text{V}$  qui résulte des relations de définition

$$V_{LCIE} = \frac{h}{2e} \times 483\,594,64 \text{ GHz et } V_{76-BI} = \frac{h}{2e} \times 483\,594,0 \text{ GHz.}$$

*Comparaison de  $V_{NPRL}$  à  $V_{76-BI}$ .* — L'étude des quatre étalons de force électromotrice, conservés à 30 °C, que le NPRL nous a fait parvenir en mai 1982, est en cours.

*Comparaison de  $V_{NIM}$  à  $V_{76-BI}$ .* — Pour effectuer cette comparaison, l'Institut National de Métrologie de la Rép. Pop. de Chine a envoyé au BIPM en juin 1982 deux groupes de piles de sa fabrication : un groupe de

six piles conservées en permanence à 32 °C dans une enceinte thermorégulée construite par ses soins et un groupe de six piles nues définies à 20 °C.

### 8.5. — Conservation et transfert de $V_{76-B1}$

La référence de force électromotrice du BIPM est l'effet Josephson. La disponibilité de piles étalons dont le comportement est prévisible est un atout important pour l'exploitation de cette référence. De telles piles servent d'étalons de travail ou d'étalons de transfert pour

- 1) la conservation de notre référence de force électromotrice entre mesures de l'effet Josephson,
- 2) la mesure de la force électromotrice des piles envoyées par les laboratoires nationaux et
- 3) le contrôle du bon fonctionnement de nos comparateurs de piles et de la répétabilité de notre réalisation de l'effet Josephson.

A présent, nous disposons des appareils et des procédés permettant d'accomplir ces fonctions avec une précision meilleure que 10 nV. Les éléments principaux sont les comparateurs de piles étalons, les enceintes thermorégulées de haute stabilité en température et les piles de référence de bonne qualité.

La figure 2 montre, pour les années 1978 à 1981, le comportement de la force électromotrice d'un groupe de quatre piles de référence dans une enceinte de notre fabrication. On observe, depuis juin 1979, une évolution linéaire à raison de 0,2 nV/d. L'évolution non linéaire observée avant cette date est l'approche exponentielle, caractérisée par une constante de temps de 180 d, de l'évolution à long terme. Elle vient à la suite d'une brusque augmentation de 10 K de la température des piles lors de leur mise en place.

Nous avons analysé les incertitudes des valeurs de la force électromotrice de nos piles de référence par rapport à notre réalisation de l'effet Josephson et les incertitudes des rattachements de  $V_{76-B1}$  aux représentations du volt d'autres laboratoires par transport de piles. Les détails de cette analyse sont donnés dans un rapport sur l'ensemble de l'installation pour la comparaison des piles <sup>(16)</sup>. La plus grande incertitude dans ces rattachements provient de l'instabilité des étalons voyageurs. En général, pour un transfert par piles dans une enceinte thermorégulée, cette incertitude est de 0,5  $\mu$ V, soit plus de cent fois l'incertitude d'une mesure de nos meilleures piles.

Avec les quatre enceintes thermorégulées terminées en septembre 1981, nous possédons sept enceintes construites par le BIPM. La haute stabilité de température et l'absence d'interférence électromagnétique d'une part et

---

<sup>(16)</sup> WITT, T. J. and REYMANN, D. New equipment and procedures for the maintenance and comparison of standards of electromotive force at the BIPM. Rapport BIPM-82/5, juin 1982, 41 pages.

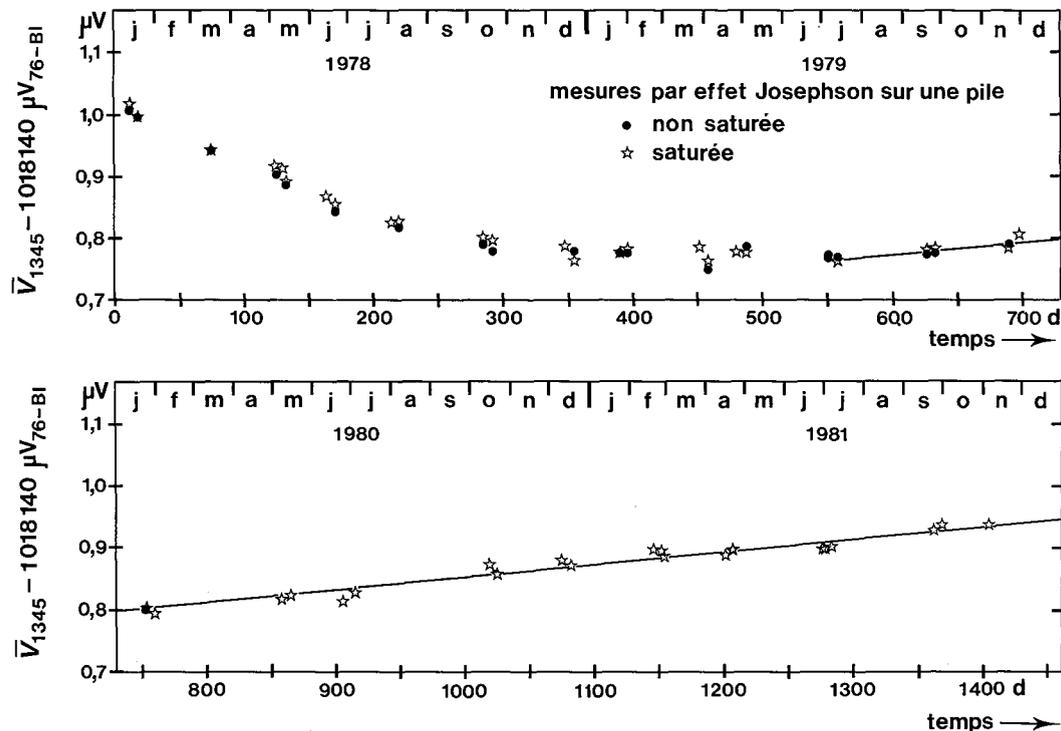


Fig. 2. — Comportement de 1978 à 1981 de la moyenne du groupe  $V_{1345}$  de quatre piles saturées en fonction de  $V_{76-BI}$ .

Chaque point représente le résultat d'une mesure de la force électromotrice du groupe  $V_{1345}$  par comparaison à celle d'une pile saturée ou non saturée directement déterminée en fonction d'une tension Josephson. La droite résulte d'une régression linéaire, non pondérée, des données obtenues à partir de juin 1979.

la qualité des méthodes de mesure d'autre part font que c'est le comportement des piles elles-mêmes qui limite la précision. L'écart-type des différences entre les forces électromotrices mesurées chaque semaine et les valeurs attendues est de l'ordre de 3 à 5 nV.

Nous avons envoyé deux enceintes au LCIE pour faire un rattachement de nos représentations du volt et éprouver les qualités des enceintes et des piles comme étalons de transfert. Ces enceintes contenaient l'une un groupe de cinq piles non saturées conservées à 30 °C et l'autre un groupe de quatre piles saturées conservées à 26 °C. Elles ont séjourné environ deux semaines au LCIE. En moyenne, entre nos mesures « aller » et « retour », les piles saturées ont varié de 12 nV et les piles non saturées de 10 nV par rapport aux valeurs attendues en admettant des dérives linéaires.

Par ailleurs, nous avons commencé à étudier des composants en vue de construire un comparateur automatique de piles étalons, piloté par un ordinateur de bureau.

### 8.6. — Étalons de capacité

Pour conserver en permanence à 25 °C (température d'ajustage) les quatre condensateurs de 10 pF (un étalon du NBS type Cutkosky et trois étalons Général Radio) qui constitueront le groupe de référence du BIPM, nous avons acheté un nouveau bain d'huile thermorégulé.

Nous avons profité du passage en France des trois condensateurs du NBS qui participent à la comparaison internationale circulaire, pour étalonner les nôtres. Quelques semaines plus tard, nous avons pu ainsi déterminer en fonction de nos références la valeur de deux étalons de 10 pF, conservés à 30 °C, du Service belge de la Métrologie.

A titre expérimental, nous avons aussi étalonné, à 25 °C, un étalon de 10 pF du NPL dont la valeur sera directement déterminée en valeur absolue par comparaison au condensateur à variation de capacité calculable du NPL.

### 8.7. — Études courantes

Étude d'une dizaine d'étalons de résistance de valeurs comprises entre 1 et  $10^4 \Omega$  (résistance à 20 ou 25 °C et coefficient de pression pour les étalons de 1  $\Omega$ ) et 27 piles (définies à 20 ou 30 °C) pour la Belgique, l'Égypte, la Norvège, la Suède, la Suisse et la Yougoslavie.

## 9. Photométrie (J. Bonhore)

### 9.1. — Radiométrie absolue

Pour la première fois, on a utilisé le radiomètre absolu muni d'un filtre  $V(\lambda)$ , pour étudier des lampes Osram Wi 41G (2854 K). Quelques

difficultés, dont on recherche les causes, sont apparues : les mesures ne sont reproductibles qu'à 1 % près, alors qu'on est en droit d'attendre 0,2 à 0,3 %.

Le radiomètre a aussi été utilisé pour la mesure de la puissance de deux lasers (50 à 100  $\mu$ W).

## 9.2. — Études courantes

On a effectué le contrôle de 37 lampes à incandescence (étalons d'intensité lumineuse, de flux lumineux ou de température de répartition) appartenant aux laboratoires nationaux de l'Autriche, de la Bulgarie, de la Suède et de la Suisse.

On a aussi étudié trois lampes à incandescence, étalons d'intensité lumineuse, pour le BIPM.

## 10. Rayons X et $\gamma$ , électrons (A. Allisy)

### 10.1. — Rayons X (M. Boutillon \*)

Une comparaison indirecte d'étalons d'exposition a été effectuée entre le BIPM et le Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV), Autriche, dans le domaine des rayons X d'énergie moyenne (100 à 250 kV).

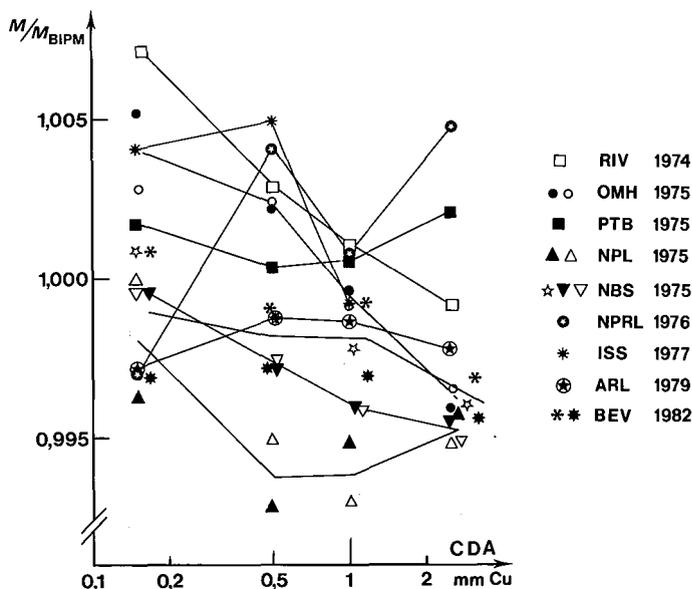


Fig. 3. — Comparaisons internationales dans le domaine des rayons X d'énergie moyenne.

Les points représentent, en fonction de la couche de demi-atténuation (CDA), le rapport  $M/M_{\text{BIPM}}$  du coefficient d'étalonnage de l'instrument de transfert mesuré dans le laboratoire d'origine au coefficient d'étalonnage mesuré au BIPM.

L'étalon du BEV est une chambre d'ionisation à plaques parallèles dont les dimensions sont supérieures à celles de l'étalon du BIPM. La comparaison a été effectuée à l'aide de deux chambres de transfert du BEV : l'une est une chambre commerciale du type Shonka et l'autre a été construite par l'OMH (Hongrie). La figure 3 donne les résultats de cette comparaison, ainsi que les résultats de l'ensemble des comparaisons précédemment effectuées avec d'autres laboratoires nationaux. Pour la comparaison actuelle avec le BEV, on note un écart de quelques millièmes entre les résultats obtenus avec l'une ou l'autre chambre de transfert.

Dans le même domaine d'énergie, nous avons étalonné une chambre du type NEL pour le National Institute of Radiation Hygiene (NIRH), Danemark, et nous avons réétalonné deux chambres du type Shonka pour le National Institute of Radiation Protection (NIRP), Suède. La réponse des deux chambres du NIRP a varié, depuis 1976, de plusieurs millièmes. Ces chambres constituent l'étalon secondaire suédois d'exposition.

## 10.2. — Rayonnement $\gamma$ du $^{60}\text{Co}$ (M.-T. Niatel \*, M. Boutillon \*)

### *Rapport des pouvoirs de ralentissement*

La détermination de la dose absorbée et de l'exposition à l'aide d'une chambre d'ionisation à cavité nécessite la connaissance du rapport  $F$  des pouvoirs de ralentissement de l'air et du matériau de la paroi, calculé pour le spectre total de ralentissement des électrons. De nouveaux calculs ont été

TABLEAU I

*Valeurs du rapport  $F$  des pouvoirs de ralentissement  
air/graphite et air/eau en fonction de l'énergie  $\Delta$ ,  
à utiliser dans diverses conditions de mesure*

La valeur de  $F$  est donnée pour les étalons BIPM d'exposition et de dose absorbée : (a) pour un faisceau incident pur, (b) pour les deux faisceaux utilisés au BIPM, émis par des sources de 6 TBq (mesure de l'exposition) et 170 TBq (mesure de la dose absorbée). Pour ces faisceaux, les proportions de rayonnement diffusé provenant de la source elle-même et de son environnement sont respectivement 8 % et 18 %. Les valeurs de  $F$  pour la mesure de la dose absorbée correspondent à une « profondeur » dans le fantôme de 5 g/cm<sup>2</sup>.

	$\Delta$	Mesure de l'exposition		Mesure de la dose absorbée	
		(a)	(b)	(a)	(b)
air/graphite	50 keV	1,001 7	1,001 2	0,999 8	0,998 6
	25	1,000 9	1,000 4	0,998 8	0,997 7
	14	1,000 2	0,999 7	0,998 0	0,997 0
air/eau	50 keV	0,885 9	0,885 7	0,885 5	0,885 1
	25	0,884 9	0,884 7	0,884 5	0,884 1
	14	0,884 0	0,883 8	0,883 6	0,883 2

effectués pour obtenir la valeur de  $F$  en suivant la méthode de Spencer-Attix et en employant les nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement calculées par Berger (NBS).

On donne dans le tableau I, en fonction de  $\Delta$  (énergie moyenne minimale nécessaire pour traverser la cavité), les valeurs de  $F$  ainsi obtenues, à utiliser dans certaines conditions de mesure, pour des chambres d'ionisation à parois de graphite ou à parois équivalentes à l'eau.

Avec ces nouvelles valeurs, la valeur de l'exposition mesurée par la chambre étalon du BIPM diminuerait de 0,75 %, ainsi que les facteurs d'étalonnage en exposition des chambres étalonnées au BIPM. La valeur de la dose absorbée mesurée ionométriquement au BIPM diminuerait de 0,72 % à 5 g/cm<sup>2</sup>, mais les facteurs d'étalonnage en dose absorbée dans le graphite diminueraient de 0,02 % seulement : en effet, la référence BIPM est la moyenne pondérée de quatre étalons calorimétriques (NBS, LMRI, PTB et RIV) et de l'étalon ionométrique BIPM dont le poids est très faible (0,03) à cause des incertitudes importantes des constantes physiques.

#### *Mesure de l'exposition*

*Étalonnage de chambres d'ionisation.* — Deux chambres Shonka du NIRP (Suède), constituant l'étalon secondaire suédois d'exposition, ont été étalonnées à nouveau. Par rapport au précédent étalonnage (1977), on a trouvé, pour le coefficient d'étalonnage, une différence de 0,11 % pour l'une des chambres et 0,02 % pour l'autre.

La chambre Exradin modèle T 2 N° 199 utilisée par le groupe des mesures neutroniques a été étalonnée à nouveau. On a trouvé pour le coefficient d'étalonnage de la chambre remplie d'air une valeur inférieure de 0,67 % à celle qu'on avait obtenue en 1981 (voir *Mesures neutroniques*).

*Mesures avec chambres Shonka.* — Des mesures ont été effectuées dans l'air avec la source de 170 TBq, pour étudier les pertes dues à la recombinaison des ions à des valeurs élevées du courant d'ionisation (jusqu'à 900 pA).

On a aussi étudié l'influence des dimensions du faisceau et constaté que la variation du courant d'ionisation mesurée dans l'air représente environ la moitié de celle qui est mesurée dans le fantôme de graphite. La part imputable au rayonnement diffusé dans le fantôme est en accord avec les calculs théoriques.

#### *Mesure de la dose absorbée*

Les précédentes comparaisons (Rapports 1977, p. 47; 1978, p. 57; 1979, p. 49) entre les étalons calorimétriques (NBS, LMRI, PTB, RIV) et l'étalon ionométrique du BIPM peuvent être interprétées comme une mesure du quotient  $(W/e)/F$  ( $W$ , énergie dépensée en moyenne pour produire une paire d'ions dans l'air;  $e$ , charge élémentaire;  $F$ , rapport moyen des pouvoirs de ralentissement de l'air et du graphite). Si l'on utilise les nouvelles valeurs de

$F$  pour les différentes profondeurs des comparaisons (de 0,997 9 pour 1 g/cm<sup>2</sup> à 0,996 3 pour 17 g/cm<sup>2</sup>), la précédente valeur de  $W/e$  tirée de ces comparaisons (33,72 J/C) devient 33,96 J/C. La valeur qui a été recommandée par l'ICRU en 1979 est (33,85 ± 0,15) J/C.

En vue de mesurer la dose absorbée dans l'eau avec une chambre Exradin, on a procédé à des essais d'étanchéité, afin de choisir une enveloppe protectrice adéquate. Un tube de plexiglas de 2 mm d'épaisseur semble constituer une protection valable, mais il faudra déterminer par extrapolation la correction pour la perturbation introduite par la présence de cette paroi.

### 10.3. — Électrons (A.-M. Perroche \*)

Les travaux concernant la mesure de  $W$  ont progressé dans les domaines de mesure du courant d'électrons et du courant d'ionisation.

#### *Mesure du courant d'électrons*

On a cherché à éliminer l'influence des champs magnétiques pouvant dévier le faisceau d'électrons. Cette influence a été fortement diminuée en entourant les trois compartiments avec un blindage magnétique et en

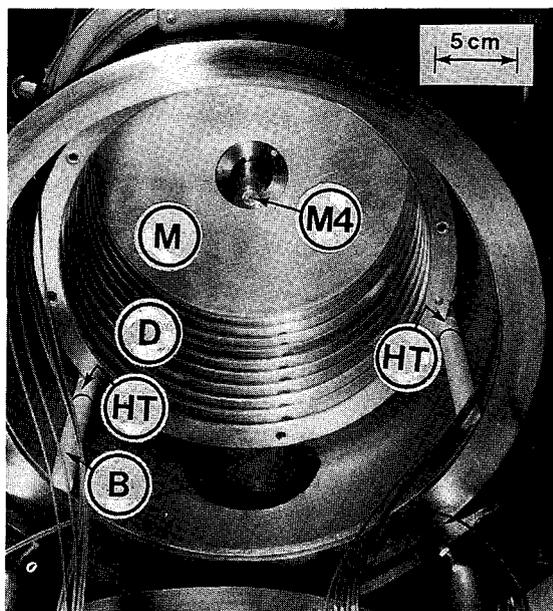


Fig. 4. — Vue de la chambre d'ionisation.

M, plaque de mesure; M4, cône d'entrée des électrons dans la chambre (orifice d'entrée 0,6 mm de diamètre); il est relié à la plaque M pour la collection des ions; D, anneaux du diviseur de potentiel; HT, emplacement de la plaque haute tension; B, barres de téflon assurant le centrage et l'isolement des différentes plaques de la chambre.

orientant soigneusement le faisceau par rapport à la composante horizontale du champ magnétique terrestre. Les résultats ont été contrôlés à l'aide d'un magnétomètre.

On a continué à améliorer la technique de réglage du faisceau sur l'axe mécanique formé par les orifices de communication entre enceintes. On a ainsi affiné l'orientation du faisceau par rapport au système de collimation et augmenté de ce fait d'un facteur 10 la partie de l'émission pénétrant dans le compartiment de mesure (10 % de l'émission totale à 2 000 V).

On a modifié la régulation de l'émission des électrons. Si la stabilité obtenue est satisfaisante pour un courant de 100 nA (0,01 % sur une durée de 15 minutes), elle l'est moins (0,1 %) lorsque le courant n'est plus que de 10 nA, ce qui sera le cas lors des mesures.

#### *Mesure du courant d'ionisation*

La figure 4 montre une vue de la chambre d'ionisation. Entre les plaques de mesure et de haute tension, un diviseur de potentiel formé d'anneaux régulièrement espacés assure un champ électrique homogène dans la chambre.

## **11. Radionucléides**

### **11.1. — Mesures d'activité (A. Rytz, J. W. Müller)**

En essayant d'appliquer aux mesures de la radioactivité les notions d'étalon, de conservation et de comparaison, on se heurte à des difficultés analogues à celles qui se sont opposées à une définition rigoureuse et générale de cette grandeur. D'une part, on peut décrire en détail une méthode de mesure absolue et établir ainsi un étalon conceptuel pour un ou plusieurs radionucléides. D'autre part, quand on se sert d'un instrument approprié et d'une source de référence à décroissance lente, il faut se contenter de résultats relatifs, mais on gagne en précision et on dispose de possibilités de comparaison et de conservation beaucoup plus étendues. Compte tenu de cette situation, la tâche du BIPM, dans le domaine des mesures d'activité, consiste à

- développer et améliorer les techniques de mesure,
- conserver les résultats obtenus en les incorporant dans un système de référence très stable,
- coordonner les mesures comparatives et diffuser l'information.

#### *Comparaisons internationales de mesures d'activité*

<sup>133</sup>Ba. — En 1980, six laboratoires, dont le BIPM, avaient comparé leurs mesures et obtenu, à leur surprise, des résultats peu concordants. Par la suite, les mêmes laboratoires ont repris ces mesures sur une solution préparée et distribuée par la PTB. Malgré des précautions accrues et une

attention particulière à l'adsorption de l'activité sur les parois des ampoules, les résultats obtenus ne sont guère plus satisfaisants, la dispersion totale étant de 1,4 %. A l'heure actuelle, il ne semble pas opportun d'entreprendre une comparaison à grande échelle avant d'avoir trouvé la raison précise des désaccords observés. L'analyse de cette comparaison a fait l'objet d'un rapport détaillé (Rapport BIPM-82/6).

<sup>137</sup>Cs. — Une comparaison à participation restreinte, effectuée en 1978-1979, a fourni les renseignements nécessaires à l'organisation d'une comparaison à grande échelle de ce nucléide important, mais difficile à mesurer exactement à cause de l'absence de coïncidences vraies de rayons  $\beta$  et  $\gamma$ . La PTB a distribué des échantillons de solutions de <sup>137</sup>Cs et de <sup>134</sup>Cs à 24 participants, y compris le BIPM. Le <sup>134</sup>Cs servira d'indicateur d'efficacité; son activité massique a pu être raccordée au Système international de référence avec une incertitude relative inférieure à  $10^{-3}$ .

<sup>55</sup>Fe. — Les responsables de cette comparaison organisée par le NPL ont rédigé un rapport détaillé qui est maintenant disponible (17); une version condensée a aussi été publiée (18).

#### *Utilisation de la méthode d'échantillonnage sélectif*

La publication récente d'un article sur cette nouvelle méthode (voir *Publications extérieures*) qui permet de déterminer directement l'efficacité de détection dans un ensemble de comptage  $4\pi\beta\text{-}\gamma$  a suscité un vif intérêt. Plusieurs laboratoires envisagent de construire l'équipement électronique nécessaire ou ont déjà effectué des essais.

Un nouveau convertisseur de vitesse d'enregistrement pour échantillonnage rapide permet maintenant d'obtenir des résultats à un rythme considérablement plus élevé (voir *Statistiques de comptage*), ce qui rend cette méthode très précieuse pour les mesures d'activité d'émetteurs de rayons  $\beta$  et  $\gamma$  corrélés. Une comparaison avec la méthode des coïncidences a pu être effectuée en acheminant les trains d'impulsions des voies  $\beta$  et  $\gamma$  vers le sélecteur de coïncidences et, simultanément, vers le dispositif d'échantillonnage sélectif. De nombreuses mesures effectuées avec des sources de <sup>133</sup>Ba ont montré que les deux méthodes donnent des résultats très voisins et qui, après extrapolation à une efficacité de 100 %, concordent parfaitement. Un exemple de ces mesures est illustré sur la figure 5; elles ont été obtenues avec des taux de comptage modérés. Des taux plus élevés entraînent des corrections importantes qui demanderont des études supplémentaires.

---

(17) SMITH, D. and WOODS, M. J. Report on the international comparison of activity measurements of a solution of <sup>55</sup>Fe (February 1979). Rapport BIPM-82/2, février 1982, 33 pages.

(18) SMITH, D. International comparison of activity measurements of a solution of <sup>55</sup>Fe. *Nucl. Instr. and Meth.*, **200**, 1982, pp. 383-387.

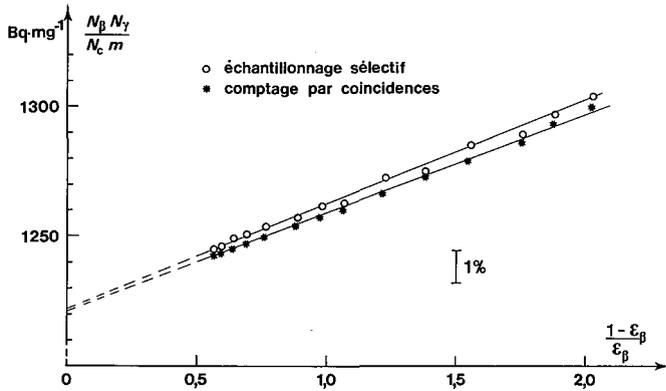


Fig. 5. — Comparaison de mesures effectuées simultanément par deux méthodes sur une source de  $^{133}\text{Ba}$ .

Masse de solution déposée  $m = 37,551$  mg;  $\epsilon_\beta$ , efficacité du compteur proportionnel; taux de comptage bêta,  $N_\beta = 25\,800$  s $^{-1}$ , pour  $(1 - \epsilon_\beta)/\epsilon_\beta = 0,56$ .

*Mesures relatives au moyen d'une chambre d'ionisation à puits pressurisée*

*Sources de référence.* — Les comparaisons périodiques des courants d'ionisation produits par les cinq sources de référence, prises deux à deux dans l'ordre de leur activité, ont mis en évidence la stabilité des sources et la fiabilité de l'équipement.

Comme ces sources sont de fabrication relativement récente, il semblait désirable de les comparer à une vieille source en équilibre radioactif aussi complet que possible. La fabrication de telles sources par une entreprise commerciale a été rendue possible grâce à une préparation de radium datant de 1912, mise à disposition par la PTB. Quinze laboratoires nationaux et internationaux ont récemment acquis une vingtaine de ces sources dont chacune contient environ 0,3 mg de radium.

*Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons  $\gamma$  (SIR).* — Les progrès du SIR se manifestent le plus clairement par la croissance régulière du nombre de résultats enregistrés (voir tableau II).

TABLEAU II

*Croissance du Système international de référence*

	Juin 1981	Janvier 1982	Juin 1982
Nombre de laboratoires participants	18	19	19
Nombre de radionucléides	39	40	42
Nombre d'ampoules	274	324	335
Nombre de résultats enregistrés	182	229	238

Les tableaux d'enregistrement, dont un jeu complet est envoyé annuellement à chaque participant, se présentent maintenant sous un aspect nouveau, grâce aux possibilités offertes par la machine de traitement de textes. Le stockage sur disque et l'aisance avec laquelle on peut appliquer des corrections ou retirer des résultats provisoires sont des avantages importants.

*Spectromètre  $\gamma$  muni d'un détecteur à germanium compensé au lithium Ge (Li)*

Le détecteur est du type coaxial et a un volume sensible de  $60 \text{ cm}^3$ . Il est entouré d'un écran de plomb dont les parois ont une épaisseur de 5 cm et sont garnies intérieurement d'une couche de 1 mm de cadmium pour absorber le rayonnement diffusé par le plomb. Un couvercle coulissant permet d'introduire les échantillons à mesurer (voir fig. 6).

Le détecteur et son préamplificateur doivent être constamment refroidis à l'azote liquide. Ils sont reliés à un système complet d'acquisition de données par l'intermédiaire d'un amplificateur avec rejet d'empilement d'impulsions. Ce système comprend un analyseur à 8 000 canaux très perfectionné, une imprimante à clavier, ainsi qu'un enregistreur à cassettes magnétiques compatibles avec l'ordinateur.

L'application principale du spectromètre est le contrôle de pureté radionucléidique des échantillons destinés au SIR. L'efficacité du détecteur en fonction de l'énergie des photons a été déterminée à l'aide d'échantillons

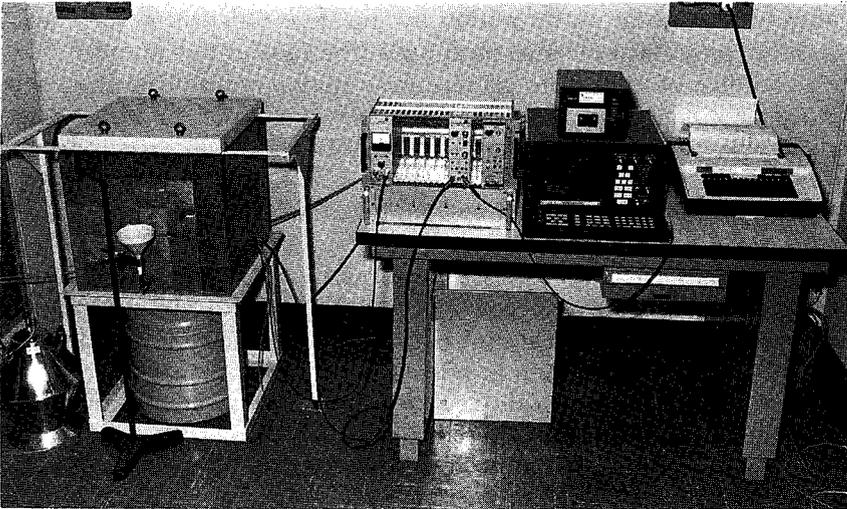


Fig. 6. — Vue de l'équipement de spectrométrie  $\gamma$ .

A gauche, l'écran de plomb contenant le détecteur à Ge(Li); de gauche à droite, les appareils électroniques, le sélecteur multicanal, l'enregistreur à bande magnétique et l'imprimante.

divers du SIR. Le spectre du mouvement propre est enregistré périodiquement et permet d'évaluer les limites d'activité détectable. En outre, l'analyseur multicanal peut rendre d'excellents services pour l'échantillonnage sélectif (en mode multiéchelle) et pour enregistrer et analyser des spectres de particules  $\alpha$  obtenus au moyen d'un détecteur à barrière de surface.

## 11.2. — Statistiques de comptage (J. W. Müller)

On a continué à développer la méthode d'échantillonnage sélectif en l'utilisant dans la pratique et aussi en éclaircissant certains problèmes techniques et théoriques. De plus, des progrès décisifs ont été faits dans la recherche d'une solution mathématique à un problème qui se pose dans l'utilisation d'un temps mort de type cumulatif.

### *Échantillonnage sélectif*

Cette nouvelle méthode pour la mesure de l'activité de nucléides qui se désintègrent par l'émission de plusieurs rayonnements (par exemple d'une particule bêta suivie d'un rayon gamma) s'est déjà avérée très utile<sup>(19)</sup>. Elle se distingue de la technique habituelle des coïncidences par la mesure directe de l'efficacité d'un compteur (normalement  $\epsilon_p$ ) sans faire appel à un circuit de coïncidences. Un certain nombre de corrections, qui se révèlent souvent difficiles à évaluer à des taux de comptage élevés, peuvent ainsi être évitées. De plus, elle s'applique aussi à des nucléides dont les rayonnements émis dans une seule désintégration ne sont plus strictement simultanés.

Or, un problème technique est apparu dans l'application pratique. Il est dû au fait que les impulsions gamma arrivent à un rythme trop élevé pour être classées dans les canaux d'un sélecteur multicanal utilisé en mode multiéchelle. Il est donc nécessaire de les stocker provisoirement dans des mémoires à accès rapide, d'où elles sont ensuite transférées au sélecteur à une vitesse convenable. Puisque ce transfert est très lent (environ 15  $\mu$ s par canal) par rapport à l'enregistrement, on a intérêt à l'effectuer aussi rarement que possible. C'est cette idée qu'exploite le nouveau « convertisseur de vitesse » construit par P. Bréonce, qui ne transfère l'ensemble des enregistrements que si le contenu maximal d'un canal atteint un nombre prédéterminé, qui peut aller jusqu'à 255. Ainsi, l'opération de transfert « par paquet » se fait si rarement que sa durée est pratiquement négligeable par rapport au temps total des enregistrements. Il est même possible d'effacer électroniquement le contenu des canaux correspondant aux « coïncidences » avec les impulsions qui déclenchent les cycles, car cette région n'est normalement pas exploitée. Puisque ce sont ces canaux

---

<sup>(19)</sup> MÜLLER, J. W. Selective sampling — an alternative to coincidence counting. *Nucl. Instr. and Meth.*, **189**, 1981, pp. 449-452.

qui se remplissent le plus vite, l'opération de transfert se fait encore moins souvent. Pour une largeur habituelle des canaux de  $0,5 \mu\text{s}$ , on gagne donc environ un facteur 30 dans la durée de mesure par rapport à la version ancienne. Grâce à cette amélioration technique, l'échantillonnage sélectif devient compétitif avec la méthode des coïncidences même sur le plan de l'efficacité.

Un autre changement intervenu récemment concerne le choix des impulsions bêta destinées à déclencher un nouveau cycle d'enregistrement. On pourrait penser que l'utilisation de la première impulsion bêta disponible après le temps mort cumulatif représente un choix « au hasard » garantissant que les intervalles de temps qui l'entourent sont aussi de durée aléatoire. En fait, ce n'est pas le cas. La figure 7 montre que, pour la partie à gauche de la « lacune », il y a une nette différence entre les spectres temporels selon qu'ils sont obtenus avec déclenchement par la première

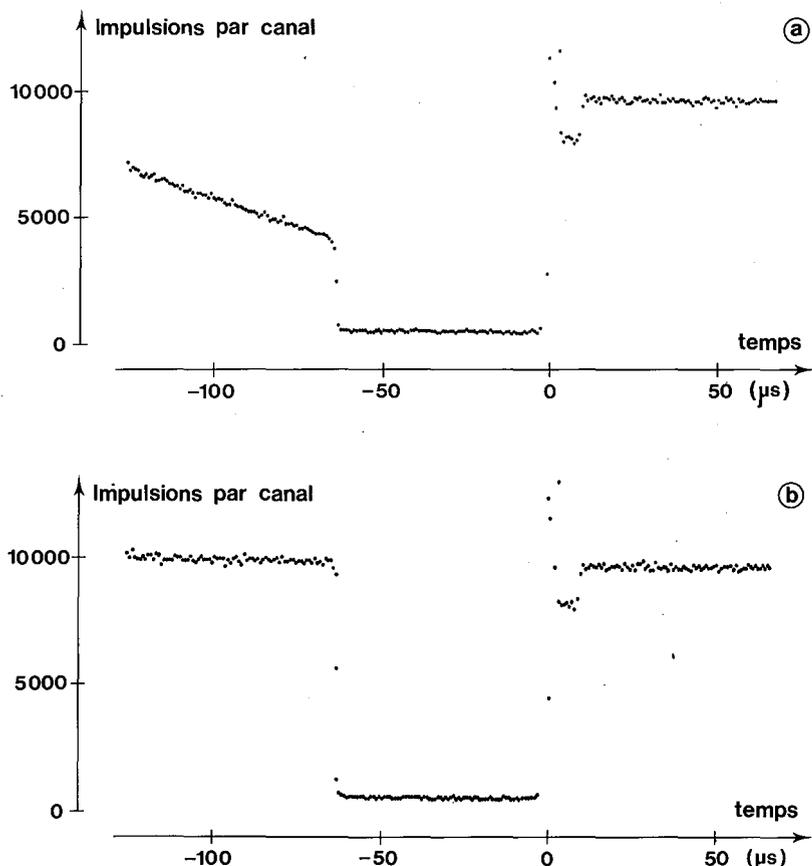


Fig. 7. — Répartition temporelle des impulsions gamma d'une source de  $^{60}\text{Co}$ .

Le déclenchement d'un cycle d'enregistrement se fait à l'aide de la première (a) ou de la deuxième (b) impulsion bêta disponible. Durée approximative de l'enregistrement : pour (a) 30 min, pour (b) 45 min; activité de la source : environ 15 kBq.

impulsion ou par la deuxième. Cette perturbation, dont la cause est connue (voir BIPM WPN-221), a pour effet que l'intervalle qui précède la première impulsion bêta disponible est en général plus long que les autres. Si l'on veut profiter du gain de temps qui résulte de l'emploi de la première impulsion, on doit déterminer  $G$  à l'aide de l'enregistrement après la lacune. Notons que le domaine servant à la mesure de  $g$  n'est pas influencé par le mode de déclenchement.

Une autre étude récente concerne la manière exacte de tenir compte du mouvement propre dans cette méthode (voir BIPM WPN-223). Si l'on désigne par  $G$  et  $g$  les nombres moyens d'impulsions accumulées par canal dans les deux zones d'enregistrement, l'efficacité du compteur bêta est donnée par

$$\varepsilon_{\beta} = 1 - \frac{g - (B_{\gamma} - B_c)/k}{G - B_{\gamma}/k},$$

où  $B_{\gamma}$  et  $B_c$  sont les taux de comptage du mouvement propre. Il convient de mentionner que la mesure de  $B_c$ , qui correspond à la fréquence de paires d'impulsions bêta et gamma provenant de la même désintégration, ne nécessite pas un circuit à coïncidences mais se détermine avec un enregistrement usuel par échantillonnage sélectif. La constante  $k = N_{\gamma}/G$ , qui se mesure directement, permet de comparer contenu de canaux et taux de comptage. En l'absence d'un mouvement propre, la formule se réduit à la relation habituelle  $g/G = 1 - \varepsilon_{\beta}$ .

#### *Taux de comptage initial pour un temps mort cumulatif*

Il est bien connu qu'un processus de Poisson, avec taux de comptage  $\rho$ , est perturbé par l'insertion d'un temps mort cumulatif, de durée  $\tau$ , de façon à ce que son taux soit réduit à  $R = \rho e^{-\rho\tau}$ . En posant  $\rho\tau = x$  et  $R\tau = z$ , on écrit aussi  $z = x \cdot e^{-x}$  (voir fig. 8).

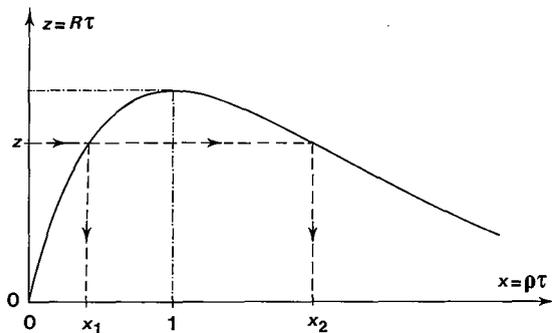


Fig. 8. — Comportement du taux de comptage  $R$  à la sortie d'un temps mort cumulatif  $\tau$  en fonction du taux initial  $\rho$ .

$x_1$  et  $x_2$  correspondent aux deux solutions possibles pour une valeur donnée de  $z$ .

Dans la pratique, cependant, on veut plutôt déterminer  $\rho$  (ou  $x$ ) à partir de  $R$  (ou  $z$ ). Cette inversion, d'apparence si simple, se heurte à des difficultés mathématiques. Il est évident qu'une solution numérique par approximations successives est toujours possible, mais elle ne peut pas remplacer dans tous les cas une solution analytique, en particulier une solution qui donne à la fois les valeurs  $x_1$  et  $x_2$ .

Une étude approfondie nous a permis de trouver une expression en forme de série qui donne les deux solutions  $x_1$  et  $x_2$  avec une très bonne approximation. Elles peuvent être exprimées sous la forme

$$x_{1,2} = 1 \mp Y - \sum_{j=1}^{10} c_j (\pm Y)^{j+1}, \quad \text{où} \quad Y = \sqrt{-2(1 + \ln z)}.$$

Il se trouve que la convergence de ce développement est excellente pour le domaine qui nous intéresse le plus, c'est-à-dire là où les deux valeurs possibles pour le taux de comptage initial se rapprochent et pourraient donc être confondues. Avec les valeurs numériques des coefficients  $c_j$  indiquées dans le tableau III, les solutions  $x_1$  et  $x_2$  se déterminent à mieux que  $10^{-6}$  pour  $R\tau \geq 0,15$ , ce qui est largement suffisant pour toutes les applications.

TABLEAU III

*Valeurs des coefficients  $c_j$  à utiliser dans l'évaluation de  $x_1$  et  $x_2$*

$j$	$c_j$	$j$	$c_j$
1	— 0,333 333 33	6	— 0,000 025 54
2	0,027 777 78	7	— 0,000 004 90
3	0,003 703 70	8	— 0,000 000 24
4	0,000 231 48	9	0,000 000 19
5	— 0,000 058 79	10	0,000 000 08

#### *Autres travaux*

Deux bibliographies, rassemblées dans le cadre du groupe de travail de la Section II du CCEMRI, « Principes de la méthode des coïncidences », ont été terminées et distribuées. La première, sur les effets dus au chevauchement d'impulsions (Rapport BIPM-81/10), comporte 170 références; la seconde, sur les effets de temps morts (Rapport BIPM-81/11), avec plus de 580 références, est la deuxième édition, fortement augmentée, d'une liste analogue éditée pour la première fois il y a six ans.

Deux petites notes traitent de sujets divers : dans BIPM WPN-219, on étudie la perturbation d'une série d'impulsions due à l'utilisation d'une fenêtre spectrale; dans BIPM WPN-220, on propose pour la méthode dite du maximum de vraisemblance une nouvelle approche pour contrôler la fiabilité d'un paramètre ainsi déterminé.

### 11.3. — Spectrométrie alpha (A. Rytz)

Une redétermination des distances entre la fente et les 24 marqueurs du spectrographe a été effectuée au moyen du comparateur universel de la salle 103. La différence moyenne, par rapport aux distances obtenues en 1978, est de  $+ (2,4 \pm 2,1) \mu\text{m}$  seulement, ce qui est très satisfaisant.

Les films de nitrate de cellulose (LR115 de Kodak) présentent des avantages certains et remplaceront dorénavant les plaques photographiques comme détecteurs de particules alpha dans nos mesures d'énergie par spectrographie magnétique. En ajustant soigneusement l'énergie que les particules déposent dans le film, ainsi que la durée d'action et la température du bain de soude, on peut obtenir des petits trous d'un excellent contraste, ce qui contrebalance la perte de précision géométrique.

Après avoir contrôlé l'application de ces films aux mesures d'énergie au moyen de sources de  $^{241}\text{Am}$  et de  $^{244}\text{Cm}$ , une expérience plus difficile a été tentée. Il s'agissait de redéterminer l'énergie des particules émises par les deux sources de  $^{239}\text{Pu}$  mesurées en 1979. Les résultats récents appuient l'hypothèse, avancée précédemment, que la valeur d'énergie observée décroît d'environ 700 eV par an et que la valeur publiée serait à augmenter d'environ 100 eV. De nouvelles mesures sont prévues.

## 12. Mesures neutroniques (V. D. Huynh)

### 12.1. — Comparaison internationale de mesures de débit de fluence

Le BIPM a participé à la comparaison internationale des mesures de débit de fluence de neutrons à 2,50 et 14,65 MeV organisée par la Section III du CCEMRI. Cette comparaison consiste à utiliser la réaction  $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$  comme méthode de transfert. Il s'agit de comparer l'activité  $\gamma$  à saturation d'un échantillon de  $^{115}\text{In}^m$  par unité de débit de fluence de neutrons. Cette activité (rayons  $\gamma$  d'énergie 336 keV, période 4,486 h) étant induite par l'irradiation d'un échantillon d'indium (métal) naturel dans un faisceau de neutrons, on la mesure à l'aide d'un détecteur Ge(Li). Une source étalonnée de  $^{51}\text{Cr}$  (rayons  $\gamma$  d'énergie 320 keV, période 27,70 d) permet de normaliser les résultats de mesures d'activité dans tous les laboratoires participants. Nous désignons la grandeur à comparer entre les laboratoires par le rapport  $K_1/K_0$ , où  $K_1$  est l'activité à saturation de  $^{115}\text{In}^m$  (par unité de débit de fluence de neutrons) et  $K_0$  est l'activité du  $^{51}\text{Cr}$  à la date de référence choisie.

Les échantillons d'indium et les sources de  $^{51}\text{Cr}$  ont été distribués à onze participants vers la fin du mois de mai 1981 par le BCMN; la date de référence choisie est le 20 mai 1981, à 0 h 00 UT.

Pour chacune des deux énergies de neutrons (2,50 et 14,65 MeV), nous avons effectué une série de trois irradiations. Les trois mesures de chaque série donnent des résultats qui sont en très bon accord (mieux que 1 %). Les valeurs moyennes obtenues pour  $K_1/K_0$  sont  $(7,302 \pm 0,126) \times 10^{-7}$

pour les neutrons de 2,50 MeV et  $(1,273 \pm 0,020) \times 10^{-7}$  pour les neutrons de 14,65 MeV.

Enfin, il faut souligner que, dans le cadre de cette comparaison internationale, nous avons aussi irradié un échantillon de Nb/Zr dans notre faisceau étalonné de neutrons de 14,65 MeV. Cela a pour but non seulement de comparer les mesures de débit de fluence, mais aussi de déterminer l'énergie moyenne des neutrons utilisée dans la comparaison. Après irradiation, cet échantillon a été renvoyé immédiatement au NPL qui s'est chargé de mesurer les activités.

## 12.2. — Étude des chambres d'ionisation à paroi équivalente au tissu

En vue de la future comparaison internationale dans le domaine de la dosimétrie neutronique, la Section III du CCEMRI, lors de sa dernière réunion (mai 1981), a demandé au BIPM d'étudier différents types de chambres d'ionisation à paroi équivalente au tissu, afin d'en choisir quelques-unes qui soient susceptibles d'être utilisées comme instruments de transfert et comme chambres de référence.

Nous disposons actuellement de trois chambres d'ionisation : deux du type Spokas, modèle T2, construites par Exradin (États-Unis d'Amérique) et une du type TNO, construite et offerte par le Radiobiological Institute, Rijswijk (Pays-Bas). La chambre Exradin a été décrite précédemment (Rapport 1980, p. 77). La chambre TNO est une chambre sphérique (volume 1 cm<sup>3</sup>) dont la paroi, comme celle de la chambre Exradin, est constituée de matériau équivalent au tissu (plastique A-150). Le diamètre intérieur et l'épaisseur de la paroi sont respectivement de 12 mm et de 1 mm.

### *Étude dans un champ de <sup>60</sup>Co*

En collaboration avec le groupe de mesure des rayons X et  $\gamma$  du BIPM, nous avons commencé à étudier nos trois chambres dans un champ étalonné (en exposition) de <sup>60</sup>Co. A la date de référence (1982-01-01, 0 h 00 UT), la source de <sup>60</sup>Co avait un débit d'exposition, à une distance de 1,12 m, de 6,047  $\mu$ A/kg. Les courants d'ionisation obtenus par les deux chambres Exradin (remplies d'air), avec un capuchon additionnel de 3 mm, mesurés en mars-avril 1982 et ramenés à la même date de référence, sont de  $4,132 \times 10^{-12}$  A pour la chambre N° 199 et de  $4,151 \times 10^{-12}$  A pour la chambre N° 191. Néanmoins, il faut signaler que la réponse de ces deux chambres (remplies d'air) a baissé de 0,67 % pour l'une (N° 199) et de 0,21 % pour l'autre (N° 191) depuis mars 1981. Ces écarts sont pour l'instant inexpliqués.

Le tableau IV résume les résultats concernant les différents facteurs de correction pour la mesure du courant d'ionisation. Celui-ci a été mesuré pour une distance de 1,12 m; le débit de gaz équivalent au tissu qui circule à travers la chambre est de l'ordre de 25 cm<sup>3</sup>/min.

TABLEAU IV

*Étude des chambres d'ionisation dans un champ de  $^{60}\text{Co}$*

La distance entre la chambre d'ionisation et la source est de 1,12 m.

	Chambre Exradin N° 199	Chambre Exradin N° 191	Chambre TNO
$I_+$ (pA)	4,834 1 ± 0,001 5	4,831 4 ± 0,001 5	7,699 0 ± 0,002 3
$I_+/I_-$	0,998 7 ± 0,000 5	0,998 8 ± 0,000 5	0,998 4 ± 0,000 5
$k_s$	1,001 6 ± 0,000 2	1,001 1 ± 0,000 2	1,001 6 ± 0,000 2
$k_a$	1,015 1 ± 0,000 5	1,014 7 ± 0,000 3	
$I_f$ (pA)	0,000 20	0,000 20	0,000 35

$I_+$  et  $I_-$ , courants d'ionisation obtenus respectivement pour une tension de + 250 V et pour une tension de — 250 V et ramenés à la date de référence (1982-01-01, 0 h 00 UT);

$k_s$ , facteur de correction pour la recombinaison des ions lorsqu'une tension de 250 V est appliquée à la chambre;

$k_a$ , facteur de correction qui tient compte des effets d'atténuation et de diffusion dans la paroi et son capuchon additionnel (soit une épaisseur totale de 4 mm);

$I_f$ , courant de fuites moyen.

### 13. Publications

#### *Publications du BIPM*

Depuis octobre 1981 ont été publiés :

1° *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde*, 9<sup>e</sup> session (1980), 27 pages.

2° *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants*, 9<sup>e</sup> session (1981), 34 pages.

Section I (Rayons X et  $\gamma$ , électrons), 6<sup>e</sup> réunion (1981), 42 pages.

Section II (Mesure des Radionucléides), 6<sup>e</sup> réunion (1981), 30 pages.

Section III (Mesures Neutroniques), 5<sup>e</sup> réunion (1981), 30 pages.

3° *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures*, tome 49 (70<sup>e</sup> session, octobre 1981), 192 pages.

#### *Metrologia* (R. P. Hudson)

Depuis fin 1980, date à laquelle le BIPM a commencé à assumer entièrement la responsabilité de rédacteur en chef de *Metrologia*, le délai entre la réception d'un manuscrit et la parution de l'article, initialement d'environ sept mois, s'est régulièrement amélioré pour atteindre actuellement environ cinq mois. L'éditeur a eu le plaisir d'annoncer

pour 1981 un léger accroissement du nombre d'abonnements (4 %) qui renverse la tendance générale à la diminution de ces dernières années. Les services de l'éditeur qui s'occupent de *Metrologia*, à Heidelberg, viennent d'être l'objet (juin 1982) d'un changement administratif; nous attendons avec optimisme mais aussi avec quelque inquiétude d'en voir les conséquences.

### *Publications extérieures*

GIACOMO, P. Equation for the determination of the density of moist air (1981). *Metrologia*, **18**, 1982, pp. 33-40 (Traduction du Rapport BIPM-81/8).

GIACOMO, P. News from the BIPM. *Metrologia*, **18**, 1982, pp. 41-44.

GIACOMO, P. Prospects for the new definition of the metre. *J. Phys.*, Colloque C8, **42**, 1981, pp. C8. 513-517.

GIACOMO, P. La Métrologie, langage universel. *Culture technique*, **9**, 1983, pp. 11-17.

GIACOMO, P. The SI, a universal language. *Marine Geodesy*, **5**, N° 4, 1982, pp. 313-321.

GIACOMO, P. The role of the BIPM. *INSYMET 80*.

MÜLLER, J. W. Selective sampling — an alternative to coincidence counting. *Nucl. Instr. and Meth.*, **189**, 1981, pp. 449-452.

BONHOURE, J. et PELLO, R. Cellule à point triple de l'argon : instrument de transfert de pression (à paraître dans *Metrologia*).

BONHOURE, J. et PELLO, R. Température du point triple du gallium (à paraître dans *Metrologia*).

HUDSON, R. P. Contributions à McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology, 5th. Edition, 1982 : (1) Adiabatic demagnetization, pp. 114-115; (2) Low-temperature physics, pp. 829-832; (3) Low-temperature thermometry, pp. 832-835.

HUYNH, V. D. Activity of the Bureau International des Poids et Mesures in the area of neutron dosimetry. *In Proceedings Advisory Group Meeting on Advances in Dosimetry for Fast Neutrons and Heavy Charged Particles for Therapy Applications*, Vienna, 14-18 June 1982 (à paraître).

BLABLA, J., ŠMYDKE, J., CHARTIER, J.-M. and GLÄSER, M. Comparison of the  $^{127}\text{I}_2$  stabilized He-Ne lasers at 633 nm wavelength of the Czechoslovak Institute of Metrology and the Bureau International des Poids et Mesures (à paraître dans *Metrologia*).

GLÄSER, M. Frequency shifts at low iodine pressure of  $^{127}\text{I}_2$  stabilized He-Ne lasers at 633 nm wavelength. *Metrologia*, **18**, 1982, pp. 53-58.

JONES, G. R., GILLIES, G. T. and RITTER, R. C. Decay modes of magnetically suspended precision rotors. *Precision Engineering*, **4**, 1982, pp. 79-83.

GUINOT, B., GRANVEAUD, M. and AZOUBIB, J. Stability and accuracy of the International Atomic Time. *Journal of the Institution of Electronics and Telecommunication Engineers*, **27**, N° 11, 1981, pp. 524-527.

R.P. Hudson poursuit son rôle de « Consulting Editor in Low Temperature Physics » à « The McGraw-Hill Encyclopedia of Science and Technology » (proposition d'auteurs et de sujets d'articles, révision de manuscrits).

TERRIEN, J. La désignation des termes spectroscopiques du krypton et des niveaux  $2p_{10}$  et  $5d_5$  de la définition du mètre de 1960. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, N° 645, juin 1982, pp. 953-960.

TERRIEN, J. Changement prévu de la définition du mètre. *Bulletin de l'Union des Physiciens*, N° 645, juin 1982, pp. 961-965.

### *Rapports*

Ces rapports peuvent être fournis sur demande.

MÜLLER, J. W. Perturbation produite par une fenêtre spectrale. BIPM WPN-219, octobre 1981, 2 pages.

MÜLLER, J. W. Statistiques de comptage. Rapport BIPM-81/9, octobre 1981, 7 pages.

MÜLLER, J. W. Un nouveau regard sur le « maximum de vraisemblance ». BIPM WPN-220, novembre 1981, 3 pages.

GOSTELY, J.-J. (IER Lausanne) Bibliography on pulse pile-up effects. Rapport BIPM-81/10, décembre 1981, 24 pages.

MÜLLER, J. W. Bibliography on dead-time effects. Rapport BIPM-81/11, décembre 1981, 57 pages.

MÜLLER, J. W. Comment déclencher les cycles d'enregistrement dans l'échantillonnage sélectif? BIPM WPN-221, décembre 1981, 3 pages.

SMITH, D. (NPL, Teddington) A general approach to simultaneous curve fitting. BIPM WPN-222, août 1981, 8 pages.

WEISS, H.-M. (PTB, Braunschweig) Report on the international comparison of gamma-ray reference sources. Rapport BIPM-82/1, janvier 1982, 22 pages.

SMITH, D. and WOODS, M. J. (NPL, Teddington) Report on the international comparison of activity measurements of a solution of  $^{55}\text{Fe}$  (February 1979). Rapport BIPM-82/2, février 1982, 33 pages.

GIRARD, G., KOBAYASHI, Y., UCHIKAWA, K., BELL, G. A. et HUMPHRIES, J. W. Rapport sur la comparaison d'étalons de masse de 1 kg en platine iridié et en acier inoxydable entre le Bureau International des Poids et Mesures, le National Research Laboratory of Metrology (Japon) et le CSIRO, Division of Applied Physics (Australie). Rapport BIPM-82/3, mars 1982, 7 pages.

MÜLLER, J. W. Background correction for SESAM. BIPM WPN-223, avril 1982, 4 pages.

FELDER, R. et BERTINETTO, F. Comparaison internationale de lasers à He-Ne asservis sur l'iode en cuve interne, à  $\lambda = 612 \text{ nm}$ . Rapport BIPM-82/4, juin 1982, 17 pages.

WITT, T. J. and REYMANN, D. New equipment and procedures for the maintenance and comparison of standards of electromotive force at the BIPM. Rapport BIPM-82/5, juin 1982, 41 pages.

RYTZ, A. Report on the second small comparison of activity measurements of a solution of  $^{133}\text{Ba}$ . Rapport BIPM-82/6, septembre 1982, 10 pages.

MÜLLER, J. W. Towards a complete solution of the « inverse » dead-time problem. Rapport BIPM-82/7, septembre 1982, 12 pages.

SHEN, N. C., LI, C. Y., SUN, Y. M., WANG, C., CHARTIER, J.-M. and FELDER, R. International intercomparison of He-Ne lasers stabilized on the saturated absorption of  $^{127}\text{I}_2$  at  $\lambda = 633 \text{ nm}$  and of  $\text{CH}_4$  at  $\lambda = 3.39 \mu\text{m}$ . Rapport BIPM-82/8, juin 1982, 6 pages.

GILLIES, G. T. The Newtonian gravitational constant: an index of measurements. Rapport BIPM-82/9, juillet 1982, 84 pages.

CHARTIER, J.-M. Détermination et reproductibilité de l'intervalle de fréquence ( $^{129}\text{I}_2, \text{k}$ ) — ( $^{127}\text{I}_2, \text{i}$ ). Rapport BIPM-82/10, septembre 1982, 17 pages.

REYMANN, D. Étude et réalisation d'enceintes thermorégulées pour la conservation des piles étalons. Rapport BIPM-82/11, septembre 1982, 9 pages.

#### 14. Certificats et Note d'étude

Du 1<sup>er</sup> octobre 1981 au 30 septembre 1982, 48 Certificats et 1 Note d'étude ont été délivrés.

CERTIFICATS

1981

N°

50. Trois étalons de résistance de 1 $\Omega$ N°s 1755134, 1758735 et 1758737 (addition) .....	Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade, Yougoslavie.
51. Etalon de résistance de 1 $\Omega$ N° 1749269 ...	Id.
52. Seize calibres en acier de 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22,5, 25, 50, 75 et 100 mm .....	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
53. Etalon de résistance de 10 000 $\Omega$ N° 806043	Statens Provningsanstalt, Suède.
54. Etalon de résistance de 100 $\Omega$ N° 226750 (addition) .....	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
55. Etalon de résistance de 1 000 $\Omega$ N° 236072	Id.
56. Etalon de résistance de 10 000 $\Omega$ N° 718011 (addition) .....	Id.
57. Deux étalons de masse de 1 kg N°s 07 et 11 en alacrite .....	Institut National de Métrologie, Paris, France.
58. Deux étalons de masse de 1 kg N°s 3 et 3 <sup>+</sup> en acier inoxydable .....	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
59. Deux étalons de masse de 100 g N°s 4 et 4 <sup>+</sup> en acier inoxydable .....	Id.
60. Etalon de masse de 1 kg N° 81 en acier inoxydable "Nicalral D" .....	Institut National de Métrologie, Bucarest, Roumanie.
61. Etalon de masse de 1 g en laiton doré (addition) .....	Id.
62. Trois étalons de masse de 1 mg en aluminium .....	Id.
63. Etalon de masse de 1 kg en acier inoxydable .....	Central Organization for Standardization and Quality Control, Bagdad, Irak.
64. Thermomètre à résistance de platine N° 233148 .....	Laboratoriet for Fundamental Metrologi, Lyngby, Danemark.
65. Thermomètre à résistance de platine N° 203376 .....	National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud.
66. Thermomètre à résistance de platine N° 1844993 .....	Statens Provningsanstalt, Suède.

1982

N°		
1.	Cinq étalons de force électromotrice N°s 1345, 1373, 1376, 1377 et 1378 (addition) .....	Office Fédéral de Métrologie, Wabern, Suisse.
2.	Sept calibres en acier de 5, 6, 8, 9, 10, 50 et 100 mm .....	Id.
3.	Deux étalons de résistance de 1 $\Omega$ N°s 1816192 et 1816196 (addition) .....	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
4.	Etalon de résistance de 1 $\Omega$ N° 1634204 ...	Statens Provningsanstalt, Suède.
5.	Etalon de résistance de 1 $\Omega$ N° 1684332 (addition) .....	Id.
6.	Quatre étalons de force électromotrice contenus dans l'enceinte thermorégulée N° 42227 .....	Id.
7.	Quatre étalons de force électromotrice N°s 40235, 40237, 40251 et 40279 (addition) .....	Det Norske Justervesen, Oslo, Norvège.
8.	Deux étalons de capacité de 10 pF N°s 405 et 408 .....	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
9.	Deux étalons secondaires de température de couleur N°s 13 AMG et 14 AMG (addition) .....	Office Fédéral de Métrologie, Wabern, Suisse.
10.	Deux étalons secondaires d'intensité lumineuse (2853 K) N°s 13 AMG et 14 AMG (addition) .....	Id.
11.	Etalon secondaire d'intensité lumineuse (2353 K) N° 63 (addition) .....	Id.
12.	Quatre étalons secondaires d'intensité lumineuse (2853 K) N°s 626, 684, 701 et 749 .....	Id.
13.	Etalon secondaire de flux lumineux (2787 K) N° 100603 (addition) .....	Id.
14.	Quatre étalons secondaires de flux lumi- neux (2787 K) N°s 611, 640, 646 et 648 ..	Id.
15.	Quatre étalons de force électromotrice N°s 21417, 21419, 21677 et 21860 .....	Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade, Yougoslavie.
16.	Kilogramme prototype N° 65 .....	Institut Métrologique Tchécoslovaque, Bratislava, Tchécoslovaquie.
17.	Kilogramme prototype N° 39 (addition) ....	République de Corée.
18.	Kilogramme prototype N° 56 (addition) ....	Afrique du Sud.
19.	Etalon de masse de 1 kg en acier inoxydable .....	Institut Métrologique Tchécoslovaque, Bratislava, Tchécoslovaquie.
20.	Etalon de masse de 1 kg en baros (addition) .....	Centre National de Métrologie, Sofia, Bulgarie.
21.	Calibre en acier de 50 mm .....	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Vienne, Autriche.

1982 (suite)

N°		
22.	Deux étalons secondaires d'intensité lumineuse (2853 K) N°s 701 (addition) et 713 .....	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Vienne, Autriche.
23.	Deux étalons secondaires de flux lumineux (2787 K) N°s 406 et 407 (addition) .....	Id.
24.	Six étalons secondaires d'intensité lumineuse (2853 K) N°s 1961, 2171, 2168, 2198, 2214 et 333 .....	Institut d'Etat de Normalisation, Sofia, Bulgarie.
25.	Deux étalons secondaires de flux lumineux (2353 K) N°s 100 et 9022 .....	Id.
26.	Deux étalons de résistance de 1 Ω N°s 1132427 et 1146606 (addition) .....	National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud.
27.	Quatre étalons de force électromotrice N°s 60203, 60204, 60208 et 60211 .....	Id.
28.	Deux étalons de résistance de 1 Ω N°s 124BZ13 et 127BZ13 (addition) .....	Institut National de Métrologie, Beijing, Rép. Pop. de Chine.
29.	Deux étalons de résistance de 1 Ω N°s 201BZ13 et 205BZ13 .....	Id.
30.	Six étalons de force électromotrice N°s 1, 2, 3, 4, 5 et 6 (addition) .....	Id.
31.	Six étalons de force électromotrice N°s 75005-1, 75005-2, 75005-3, 75005-4, 75005-5 et 75005-6 .....	Id.

NOTE D'ETUDE

1981

5.	Etalon de masse de 1 kg N° 3 en bronze blanc .....	Institut National de Métrologie, Bucarest, Roumanie.
----	--	--

IV. — ACTIVITÉS ET RELATIONS EXTÉRIEURES

**Travaux en liaison avec des organismes internationaux et nationaux** (*voir aussi Voyages, visites, conférences, exposés du personnel*)

P. Giacomo a participé à plusieurs réunions de travail pour préparer un Vocabulaire International de Métrologie, travail entrepris conjointement par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), l'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) et la Commission Électrotechnique Internationale (CEI), avec la participation du BIPM.

Il participe toujours aux travaux du Comité de Direction et du Comité Scientifique du Bureau National de Métrologie français, du Comité National du Centre National de la Recherche Scientifique (France), de

l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (Commission SUN-AMCO), de l'Union Astronomique Internationale (Commission de l'Heure).

T. J. Quinn participe régulièrement aux réunions du Conseil Scientifique de l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti (IMGC), Turin.

A. Allisy participe aux travaux de l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) en qualité de vice-président.

P. Carré a participé à plusieurs réunions de l'Association Française de Normalisation (AFNOR).

M.-T. Niatel a participé, du 4 au 8 décembre 1981, à Göttingen, aux travaux du Comité ICRU qui prépare un rapport intitulé « The use of ionization chambers calibrated in terms of exposure or air kerma with cobalt-60 or 2 MV X-rays for the determination of absorbed dose to water for photon and electron beams with maximum energies between 1 and 50 MeV ».

Dans le cadre des travaux de la Commission Internationale de l'Éclairage, J. Terrien, directeur honoraire, et H. Moreau, métrologiste honoraire, poursuivent l'important travail de préparation de la 4<sup>e</sup> édition du Vocabulaire International de l'Éclairage.

### **Voyages, visites, conférences, exposés du personnel**

Dans ce qui suit, le signe <sup>++</sup> ou <sup>+</sup> indique un déplacement dont les frais n'ont pas été pris en charge par le BIPM (<sup>++</sup>) ou bien ont été pris en charge partiellement (<sup>+</sup>).

La « Conference on Precision Electromagnetic Measurements 1982 » qui a eu lieu au NBS (Boulder) du 28 juin au 1<sup>er</sup> juillet 1982, présentait une importance particulière pour le BIPM qui était représenté par P. Giacomo, G. Leclerc, T. Witt, J.-M. Chartier et M. Gläser.

P. Giacomo, qui avait assisté, également à Boulder, du 23 au 27 juin, au « Symposium on Atomic Time Scale Algorithms », a présenté une conférence sur « Laser frequency measurements and the redefinition of the metre » et a visité divers laboratoires du NBS et du JILA.

T. Witt, qui avait profité de ce déplacement pour visiter le NBS (Gaithersburg) du 10 au 14 juin, a présenté une contribution sur « The maintenance and comparison of standards of electromotive force at the BIPM ».

J.-M. Chartier a présenté, sous forme d'affiche, une contribution sur « Results of international comparisons using methane stabilized He-Ne lasers at 3.39  $\mu\text{m}$  and iodine stabilized He-Ne lasers at 633 nm »; il a ensuite visité le NRC, notamment la section des lasers, le 5 juillet.

M. Gläser a présenté, sous forme d'affiche, une contribution sur « Non linear frequency shifts at low pressures of  $^{127}\text{I}_2$  stabilized He-Ne lasers at

633 nm wavelength »; il a ensuite visité le NRC (section des lasers) le 5 juillet et le NBS (Gaithersburg) le 6 juillet.

Enfin, une contribution de J.-M. Chartier, R. Felder et M. Gläser en collaboration avec F. Bertinotto, P. Cordiale et G. B. Picotto (IMGC), sur « Comparison between the  $^{127}\text{I}_2$  stabilized He-Ne lasers at 633 nm and 612 nm of the IMGC and the BIPM », a aussi été présentée sous forme d'affiche.

Au symposium INSYMET 82, à Bratislava, du 21 au 24 septembre 1982, le BIPM était représenté par P. Giacomo et A. Rytz.

P. Giacomo a présenté une conférence sur « Préparatifs en vue d'un changement de la définition du mètre ».

A. Rytz a présenté un exposé intitulé « The international reference system for the measurement of activity of gamma-ray emitting nuclides ».

Au « Sixth Temperature Symposium », à Washington, du 15 au 19 mars 1982, le BIPM était représenté par T. J. Quinn, J. Bonhoure et R. P. Hudson.

R. P. Hudson a prononcé l'exposé inaugural sur le sujet « Temperature scales, the IPTS, and its future development ».

T. J. Quinn a donné une conférence sur « Radiometric measurements of thermodynamic temperature between 327 K and 365 K »; au NBS, Gaithersburg, le 18 mars, il a donné une seconde conférence sur « The scientific work of the BIPM ».

J. Bonhoure a profité de ce séjour pour visiter certaines parties de la section de thermométrie du NBS.

P. Giacomo s'est en outre rendu :

— à Aussois (France), avec J.-M. Chartier et M. Gläser, du 12 au 15 octobre 1981, au « 3<sup>e</sup> Symposium sur les étalons de fréquence et la métrologie » où il a présenté un exposé sur « Perspectives pour une nouvelle définition du mètre »;

— à Erice<sup>++</sup> (Sicile), du 16 au 28 novembre 1981, au Centre Ettore Majorana, pour un « Workshop on Quantum Metrology and Fundamental Physical Constants » où il a présenté une conférence d'ouverture « Historical Review », un séminaire « On the expression of uncertainties » et une conférence de clôture « What is Metrology ? »;

— à l'Université de Rennes<sup>++</sup> (France), le 27 janvier 1982, où il a fait une conférence sur « Quelques aspects actuels de la métrologie »;

— à Genève et Berne, du 16 au 18 mars 1982, pour une réunion de travail de l'ISO sur le Vocabulaire International de Métrologie et une visite à l'Union Postale Universelle;

— à Vienne, du 18 au 20 mai 1982, pour une réunion du Club de Métrologie de l'Europe de l'Ouest;

— à Berlin, du 24 au 28 mai 1982, pour le 9<sup>e</sup> Congrès IMEKO; il a mis

à profit ce déplacement pour visiter les laboratoires de la PTB (Berlin-Ouest) et de l'ASMW (Berlin-Est);

— à Lausanne, du 1<sup>er</sup> au 3 septembre 1982, pour une réunion de travail sur le Vocabulaire International de Métrologie.

T. J. Quinn s'est en outre rendu :

— à Braunschweig, les 24 et 25 novembre 1981, avec J.-M. Chartier et M. Gläser, pour discuter avec les experts de la PTB de questions liées aux propositions pour une nouvelle définition du mètre et se documenter sur la construction du laboratoire des lasers;

— à l'Université de Virginie<sup>+</sup>, Charlottesville, le 22 mars 1982 où il a fait une conférence intitulée « A radiometric measurement of the Stefan-Boltzmann constant »;

— à Sydney<sup>++</sup>, du 29 août au 18 septembre 1982, où il a fait deux conférences, l'une à la réunion du « Asia/Pacific Metrology Programme » intitulée « The BIPM and the Asia/Pacific Metrology Programme » et l'autre au « Seminar on Australia's National Measurement System » intitulée « The need for fundamental metrology »;

— à Tsukuba (Japon)<sup>+</sup>, du 20 au 22 septembre 1982, pour visiter les laboratoires du NRLM et de l'ETL;

— à Turin<sup>++</sup>, trois fois, pour participer au Conseil Scientifique de l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti;

— au NPL (Teddington)<sup>+</sup>, plusieurs fois, pour la poursuite de son expérience en cours sur la mesure des températures thermodynamiques et de la constante de Stefan-Boltzmann.

A. Allisy a participé aux réunions suivantes :

— du 18 au 26 septembre 1982, réunion de la Main Commission de l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU), à Reimsburg (RFA)<sup>++</sup>;

— du 27 septembre au 1<sup>er</sup> octobre 1982, Eighth Symposium on Microdosimetry, à Jülich (RFA)<sup>++</sup>.

A. Rytz s'est rendu :

— au BCMN (Geel, Belgique), du 14 au 16 octobre 1981; il a participé à la première réunion du sous-groupe de l'ICRM pour la spectrométrie alpha et fait un exposé sur « Alpha particles as probes for the comparison of circular diaphragms »;

— à Geel de nouveau, du 11 au 13 mai 1982, pour discuter avec A. Spornol et W. B. Mann un projet de manuel concernant les mesures d'activité qui est en préparation pour l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA);

— à l'Institut d'Électrochimie et Radiochimie de l'École Polytechnique Fédérale de Lausanne<sup>+</sup>, le 21 juin 1982, pour une visite du laboratoire et

pour donner un séminaire sur « Le Système international de référence pour les mesures d'activité d'émetteurs de rayons  $\gamma$  »;

— à Vienne (Autriche) pour diverses visites, du 27 au 29 septembre 1982: AIEA (discussion du manuel en préparation), Institut für Radiumforschung und Kernphysik, laboratoires de dosimétrie au Centre de recherche à Seibersdorf, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen;

— en outre, il a participé, à Paris, les 6 et 7 septembre 1982, à la réunion du groupe de travail « Radionuclide Metrology in Life Sciences » de l'ICRM.

J. W. Müller, sur invitation de la PTB, a fait le 3 novembre 1981 à Braunschweig<sup>++</sup>, dans le cadre des colloques de la PTB, une conférence intitulée « Koinzidenzen ohne Koinzidenzen: das neue Verfahren der « Ausgewählten Stichproben » für absolute Aktivitätsmessungen ».

Sur invitation de l'Institut National de Métrologie (INM-CNAM), Paris, Groupe Mesures physiques et Métrologie, il y a fait, le 29 janvier 1982, un séminaire sur « L'échantillonnage sélectif — une nouvelle méthode pour la mesure de l'activité de radionucléides ».

A la demande de R. Kaarls (Van Swinden Laboratorium), il s'est rendu à Delft les 22 et 23 septembre 1982. Il y a assisté à la réunion d'une quinzaine de participants à une comparaison de grandeurs électriques organisée dans le cadre du Club de Métrologie de l'Europe de l'Ouest pour discuter de problèmes d'incertitudes et d'analyse de résultats.

A. Sakuma s'est rendu au Japon du 30 avril au 20 mai 1982 pour participer à l'Assemblée Générale de l'Association Internationale de Géodésie (Tokyo, 7 au 15 mai); il a visité le Geographical Survey Institute et le NRLM à Tsukuba, la Société Nikon à Tokyo et l'International Latitude Observatory à Mizusawa.

Il s'est à nouveau rendu au Japon<sup>+</sup> du 31 juillet au 2 septembre 1982 pour participer aux travaux d'amélioration des gravimètres absolus du GSI (Tsukuba) et de l'ILO (Mizusawa). Sur invitation de l'Agency of Industry and Technology, Tsukuba, il a fait une conférence le 24 août 1982 sur la tendance actuelle de la gravimétrie absolue.

J. Bonhoure s'est rendu :

— à Karlovy-Vary (Tchécoslovaquie), du 20 au 22 octobre 1981, pour la réunion « Temperature Measurement » organisée par IMEKO;

— à Turin, du 9 au 16 juillet 1982, accompagné de R. Pello, pour procéder, à la demande de l'IMGC, à une comparaison du manobaromètre interférentiel de l'IMGC à celui du BIPM, avec une cellule à point triple de l'argon comme instrument de transfert de pression;

— à Berlin, les 23 et 24 septembre 1982, pour participer aux réunions des Comités TC-1.2 (Photométrie et radiométrie) et TC-2.2 (Détecteurs) de la CIE.

R. P. Hudson s'est rendu :

— à Zurich<sup>++</sup>, le 1<sup>er</sup> octobre 1981, où il a donné une conférence sur « Towards a New IPTS » au Laboratoire de physique du solide de l'École Polytechnique Fédérale;

— à Oxford<sup>++</sup>, le 15 octobre 1981, où il a donné une conférence sur « Revising the International Practical Temperature Scale » au Clarendon Laboratory; profitant de son séjour en Angleterre, il a visité le NPL (Teddington) le 16 octobre et a dirigé une réunion du Groupe de travail 4 du CCT avant de préparer le Rapport de la réunion de 1982;

— à Washington<sup>+</sup>, du 14 au 18 décembre 1981, pour assister au NBS à une réunion célébrant le 25<sup>e</sup> anniversaire de l'expérience sur la non-conservation de la parité et aussi conduire un séminaire sur « The Revision and Extension of the IPTS at Low Temperatures »;

— à Heidelberg, les 22 et 23 juillet 1982, pour visiter les services de Springer-Verlag et pour discuter de la rédaction et de l'édition de *Metrologia*.

T. Witt a assisté, les 14 et 15 octobre 1981, à un séminaire chez Hewlett-Packard sur le bus IEEE et les techniques d'entrées-sorties avec l'ordinateur HP 85.

V. D. Huynh s'est rendu, du 14 au 18 juin 1982<sup>++</sup>, au siège de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, à Vienne (Autriche), sur invitation de cette Agence, pour participer à une réunion d'experts sur « Advances in Dosimetry for Fast Neutrons and Heavy Charged Particles for Therapy Applications ».

M. Gläser s'est rendu à Braunschweig, du 10 au 14 mai 1982, pour effectuer, avec l'ordinateur TR 440 de la PTB, des calculs sur les raies parasites de  $^{127}\text{I}_2$  et  $^{129}\text{I}_2$ .

G. Gillies s'est rendu :

— à Cambridge<sup>+</sup>, du 4 au 8 novembre 1981, où il a visité le Cavendish Laboratory et discuté avec A. J. F. Metherell des résultats des mesures de la constante de gravitation;

— à Cambridge<sup>+</sup> de nouveau, du 1<sup>er</sup> au 6 février 1982, pour discuter avec C. C. Speake et Y. T. Chen de leurs mesures relatives à la constante de gravitation;

— à Trieste<sup>++</sup>, du 28 février au 4 mars 1982, pour visiter l'Institut de Géophysique de l'Université de Trieste, à l'invitation du Professeur A. Marussi; il a donné une conférence intitulée « A history of measurements of the Newtonian gravitational constant »;

— au Bureau des Longitudes, Paris, le 20 avril 1982, où il a donné une conférence sur le même sujet.

D. Reymann, du 16 au 28 novembre 1981, à Erice (Sicile), a suivi les cours du « Workshop on Quantum Metrology and Fundamental Physical Constants ».

Du 24 au 28 mai et du 7 au 18 juin 1982, à Orsay, il a suivi un cours sur les techniques du vide, organisé par la Société Française du Vide.

R. Pello, le 1<sup>er</sup> juillet 1982, à Wembley (Grande-Bretagne), s'est entretenu avec divers exposants de l'exposition Tempcon/Transducer 82. Il s'est ensuite rendu à Teddington, où il a visité la section des pressions du NPL.

Dans le cadre de l'information du personnel du BIPM, les exposés suivants ont été présentés :

— par V. D. Huynh, le 13 novembre 1981 : « Sur la dosimétrie neutronique »;

— par J.-M. Chartier, avec une introduction de P. Carré, le 24 mars 1982 : « Sur une nouvelle définition du mètre; mise en pratique; rôle du BIPM »;

— par D. Reymann, le 27 avril 1982 : « Réalisation d'enceintes thermorégulées pour la conservation des piles étalons »;

— par J. W. Müller, le 12 mai 1982 : « La méthode d'échantillonnage sélectif »;

— par M. Gläser, le 16 juin 1982 : « Utilisation de lasers asservis sur une raie d'absorption comme étalons de longueur d'onde dans le visible ».

### Visites et stages au BIPM

Plusieurs visites ont été organisées pour des groupes d'étudiants : Technische Hogeschool, Delft, Pays-Bas (groupe de physique nucléaire), le 3 novembre 1981; École Normale Supérieure, Paris, le 16 février 1982; École d'Ingénieurs de Lausanne, Suisse, le 27 mai 1982; École Supérieure de Métrologie, Paris, le 11 juin 1982; École Supérieure de l'Instituto y Observatorio de Marina, San Fernando, Espagne, le 1<sup>er</sup> juillet 1982.

Mlle M.-T. Niatel et Mme M. Boutillon (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Paris) et Mme A.-M. Perroche (Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, Paris) poursuivent leur participation au travail de la section des rayonnements ionisants (rayons X et  $\gamma$ , électrons).

Nous entretenons des contacts réguliers avec MM. P. Cérez (LHA, Orsay), P. Bouchareine et Y. Millérioux (INM, Paris), A. Le Floch et G. Stephan (Université de Rennes) et A. Michel (ETCA, Paris), notamment dans le cadre de nos études sur les lasers.

Dans le cadre des comparaisons internationales de gravimètres, plusieurs stages ont eu lieu à la section de gravimétrie :

— MM. J. D. Boulanger (Académie des Sciences de l'URSS, Moscou), S. Scheglov (Institut de Physique du Globe, Moscou), G. P. Arnautov, V. P. Koronkevich, E. N. Kalish, J. F. Stus, V. G. Tarassjuk (Institut d'Automation et d'Électrométrie, Novosibirsk), du 19 octobre au 9 novembre 1981;

— MM. J. E. Faller, M. A. Zumberge (Joint Institute for Laboratory Astrophysics, Boulder), J. A. Hammond, R. W. Sands, W. G. Spita (US Air Force Geophysics Laboratory, Boston), deux semaines environ à partir du 19 octobre 1981;

— MM. R. Brein, H. Beetz, K. Kuhl (Institut für Angewandte Geodäsie, Frankfurt am Main), du 27 octobre au 1<sup>er</sup> novembre 1981;

— MM. L. Cannizzo, F. Alasia (IMGC, Turin), I. Marson (Istituto di Miniere e Geofisica Applicata, Trieste), du 14 au 18 avril 1982.

MM. J. Blabla et J. Šmydke (CSMU, Tchécoslovaquie) ont apporté au BIPM deux lasers à He-Ne asservis sur l'iode à  $\lambda = 633$  nm et ont participé, du 29 septembre au 10 octobre 1981, à leur comparaison avec les lasers du BIPM.

Mr C. Ballaux (Centre d'Études Nucléaires, Mol, Belgique) a effectué un stage au BIPM du 5 au 30 octobre 1981; il a participé activement aux travaux du laboratoire de mesure des radionucléides.

Mr le Prof. Ritter (Université de Virginie) a fait au BIPM, le 16 octobre 1981, un exposé sur « Inertial clock for precision time measurement ».

MM. F. Bertinetto, G. B. Picotto et P. Cordiale (IMGC, Turin) ont participé, du 10 au 20 novembre 1981, aux comparaisons de leurs lasers à He-Ne asservis sur l'iode à  $\lambda = 633$  nm et  $\lambda = 612$  nm avec ceux du BIPM.

MM. H. Schrader et E. Funck (PTB, Braunschweig) sont venus au BIPM les 26 et 27 novembre 1981 pour discuter des problèmes de mesure des radionucléides. Ils ont visité les sections des rayonnements ionisants et de gravimétrie.

Mr J. J. Broerse (Radiobiological Institute TNO, Rijswijk) est venu discuter avec le groupe des mesures neutroniques le 9 décembre 1981 et nous a apporté une chambre d'ionisation ( $1 \text{ cm}^3$ ) fabriquée dans son laboratoire.

A l'occasion de la comparaison des étalons de résistance et de capacité du NPL à ceux du BIPM, du 29 au 31 mars 1982, Mr R. G. Jones (NPL) a étudié nos installations et nos méthodes de mesure.

Mr Chang Kyung Ho (Korea Standards Research Institute) a séjourné 11 jours en avril, mai et juin 1982 à la section des masses, pendant l'étude de l'étalon de 1 kg N° 39 en platine iridié, appartenant à la République de Corée.

Mr. A. Leitner (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Autriche) a participé, du 19 au 23 avril 1982, à la comparaison de l'étalon

d'exposition de son laboratoire à celui du BIPM (rayons X du domaine 100 à 250 kV); il a visité les sections des longueurs, des lasers et des masses.

Mr J.-E. Grinborg, National Institute of Radiation Protection (Suède), a participé, du 26 avril au 7 mai 1982, à l'étalonnage de chambres de transfert de son laboratoire (rayons X du domaine 100 à 250 kV et cobalt-60).

Profitant de son passage au BIPM à l'occasion du transport d'étalons électriques, le 11 mai 1982, Mme J. Pantélic (Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux de la Yougoslavie) a visité l'ensemble des laboratoires d'électricité et s'est particulièrement intéressée aux mesures de résistance.

MM. Salvadori et Bartolotta (Istituto Superiore di Sanità, Rome) sont venus, le 1<sup>er</sup> juin 1982, discuter d'une future comparaison d'étalons d'exposition (rayons X du domaine de 10 à 50 kV).

MM. A. Williams (Department of Industry, London) et P. B. Clapham (NPL) ont visité le BIPM le 7 juillet 1982. Mr Williams s'est intéressé particulièrement à la méthode d'échantillonnage sélectif.

Mr M. Volet, étudiant à l'Université de Grenoble, a effectué un stage au BIPM du 12 juillet au 27 août 1982; il a participé aux travaux de la section des lasers et a étudié plusieurs problèmes mathématiques : ajustements par la méthode des moindres carrés, inversion de séries entières.

MM. P. Christmas (NPL) et K. Debertin (PTB) sont venus au BIPM, le 3 septembre 1982, pour discuter des problèmes de la mesure des radionucléides. Le premier a aussi visité le laboratoire de gravimétrie.

Mlle I. Staneff (Institute of Nuclear Physics and Engineering, Bucarest) a visité le laboratoire de mesure des radionucléides, le 8 septembre 1982.

Mr M. Seabra, Direccção-Geral da Qualidade (Portugal) a séjourné du 13 au 24 septembre 1982 à la section des masses; il a visité d'autre part les sections des longueurs, de thermométrie et de barométrie.

Mr C. E. de Almeida, qui dirige maintenant l'Instituto de Radioproteção e Dosimetria, CNEN, Rio de Janeiro, a visité le 14 septembre 1982 la section des rayonnements ionisants. Il s'est particulièrement intéressé à l'étalonnage des chambres d'ionisation et aux mesures d'activité des radionucléides.

Parmi les visites de courte durée, nous mentionnerons celles de :

— Mr Jeudy (NRC, Ottawa), le 19 octobre 1981 (gravimétrie, stabilisation des lasers);

— MM. P. Gill (NPL, Teddington) et J. Helmcke (PTB, Braunschweig), le 20 octobre 1981 (remplissage des cuves à iode);

— Mr M. Ohstu (NRLM, Tokyo), le 21 octobre 1981 (lasers);

— Mr J. A. Hall (JILA, Boulder), le 23 octobre 1981 (discussions sur les défauts des asservissements de lasers à He-Ne asservis sur le méthane);

— MM. O. Tetsuro, A. Minoru, T. Kiichi (NEC, Japon) et J. C. Beck (NEC, France), le 24 novembre 1981 (discussions sur la mise au point de tubes lasers à He-Ne possédant les deux fenêtres à l'incidence de Brewster);

- Mr P. Iordachescu (Institut de Métrologie, Bucarest), le 11 décembre 1981 (longueurs, interférométrie, lasers);
- MM. P. Blazer et Rudli (Office Fédéral de Métrologie, Suisse), le 15 décembre 1981 (électricité, masses);
- Mr F. Amoudry (Commissariat à l'Énergie Atomique, Montrouge, France), le 16 décembre 1981 (spectrométrie alpha);
- Mr I. Thoren (Statens Provningsanstalt, Suède), le 25 janvier 1982 (discussions sur les comparaisons de piles étalons);
- Mr M. Kochsiek (PTB), le 4 février 1982 (échange de vues sur l'activité de Groupes de travail du CCM);
- Mr Van de Gaer (Service belge de la Métrologie), les 9 et 10 février 1982 (longueurs, électricité);
- Mr F. Delahaye (LCIE), le 9 mars 1982 (discussions sur la comparaison des piles et sur l'effet von Klitzing);
- Mr Zenov (Comité d'État de Normalisation de la Bulgarie), le 6 avril 1982 (électricité et la plupart des autres sections);
- Mr Théron (Société « Le Calibre », France), le 14 avril 1982 (longueurs et interférométrie);
- Mr E. G. Thwaite (CSIRO, Division of Applied Physics, Australie), le 22 avril 1982 (comparaison internationale de mesure de règles divisées; incertitudes);
- Mr N. Bignell (CSIRO, Australie), le 19 mai 1982 (échange de vues sur l'influence des gaz dissous sur la masse volumique de l'eau);
- Mr B. Ricketts (CSIRO, Australie), le 24 mai 1982 (discussions sur les mesures de force électromotrice et d'impédance);
- Mr A. N. Titov (IMPR, Moscou), le 2 juin 1982 (effets de saturation dans un milieu gazeux);
- Mr B. Grennberg (anciennement Institute of Physics, Uppsala, Suède), le 18 juin 1982 (laboratoire des rayonnements ionisants).

## V. — COMPTES

Les tableaux suivants sont la reproduction des tableaux qui figurent dans le « Rapport Annuel sur la situation administrative et financière du Bureau International des Poids et Mesures » relatif à l'exercice 1981.

**Compte I. — Fonds ordinaires**

**RECETTES**

	francs-or
ACTIF AU 1 <sup>er</sup> JANVIER 1981 . . . . .	7 819 501,18
Recettes budgétaires . . . . .	10 050 896,05
Différences de change . . . . .	553 507,17
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1981 . . . . .	2 575 562,79
Total . . . . .	<u>20 999 467,19</u>

**DÉPENSES**

	francs-or
Dépenses budgétaires . . . . .	10 559 254,88
Versement au compte « Remboursement aux États » . . . . .	48 211,00
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1981 . . . . .	10 392 001,31
Total . . . . .	<u>20 999 467,19</u>

**DÉTAIL DES RECETTES BUDGÉTAIRES**

Versements de contributions :

	francs-or
au titre de l'exercice 1981 . . . . .	7 322 656
au titre des exercices antérieurs . . . . .	820 904
au titre de l'exercice 1982 . . . . .	692 203
Intérêts des fonds . . . . .	766 836,92
Taxes de vérification . . . . .	63 650,29
Remboursement des taxes sur les achats . . . . .	379 360,23
Recettes diverses . . . . .	5 285,61
Total . . . . .	<u>10 050 896,05</u>

*Versements des contributions.* — Les versements des contributions effectués au cours de l'année 1981 sont portés en caractères gras au tableau de la page 20. Ils s'élèvent à 8 835 763 francs-or, dont 7 322 656 au titre de l'exercice 1981, 692 203 au titre de celui de 1982 et 820 904 au titre des exercices antérieurs. La majorité des contributions a été versée en francs français.

Le total des contributions restant dues est de 1 669 660 francs-or au 31 décembre 1981, contre 1 409 977 francs-or au 31 décembre 1980.

*Dépenses du Compte I.* — Les dépenses budgétaires (tableau ci-dessous) s'élèvent à 10 559 254,88 francs-or, à rapprocher d'une prévision budgétaire de 9 660 000 francs-or.

DÉTAIL DES DÉPENSES BUDGÉTAIRES

Chapitres	Dépenses de l'exercice	Prévisions budgétaires	Économies	Dépassements
<i>A. Dépenses de personnel :</i>				
1. Traitements . . . . .	4 301 795,51	4 500 000	198 204,49	—
2. Allocations familiales . . . . .	421 644,29	280 000	—	141 644,29
3. Sécurité Sociale . . . . .	319 784,30	285 000	—	34 784,30
4. Assurance-accidents . . . . .	43 000,90	45 000	1 999,10	—
5. Caisse de Retraites <sup>(a)</sup> . . . . .	800 000,00	800 000	—	—
<i>B. Dépenses de fonctionnement :</i>				
1. Mobilier . . . . .	31 401,20	55 000	23 598,80	—
2. Laboratoires et Ateliers . . . . .	853 962,08	760 000	—	93 962,08
3. Chauffage, eau, énergie électrique . . . . .	213 434,55	211 000	—	2 434,55
4. Assurances . . . . .	18 749,72	30 000	11 250,28	—
5. Impressions et publications . . . . .	52 840,03	85 000	32 159,97	—
6. Frais de bureau . . . . .	135 106,00	125 000	—	10 106,00
7. Voyages et transports d'appareils . . . . .	128 090,01	160 000	31 909,99	—
8. Entretien courant . . . . .	55 662,89	50 000	—	5 662,89
9. Bureau du Comité . . . . .	24 000,00	24 000	—	—
<i>C. Dépenses d'investissement :</i>				
1. Laboratoires . . . . .	1 425 067,41	1 045 000	—	380 067,41
2. Atelier de mécanique . . . . .	107 254,80	100 000	—	7 254,80
3. Atelier d'électronique . . . . .	4 143,27	20 000	15 856,73	—
4. Bibliothèque . . . . .	81 170,75	35 000	—	46 170,75
<i>D. Dépenses de bâtiments <sup>(b)</sup></i>				
(gros travaux d'entretien et de rénovation) . . . . .	1 037 140,34	800 000	—	237 140,34
<i>E. Frais divers <sup>(c)</sup></i>				
Frais divers . . . . .	76 306,55	200 000	123 693,45	—
<i>F. Utilisation de monnaies non convertibles . . . . .</i>				
	428 700,28	50 000	—	378 700,28
<b>Totaux . . . . .</b>	<b>10 559 254,88</b>	<b>9 660 000</b>	<b>438 672,81</b>	<b>1 337 927,69</b>

<sup>(a)</sup> virement au compte II (Caisse de Retraites)  
<sup>(b)</sup> dont virement de 300 000 francs-or au compte V (provisions bâtiment)  
<sup>(c)</sup> dont virement de 10 900 francs-or au compte IV (caisse de prêts)

*Équilibre du budget.* — Le dépassement global des dépenses est dû à deux causes principales. D'une part l'apurement d'un compte en monnaie non convertible correspond à une livraison d'équipement scientifique attendue depuis plusieurs années. D'autre part la hausse brutale des cours de certaines devises a entraîné un accroissement des dépenses pour le matériel d'origine étrangère payé en francs français. On notera à ce sujet que le total « Recettes budgétaires + Différences de change » couvre précisément les « Dépenses budgétaires ».

**Compte II. — Caisse de retraites**

**RECETTES**

	francs-or
ACTIF AU 1 <sup>er</sup> JANVIER 1981 .....	2 599 050,11
Intérêts des fonds .....	299 347,95
Retenues sur les traitements .....	233 944,34
Virement du Compte I .....	800 000,00
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1981 .....	<u>1 052 252,56</u>
Total .....	<u>4 984 594,96</u>

**DÉPENSES**

	francs-or
Pensions servies .....	738 917,10
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1981 .....	<u>4 245 677,86</u>
Total .....	<u>4 984 594,96</u>

**Compte III. — Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique**

Ce compte n'a enregistré en 1981 aucun mouvement en recettes ou dépenses, à l'exception de la réévaluation de l'actif au 31 décembre 1981 :

**RECETTES**

	francs-or
ACTIF AU 1 <sup>er</sup> JANVIER 1981 .....	441 792,00
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1981 .....	<u>145 573,08</u>
Total .....	<u>587 365,08</u>

**DÉPENSES**

	francs-or
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1981 .....	<u>587 365,08</u>

**Compte IV. — Caisse de prêts sociaux**

RECETTES

		francs-or
ACTIF AU 1 <sup>er</sup> JANVIER 1981	21 195,19	} 83 011,67
Créances au 1 <sup>er</sup> janvier 1981	61 816,48	
Créances nouvelles en cours d'année		40 782,14
Virement du compte I		10 900,00
Amortissements partiels des prêts :		
Capital	61 267,44	} 62 977,50
Intérêts	1 710,06	
Total		<u>197 671,31</u>

DÉPENSES

		francs-or
Prêts consentis		40 782,14
Créances amorties en cours d'année		61 267,44
Créances au 31 décembre 1981	41 331,16	} 95 621,73
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1981	54 290,57	
Total		<u>197 671,31</u>

**Compte V. — Réserve pour les bâtiments**

RECETTES

		francs-or
ACTIF AU 1 <sup>er</sup> JANVIER 1981		300 000,00
Virement du Compte I		300 000,00
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1981		197 703,56
Total		<u>797 703,56</u>

DÉPENSES

	francs-or
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1981	<u>797 703,56</u>

**BILAN**

AU 31 DÉCEMBRE 1981

	francs-or
Compte I « Fonds ordinaires » .....	10 392 001,31
Compte II « Caisse de retraites » .....	4 245 677,86
Compte III « Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique » .....	587 365,08
Compte IV « Caisse de prêts sociaux » .....	95 621,73
Compte V « Réserve pour les bâtiments » .....	797 703,56
ACTIF NET .....	<u>16 118 369,54</u>

Cet actif se décompose comme suit :

a. Fonds déposés en banque :

	francs-or
1° En monnaie française (1 FF = 0,551109935 FO) .....	2 015 741,62
2° En monnaie U.S.A. (1 \$ = 5,748 FF = 3,167779908 FO) .....	5 308 619,00
3° En monnaie suisse (1 FS = 3,1815 FF = 1,753356259 FO) .....	4 943 859,00
4° En monnaie britannique (1 £ = 10,914 FF = 6,014813835 FO) ..	76 107,48
5° En monnaie allemande (1 DM = 2,5325 FF = 1,395685911 FO) ..	3 749 617,00
6° En monnaie hongroise (1 Ft = 0,131546 FF = 0,072496811 FO) ..	7 262,60
7° En monnaie polonaise (1 Zl = 0,139519 FF = 0,076890558 FO) ..	59 287,30
b. Espèces en caisse .....	19 667,38
c. Créances de la Caisse de prêts sociaux .....	41 331,16
Total .....	<u>16 221 492,54</u>

A déduire :

Provision pour remboursements aux États (*) .....	103 123,00
ACTIF NET .....	<u>16 118 369,54</u>

(\*) *Compte « Remboursement aux États »*

	francs-or
Situation au 1 <sup>er</sup> janvier 1981 .....	54 912,00
Recouvrements en cours d'année sur le Chili	
solde contribution 1978 .....	1 388
contribution 1979 .....	33 300
acompte contribution 1980 .....	13 523
	} .....
	48 211,00
Situation au 31 décembre 1981 .....	<u>103 123,00</u>

---

RAPPORT  
DU  
COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA MASSE ET LES GRANDEURS APPARENTÉES  
(1<sup>re</sup> Session — 1981)  
AU  
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES  
Par M. KOCHSIEK, Rapporteur

---

Le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM) a tenu sa première session au Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres, du mardi 23 juin au jeudi 25 juin 1981.

Étaient présents :

A. PERLSTAIN, membre du CIPM, président du CCM.

Les délégués des laboratoires membres :

Bureau National de Métrologie, Paris: Institut National de Métrologie [INM] du Conservatoire National des Arts et Métiers (P. RIÉTY).

Conseil National de Recherches [NRC], Ottawa (G. CHAPMAN).

CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Lindfield (D. B. PROWSE).

Institut National de Métrologie [NIM], Beijing (SHI Changyan).

Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMG], Turin (Mme M. PLASSA, A. BRAY, G. F. MOLINAR).

National Bureau of Standards [NBS], Washington (D. R. FLYNN, C. R. TILFORD, R. S. DAVIS).

National Physical Laboratory [NPL], Teddington (D. P. THURNELL-READ, P. R. STUART).

National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Ibaraki (K. IZUKA).

Office Fédéral de Métrologie [OFMET], Wabern (J.-G. ULRICH).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig  
(M. KOCHSIEK).

Van Swinden Laboratorium [VSL], Delft (R. MUIJLWIJK).

Le Directeur du BIPM (P. GIACOMO).

Invité :

Československý Metrologický Ústav [CSMU], Bratislava  
(R. SPURNY).

Assistaient aussi à la session : T. J. QUINN, sous-directeur du BIPM;  
J. TERRIEN, directeur honoraire du BIPM; P. CARRÉ, G. GIRARD,  
A. SAKUMA, R. P. HUDSON, J. BONHOURE, Mme M.-J. COARASA,  
(BIPM).

Absent :

Institut de Métrologie D. I. Mendéléev, Leningrad.

## 1. Ouverture de la Session

Le Président ouvre la séance et souhaite la bienvenue aux participants.  
M. Kochsiek est nommé rapporteur et l'Ordre du jour est adopté.

Le Président présente l'historique des Recommandations du Comité International des Poids et Mesures (CIPM) de 1889 jusqu'à la formation, au cours des dernières années, de Groupes de travail dans les domaines concernant les mesures de masse, de force et de pression. Le Président remercie les membres de ces Groupes de travail dont les rapports seront étudiés au cours de la session. Le directeur du BIPM décrit les tâches d'un Comité Consultatif et souligne quelques détails relatifs à l'organisation. Les documents de travail ont été distribués à l'avance, par courrier; quelques documents de travail supplémentaires sont distribués au début de la session. La liste de ces documents est donnée en Annexe G 1.

Il est décidé que la dénomination de ce Comité Consultatif sera : « Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées » et son abréviation « CCM ».

## 2. Travaux à poursuivre ou à entreprendre

### 2.1. Masse

Une réunion concernant les mesures de masse s'est tenue en novembre 1976 au cours de laquelle trois Groupes de travail ont été créés (CCM/81-2).

### *Formule pour la détermination de la masse volumique de l'air humide*

La masse volumique de l'air ambiant intervient dans les comparaisons de masse où l'on doit tenir compte de la poussée de l'air. Elle est généralement calculée à partir des conditions ambiantes (pression, température, hygrométrie).

Le rapport du Groupe de travail Masse-1 (GT Masse-1) sur la formule pour la détermination de la masse volumique de l'air humide (CCM/81-5) est présenté. Pour le calcul de la masse volumique, diverses formules ont été employées dans le passé; le GT Masse-1 propose un mode de calcul unifié qui devrait permettre à l'avenir d'obtenir un meilleur accord entre les résultats des comparaisons de masse effectuées dans des laboratoires différents. Les incertitudes liées à l'application de cette formule ont été étudiées par le BIPM (CCM/81-6). Mr Riéty précise que des formules plus simples peuvent être données pour un domaine limité de grandeurs d'influence correspondant aux conditions de travail habituelles dans un laboratoire (CCM/81-31). Conformément à une suggestion de Mr Kochsiek (CCM/81-11), la rédaction de l'introduction est retouchée afin de mieux présenter la formule (1). Après une longue discussion, il est convenu de recommander au CIPM d'accepter la formule élaborée et de conseiller aussi son emploi dans d'autres domaines [Recommandation G 1 (1981)] (*voir p. G 10*).

Mr Quinn signale une difficulté relative à la valeur de la constante universelle des gaz  $R$ . Pour calculer la masse volumique de l'air, on a utilisé la valeur recommandée actuellement par CODATA. Étant donné, d'une part, que CODATA est en train d'élaborer une nouvelle valeur de  $R$  et, d'autre part, qu'une détermination expérimentale plus précise de la masse volumique de l'air pourrait nécessiter une modification des formules, on décide d'appeler cette formule « Formule pour la détermination de la masse volumique de l'air humide (1981) ».

La Comisión Nacional de Metrología y Metrotecnia (Espagne) a signalé dans une lettre qu'elle avait cru trouver une erreur dans la formule 12, mais après un contrôle, celle-ci s'avère correcte.

Il serait désirable de publier ce document en français et en anglais.

Le CCM remercie les membres du GT Masse-1, MM. Carré, Riéty, Jones et Kochsiek, pour le travail fourni et décide la dissolution de ce Groupe de travail.

### *Étalons primaires en acier inoxydable*

Il y a quelques années (entre 1976 et 1978), le Groupe de travail Masse-3 (GT Masse-3) a élaboré un questionnaire relatif aux étalons de masse (CCM/81-13 A). Un rapport (CCM/81-13 B) et divers documents (CCM/81-13 C à H) ont été diffusés. Une partie de ces informations ainsi rassemblées est relative aux étalons en acier inoxydable. Elle est complétée par les délégués. Les questions suivantes se posent : faut-il que la matière ait une masse volumique proche de la valeur de référence de  $8\,000\text{ kg/m}^3$

fixée par la métrologie légale ? — Quel est le matériau le plus approprié ? — Quelles sont les exigences relatives à la surface et à son usinage ?

Il est souvent difficile de se procurer les matériaux nécessaires. La plupart des instituts nationaux mettent à l'épreuve des aciers austénitiques, inoxydables et presque non-magnétiques, présentant des teneurs élevées en Cr (plus de 20 %) et en Ni (plus de 20 %). Les noms commerciaux sont entre autres : Nimonic 105, Immaculate 5 (NPL, IMG), Contraperm (PTB, OFMET), Alacrite (INM); voir aussi le document CCM/81-13 E (ASMW).

Mr Thurnell-Read signale des possibilités de surfaçage évitant l'incrustation d'impuretés :

- a) Surfaçage au tour à l'aide d'outils à pastille de diamant, méthode pratiquée au BIPM pour la finition des étalons en platine iridié (CCM/81-13 H).
- b) « Laser glazing », nouveau procédé mis au point par l'Imperial College de l'Université de Londres.

En raison du lien avec la métrologie légale, une masse volumique de 8 000 kg/m<sup>3</sup> est préférable bien que, dans le domaine scientifique, la valeur de la masse volumique des étalons ne joue qu'un rôle mineur (voir aussi le document CCM/81-25).

Le CCM crée un Groupe de travail « Étalons de masse en acier inoxydable », dont les tâches seront d'analyser les travaux réalisés jusqu'ici, de stimuler des recherches et éventuellement de proposer, à une date ultérieure, un matériau à employer par tous les laboratoires. La présidence en est assurée par Mme Plassa (IMG). (La liste des membres figure à la page G 12, de même que celle des autres Groupes de travail).

#### *Conservation des étalons*

Mr Girard présente le rapport sur les activités du Groupe de travail Masse-3 (CCM/81-13 A à H). Le président, de même que Mr Giacomo, précisent qu'au fur et à mesure que l'écart-type des balances diminue, les problèmes du nettoyage et de la conservation des étalons de masse prennent de l'importance.

Mr Quinn résume les travaux effectués au BIPM pour réaliser de nouveaux étalons en platine iridié (CCM/81-13 H) en évitant l'incrustation superficielle d'impuretés grâce à l'utilisation d'outils à pastille de diamant.

Mr Thurnell-Read décrit les expériences faites avec le prototype N° 18 en platine iridié. Il a constaté qu'après nettoyage, la masse de celui-ci présente, par rapport à la moyenne d'un ensemble d'étalons, des variations brusques et pas toujours reproductibles. Mme Plassa attire l'attention sur le fait que des résidus de détergent restent à la surface des étalons (CCM/81-32).

Mr Muijlwijk signale que le VSL effectue actuellement des comparaisons de masse sous vide.

Le CCM décide que le GT Masse-3 continuera ses activités : évaluer les

résultats obtenus jusqu'ici et stimuler de nouvelles recherches. Ce Groupe de travail porte le nom de Groupe de travail « Conservation des étalons de masse »; Mr Girard (BIPM) en assure la présidence (*voir* page G 12).

#### *Mesure directe de la masse volumique de l'air*

MM. Davis, Prowse et Iizuka présentent le rapport du Groupe de travail Masse-2 sur les résultats de mesures directes de la masse volumique de l'air (CCM/81-12). Des effets « superficiels » inconnus jusqu'ici posent des problèmes. Les meilleurs résultats donnent une incertitude ( $3\sigma$ ) de  $\pm 3,5 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$  (CCM/81-19).

Le Groupe de travail doit continuer ses travaux, à savoir : susciter des mesures dans des atmosphères définies, évaluer les résultats et comparer la masse volumique de l'air calculée selon la formule recommandée avec les valeurs expérimentales. Ce Groupe est dénommé Groupe de travail « Mesure directe de la masse volumique de l'air »; Mr Prowse (CSIRO) en est le président (*voir* page G 12).

#### *Terminologie : masse et poids*

Le Président constate que le deuxième alinéa de la déclaration de la 3<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures (1901) \*, « Le terme *poids* désigne une grandeur de la même nature qu'une *force*... », donne lieu à des contestations d'ordre terminologique. De l'avis des délégués présents, s'il y a des difficultés concernant le sens des termes « masse », « poids », « poids étalon », etc., ce n'est pas dans le domaine scientifique mais dans le langage courant. Certains pays où l'adoption du système SI est récente, éprouvent des difficultés particulières. Ce problème fait l'objet de deux documents (CCM/81-23 et 29).

Une longue discussion s'ensuit, au cours de laquelle diverses suggestions sont avancées : définir, par exemple, le poids comme l'indication donnée par une balance et la « gravitance » comme la force de pesanteur; se référer à l'OIML et à l'ISO, considérées comme plus compétentes en la matière; savoir si, dans le langage populaire, le mot poids a le sens de force de pesanteur plutôt que celui de masse; créer un nouveau Groupe de travail.

Le Président résume la situation. Il ne faut pas s'attendre à une solution rapide. Il faut connaître le point de vue de l'OIML à cet égard, puisque les problèmes relèvent du domaine de la métrologie légale. Le CCM formule la déclaration suivante :

« Dans la discussion concernant l'usage des mots « masse » et « poids », le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs

---

\* Le texte de cette déclaration figure dans les *Comptes Rendus des séances de la 3<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures*, 1901, p. 70 et est reproduit dans *Le Système International d'Unités (SI)*, 1981, 4<sup>e</sup> édition, p. 22.

apparentées (CCM) a exprimé l'opinion qu'aucune difficulté sérieuse n'apparaît en métrologie scientifique.

« Cependant, le CCM a été informé que dans le domaine de la métrologie légale, les difficultés sont sérieuses.

« Le CCM a le sentiment que le Comité International de Métrologie Légale devrait être consulté sur les problèmes posés par les mots « masse » et « poids ». »

### *Balances*

Ces dernières années, quelques balances à bras égaux ont été révisées et améliorées (p. ex. : CCM/81-22). Les écarts-types ont pu être réduits à 1  $\mu\text{g}$  pour 1 kg de charge maximale. A l'avenir, l'entretien des anciennes balances de haute précision deviendra difficile, puisqu'il n'y a plus que deux fabricants de telles balances dans le monde (Chyo Balance Corporation à Kyoto (Japon) et Voland Corporation à New Rochelle (USA)).

Pour l'étude du comportement de la surface des étalons de masse, il serait souhaitable que quelques laboratoires reprennent le problème des pesées sous vide.

Dans l'avenir il semble que les balances seront probablement munies de suspensions flexibles à la place des couteaux, qu'elles opéreront automatiquement dans une enceinte à atmosphère régulée et seront de construction symétrique, en particulier en ce qui concerne le fléau (*voir* aussi le document CCM/81-21).

### *Masse volumique de l'eau*

La masse volumique de l'eau intervient dans la plupart des mesures de volume et de masse volumique et, en particulier, dans les comparaisons de masses lorsque l'on veut déterminer la correction due à la poussée de l'air.

Des mesures de la masse volumique de l'eau et de différents corps solides sont effectuées dans plusieurs laboratoires. Mr Giacomo mentionne les travaux de détermination de la masse volumique de l'eau et des étalons de masse, (CCM/81-24, 27, 28), travaux importants pour la métrologie des masses.

Le BIPM a surtout étudié les effets de la composition isotopique de l'eau et des gaz atmosphériques dissous sur la masse volumique de l'eau. Le CSIRO et le NRLM ont déterminé la valeur absolue de la masse volumique de l'eau de 0 °C à + 44 °C et, en particulier, sa valeur maximale à  $t = 3,989$  °C.

Présentement, l'IMGC et la PTB font des mesures à l'aide de corps en Zerodur.

Une discussion s'engage sur le nettoyage des surfaces des solides. Dans les conditions d'environnement habituelles, des couches minces d'eau sur les surfaces sont inévitables; 2  $\mu\text{g}/\text{cm}^2$  correspondent à environ 50 couches moléculaires d'eau. Le nettoyage à l'eau, à l'alcool éthylique ou à l'alcool

méthylrique donne de bons résultats soit par lavage suivant le procédé habituel, soit en utilisant un bain à ultrasons et en procédant ensuite à un chauffage sous vide à 150 °C. Mme Plassa signale que si l'on emploie des solvants tels que l'acétone, des traces du solvant absorbées à la surface peuvent être décelées au moyen d'un spectromètre de masse. Mr Stuart mentionne un détergent fabriqué par la Société Shell (Teepol).

## 2.2. Force

Mr Bray présente un rapport sur les activités du Groupe de travail créé en mars 1980 lors de la réunion concernant les mesures de force (CCM/81-4, 14). Il souligne en particulier que des programmes de comparaison de machines de mesure de force sont entrepris au sein de la Communauté Européenne et qu'il est envisagé d'étendre ces mesures comparatives à tous les laboratoires intéressés.

Le Président explique que la force, qui est une grandeur apparentée, devrait plutôt être traitée par les services d'étalonnage. Une discussion suit pour déterminer dans quelle mesure le CCM doit s'occuper des mesures de force. Les participants constatent que les mesures de force nécessaires pour les besoins industriels incombent aux laboratoires nationaux. Pour diverses raisons (personnel, installations), le BIPM ne peut que coordonner les travaux. En raison de la complexité du problème, le NPL procédera à des comparaisons entre les installations existant en Europe et aux États-Unis, la PTB effectuant des mesures comparatives avec celles d'Europe et d'Asie.

Le Groupe de travail existant continuera ses activités sous la présidence de Mr Bray (IMGC); son nom est Groupe de travail « Force » (*voir* page G 13).

## 2.3. Pression

Dans le domaine des mesures de pression, quatre Groupes de travail ont été créés en mars 1979 lors de la réunion concernant les mesures de pression (CCM/81-3). Ils ont déjà préparé des comparaisons. Il est décidé de les maintenir en activité comme Groupes de travail du CCM.

### *Moyennes pressions*

Mr Stuart présente un rapport sur les travaux en cours dans le domaine de 1 kPa à 1 MPa (CCM/81-8, 16, 34). Les membres du Groupe de travail estiment qu'une balance de pression (jauge à piston) sera le meilleur étalon de transfert (*voir* à ce sujet le document CCM/81-33). L'appareillage est en cours d'assemblage et d'étalonnage. Il comprend deux ensembles piston-cylindre du commerce spécialement choisis et une base construite spécialement pour que les mesures de température et de vide soient plus aisées. Une discussion s'engage : l'appareillage prévu répond-il de façon

optimale aux exigences requises ou la cellule à point triple de l'argon serait-elle un meilleur étalon de transfert ? Il est clair qu'étalon de transfert et étalon de laboratoire sont deux choses différentes. Il faut examiner d'abord la qualité de l'étalon de transfert choisi avant de discuter de l'étalon de transfert optimal.

Ce Groupe de travail continuera ses activités sous la présidence de Mr Stuart (NPL); son nom est Groupe de travail « Moyennes pressions » (voir page G 13).

#### *Hautes pressions*

Mr Molinar présente un rapport détaillé sur les travaux en cours dans le domaine des pressions supérieures à 1 MPa (CCM/81-3, 7, 15). Il signale qu'en juin 1981, huit laboratoires commenceront des mesures comparatives, à plusieurs niveaux de pression, entre les étalons nationaux. Le Groupe de travail s'intéresse aussi aux très hautes pressions à partir de 100 MPa.

Ce Groupe de travail est placé sous la présidence de Mr Molinar (IMGC) et dénommé Groupe de travail « Hautes pressions » (voir page G 13).

#### *Basses pressions*

Mr Tilford explique le travail et les objectifs du Groupe de travail dans le domaine des pressions de 1 Pa à 1 kPa (CCM/81-9, 17). Les premiers résultats de la comparaison NBS-NPL ont été présentés.

Ce Groupe de travail est présidé par Mr Tilford (NBS) et dénommé Groupe de travail « Basses pressions » (voir page G 14).

#### *Très basses pressions*

Mr Kochsiek présente un bref rapport sur le travail et les objectifs du Groupe de travail dans le domaine des pressions de  $10^{-4}$  à 1 Pa (CCM/81-18). Mr Iizuka signale un étalon de mesure du vide de l'Electrotechnical Laboratory au Japon (CCM/81-30).

Ce Groupe de travail est présidé par Mr Messer (PTB) et dénommé Groupe de travail « Très basses pressions » (voir page G 14).

### **3. Questions diverses**

#### **Masse volumique de liquides et de solides**

Mr Davis propose que le CCM s'occupe, en plus de la masse volumique de l'eau, de la masse volumique de solides, particulièrement en raison de l'importance actuelle des mesures visant à déterminer la constante d'Avogadro. Mr Prowse demande que l'on effectue aussi des mesures de la

masse volumique du mercure, car des différences inattendues d'environ  $10^{-6}$  ont été décelées récemment en particulier dans le cas du mercure très pur. Il est décidé de créer un Groupe de travail dont la tâche consistera à analyser les travaux effectués jusqu'ici, à coordonner les travaux courants et à encourager des efforts nouveaux dans ce domaine.

Ce Groupe de travail est placé sous la présidence de Mr Iizuka (NRLM) et dénommé Groupe de travail « Masse volumique de liquides et solides » (*voir* page G 13).

### **Publications dans Metrologia**

Mr Hudson annonce que *Metrologia* continue de paraître sous l'égide du CIPM et que l'on est à la recherche de contributions traitant en particulier de la métrologie des pressions. De même, les résultats de comparaisons seraient appréciés.

### **Activités du BIPM**

Mr Giacomo signale le surcroît de travail du BIPM dans le domaine de la masse où il ne dispose que de deux collaborateurs; il doit donc se borner à poursuivre les travaux déjà engagés (par ex., CCM/81-26) et à préparer la comparaison des prototypes nationaux demandée par la 15<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures.

### **Publication des documents**

Mr Giacomo explique les possibilités de publication dont disposent le CCM et ses Groupes de travail. Les Présidents des Groupes de travail élaborent de brefs rapports annuels ainsi que des rapports plus détaillés pour les séances du CCM après l'achèvement de certains travaux. Ces derniers sont joints au rapport du CCM sous forme d'annexes. Outre la publication dans *Metrologia*, il est possible de publier des contributions en tant que monographies BIPM.

### **Rapport au CIPM**

Le rapport de cette première session du CCM sera présenté au CIPM. Il comportera les deux propositions de Recommandations, l'une G 1 (1981), pour l'adoption de la « Formule pour la détermination de la masse volumique de l'air humide (1981) », l'autre, G 2 (1981), pour encourager les laboratoires nationaux dans la poursuite et l'intensification de leurs travaux dans les domaines intéressant le CCM. La déclaration relative aux mots « masse » et « poids » sera incluse dans le rapport.

### Réunions ultérieures

Mr Tilford propose que toutes les réunions dans le domaine des pressions soient groupées pour réduire les frais de déplacement. Mr Giacomo demande aux Présidents, dans toute la mesure du possible, de travailler par correspondance et de combiner les réunions des Groupes de travail avec d'autres réunions ou conférences. Pour les Groupes de travail une date en 1983 ou juste avant la 2<sup>e</sup> session du CCM en 1984 paraît être raisonnable.

\*  
\* \*

Le Président lève la séance en remerciant les délégués de leur précieuse collaboration. Aux neuf Groupes de travail, il souhaite la pleine réussite de leurs activités.

Novembre 1981, révisé juillet 1982

### **Recommandations du Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées présentées au Comité International des Poids et Mesures**

Calcul de la masse volumique de l'air humide

#### RECOMMANDATION G 1 (1981)

Le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées, *rappelant* les termes de la Résolution I de la 16<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures (1979) et en particulier que les laboratoires doivent intensifier les travaux en vue d'une meilleure détermination de la poussée de l'air,

*considérant*

— que, si l'on calcule la masse volumique de l'air à partir des conditions ambiantes, il y a intérêt à utiliser pour ce calcul une formule unique, bien connue et dont tous les paramètres soient précisés,

— qu'une telle formule a été élaborée par un Groupe de travail international,

— que cette formule peut avoir des applications dans d'autres domaines de la métrologie,

*recommande* que la formule élaborée par ce Groupe de travail soit adoptée pour le calcul des corrections de poussée de l'air dans les pesées de haute précision et soit portée à la connaissance des utilisateurs éventuels dans d'autres domaines.

Poursuite et intensification des travaux

RECOMMANDATION G 2 (1981)

Le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées,

*considérant*

— les Résolutions 3 de la 15<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures et 1 de la 16<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures,

— les besoins métrologiques exprimés par les représentants de laboratoires nationaux lors de la première réunion du Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées,

— l'ampleur des travaux à effectuer dans les différents domaines des mesures de masse, de masse volumique, de force et de pression,

— la difficulté de satisfaire les besoins scientifiques les plus exigeants dans le domaine des mesures de masse volumique et les besoins de la technologie avancée dans le domaine des mesures de force ou de pression,

— le besoin permanent de maintenir la qualité et d'approfondir les connaissances dans le domaine des mesures de masse, en particulier pour fournir les bases des grandeurs précédentes,

*recommande* que les laboratoires nationaux poursuivent et intensifient leurs travaux métrologiques dans ces différents domaines.

---

**Composition des Groupes de travail du CCM  
(1982)**

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

**Groupe de travail « Mesure directe de la masse volumique de l'air »**

- Československý Metrologický Ústav [CSMU], Tchécoslovaquie  
\* CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Australie  
Institut National de Métrologie [NIM], Rép. Pop. de Chine  
National Physical Laboratory [NPL], Royaume-Uni  
National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Japon  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Rép. Féd. d'Allemagne

**Groupe de travail « Conservation des étalons de masse »**

- \* Bureau International des Poids et Mesures [BIPM]  
Institut de Métrologie D. I. Mendéléev [IMM], U.R.S.S.  
National Bureau of Standards [NBS], États-Unis d'Amérique  
National Physical Laboratory [NPL], Royaume-Uni  
National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Japon  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Rép. Féd. d'Allemagne  
Van Swinden Laboratorium [VSL], Pays-Bas

**Groupe de travail « Étalons de masse en acier inoxydable »**

- Bureau International des Poids et Mesures [BIPM]  
Československý Metrologický Ústav [CSMU], Tchécoslovaquie  
Institut National de Métrologie [INM], France  
\* Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Italie  
National Physical Laboratory [NPL], Royaume-Uni  
National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Japon  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Rép. Féd. d'Allemagne

**Groupe de travail « Masse volumique de liquides et solides »**

- Bureau International des Poids et Mesures [BIPM]  
CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Australie  
Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Italie  
National Bureau of Standards [NBS], États-Unis d'Amérique  
National Physical Laboratory [NPL], Royaume-Uni  
\* National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Japon  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Rép. Féd. d'Allemagne

**Groupe de travail « Force »**

- Institut National de Métrologie [NIM], Rép. Pop. de Chine  
\* Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Italie  
Laboratoire National d'Essais [LNE], France  
National Bureau of Standards [NBS], États-Unis d'Amérique  
National Physical Laboratory [NPL], Royaume-Uni  
Országos Mérésügyi Hivatal [OMH], Hongrie  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Rép. Féd. d'Allemagne

**Groupe de travail « Hautes pressions »**

- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen [BEV], Autriche  
Československý Metrologický Ústav [CSMU], Tchécoslovaquie  
Comité d'État de l'U.R.S.S. pour les Normes [GOST], U.R.S.S.  
\* Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Italie  
Laboratoire National d'Essais [LNE], France  
National Bureau of Standards [NBS], États-Unis d'Amérique  
National Physical Laboratory [NPL], Royaume-Uni  
National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Japon  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Rép. Féd. d'Allemagne

**Groupe de travail « Moyennes pressions »**

- Československý Metrologický Ústav [CSMU], Tchécoslovaquie  
CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Australie  
Institut National de Métrologie [INM], France  
National Bureau of Standards [NBS], États-Unis d'Amérique  
\* National Physical Laboratory [NPL], Royaume-Uni

**Groupe de travail « Basses pressions »**

- Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen [BEV], Autriche  
Centre d'Essais en Vol [CEV], France  
CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Australie  
\* National Bureau of Standards [NBS], États-Unis d'Amérique  
National Physical Laboratory [NPL], Royaume-Uni

**Groupe de travail « Très basses pressions »**

- Československý Metrologický Ústav [CSMU], Tchécoslovaquie  
Institut National de Métrologie [NIM], Rép. Pop. de Chine  
Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Italie  
Laboratoire National d'Essais [LNE], France  
National Physical Laboratory [NPL], Royaume-Uni  
\* Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Rép. Féd. d'Allemagne
-

---

RAPPORT  
DU  
COMITÉ CONSULTATIF DE THERMOMÉTRIE  
(14<sup>e</sup> Session — 1982)  
AU  
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

par M. DURIEUX, Rapporteur

---

La 14<sup>e</sup> session du Comité Consultatif de Thermométrie (CCT) s'est tenue au BIPM du 30 mars au 1<sup>er</sup> avril 1982, soit quinze jours après le 6th Symposium on Temperature (Washington), afin de tirer profit des informations apportées par les 182 communications présentées au cours de ce Symposium.

Une réunion officieuse, rassemblant une cinquantaine de personnes, s'est tenue pendant le Symposium pour discuter de l'introduction d'une nouvelle Échelle Internationale Pratique de Température (EIPT) comme le propose le CCT : dans l'ensemble cette proposition a été reçue favorablement, mais a donné lieu à de longues discussions sur les détails.

Étaient présents à la 14<sup>e</sup> session du CCT :

H. PRESTON-THOMAS, membre du CIPM, président du CCT.

Les délégués des laboratoires membres :

Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung  
[ASMW], Berlin (H. MAAS).

Československý Metrologický Ústav [CSMU], Bratislava  
(M. BOROVICKA).

Conseil National de Recherches [NRC], Ottawa (R. E. BEDFORD).

CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Lindfield  
(W. R. G. KEMP, T. P. JONES).

Institut National de Métrologie [NIM], Beijing (LING SHANKANG, LI  
XUMO).

Institut National de Métrologie [INM], Paris (A. MOSER,  
G. BONNIER).

Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Turin (L. CROVINI,  
F. PAVESE).

Kamerlingh Onnes Laboratorium [KOL], Leiden (M. DURIEUX).  
Van Swinden Laboratorium [VSL], Delft (P. BLOEMBERGEN).  
National Bureau of Standards [NBS], Washington (J. F. SCHOOLEY).  
National Physical Laboratory [NPL], Teddington (P. B. COATES,  
R. L. RUSBY).  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig  
(W. THOMAS).

L'un des membres nominativement désignés :

C. A. SWENSON (Ames).

Le directeur du BIPM (P. GIACOMO).

Assistaient aussi à la session : J. TERRIEN, directeur honoraire;  
T. J. QUINN, sous-directeur; J. BONHOURE, R. P. HUDSON et  
G. GIRARD, adjoints au directeur du BIPM.

Excusés : National Research Laboratory of Metrology [NRLM],  
Ibaraki (M. MORIMURA); F. G. BRICKWEDDE (Pennsylvania),  
membre nominativement désigné.

Absents : Institut de Métrologie D. I. Mendéléev (IMM),  
Leningrad; Institut des Mesures Physicotechniques et Radio-  
techniques (IMPR), Moscou.

Voici un résumé des discussions qui ont eu lieu, des remarques faites,  
des propositions et des décisions prises par le CCT.

## 1. Nouvelle EIPT

Trois des quatre Groupes de travail du CCT ont présenté un rapport sur  
la structure possible de la nouvelle EIPT. Les progrès effectués en  
thermométrie au cours des deux dernières années permettent d'être  
relativement optimiste quant aux échéances qui ont été prévues lors de la  
dernière session du CCT, c'est-à-dire soumettre au CIPM une nouvelle  
EIPT en 1986, avec mise en application en 1987; cependant, un retard de  
deux ans ne serait pas surprenant. Les points suivants ont été abordés :

- a) *Mesure des températures thermodynamiques.* — Ces mesures sont  
faites de diverses façons suivant les différents domaines de  
température considérés, dans toutes les régions critiques comprises  
entre le point de congélation de l'or et 4 K.
- b) *Thermomètres à résistance de platine pour la mesure des hautes  
températures.* — On peut maintenant se procurer des thermomètres  
auprès du NBS (États-Unis), de Chino Works (Japon) et du NIM  
(Chine). En particulier, les délégués chinois au CCT ont apporté dix  
thermomètres à répartir entre les laboratoires nationaux pour étude.  
Sept autres thermomètres sont disponibles à Beijing et le NBS en a  
déjà reçu trois.

- c) *Points fixes et méthodes d'interpolation.* — D'autres renseignements détaillés ont été obtenus sur la réalisation des points fixes (*voir* 2 ci-après) et sur l'exactitude que l'on peut atteindre par interpolation avec les thermomètres à résistance de platine. On a examiné soigneusement les possibilités d'utiliser le thermomètre à résistance de rhodium-fer et le thermomètre à gaz comme instruments d'interpolation.
- d) *Pression de vapeur de  $^4\text{He}$  et  $^3\text{He}$ .* — On a proposé de nouvelles équations (*voir* Recommandation au CIPM); on pense qu'elles seront utilisées dans la nouvelle EIPT.

## 2. Comparaison de cellules scellées à point triple

Ce programme de comparaison internationale organisée par l'IMGC est en voie d'achèvement, bien qu'il reste encore à effectuer quelques comparaisons complémentaires. On a longuement discuté du projet d'un document donnant les résultats de cette comparaison.

## 3. Publications futures du CCT

- a) Le Groupe de travail 1 a demandé aux membres du CCT de lui fournir rapidement les dernières modifications ou additions à apporter au document sur les Renseignements complémentaires à l'EIPT-68 et à l'EPT-76. Ce document devrait être publié par le BIPM au début de 1983. Il sera revu de façon périodique: en particulier, il sera modifié lors de l'introduction d'une nouvelle EIPT.
- b) Le CCT a pris note des efforts considérables que le Groupe de travail 2 a déployé pour rassembler les meilleures valeurs des points de référence secondaires et établir une bibliographie portant sur les mesures de température secondaires. On espère qu'un premier projet d'un document portant sur les techniques secondaires en thermométrie sera prêt pour être étudié par le CCT lors de sa prochaine session.
- c) Le présent rapport, un compte rendu détaillé de la 14<sup>e</sup> session du CCT et les rapports des quatre Groupes de travail seront publiés en français (texte officiel) et en anglais dans *Comité Consultatif de Thermométrie*, 14<sup>e</sup> session, 1982.

## 4. Problèmes divers

On est rentré très en détail dans le projet général envisagé pour la prochaine version de l'EIPT: ce qui a été dit sera introduit dans une

nouvelle version (B) d'un texte de l'EIPT qui sera distribué avant la fin de 1982 aux membres du CCT afin qu'ils l'étudient et fassent leurs remarques; une autre version (C) sera prête quelques mois avant la session du CCT de 1984.

Il a été suggéré, et dans l'ensemble approuvé, que l'on envisage de supprimer le mot « pratique » dans le titre de la nouvelle EIPT, ou de le remplacer par un autre mot plus approprié. En 1960, lorsque le mot « pratique » a été ajouté, l'idée était de faire une distinction entre les valeurs numériques des températures données par l'échelle et les températures thermodynamiques correspondantes (idéales mais inaccessibles); or, le mot a pris, malheureusement, l'acception de facile à réaliser.

Un certain nombre de nouvelles tâches ont été confiées aux quatre Groupes de travail; toutefois, leur composition et leur fonction principale demeurent inchangées.

On devra, dès que possible, porter à la connaissance des organismes intéressés, par exemple ceux qui ont la responsabilité d'établir les tables critiques de grandeurs qui sont fonctions de la température, la date probable (1987 ou 1989) de la nouvelle EIPT\*.

La prochaine session du CCT se tiendra à la fin du mois de mai ou au début du mois de juin 1984.

Juin 1982

---

\* En fait, ce point n'a pas été discuté pendant la session, mais ultérieurement. Il est inclus dans le présent rapport avec l'accord de l'ensemble des membres du CCT.

**Recommandation**  
**du Comité Consultatif de Thermométrie**  
**présentée au**  
**Comité International des Poids et Mesures**

Échelles de pression de vapeur de l'hélium

RECOMMANDATION T 1 (1982)

Le Comité Consultatif de Thermométrie,

*considérant*

— que, lors de l'adoption de l'EPT-76, des travaux étaient en cours pour déterminer des équations reliant la pression de vapeur saturante de l'hélium 3 ou de l'hélium 4 à  $T_{76}$ ,

— que ces travaux sont achevés et que de nouvelles équations ont été publiées,

— que ces nouvelles équations ont été approuvées lors de la 14<sup>e</sup> session du CCT,

*recommande*

— que les équations de l'annexe ci-dessous soient utilisées pour exprimer la pression de vapeur saturante de l'hélium 3 et de l'hélium 4 en fonction de  $T_{76}$ ,

— que ces mêmes équations soient utilisées pour obtenir  $T_{76}$  à partir de la pression de vapeur saturante de l'hélium, au lieu de la méthode indiquée dans le texte et le Tableau 3 de l'EPT-76, méthode qui fait référence aux échelles  $^4\text{He}$  1958 et  $^3\text{He}$  1962.

Annexe à la Recommandation T 1 (1982)

1)  $^3\text{He}$  entre 0,5 K et 3,316 2 K :

$$\ln(P/\text{Pa}) = \sum_{k=-1}^n a_k T_{76}^k + b \ln(T_{76}/\text{K})$$

Cette équation reste valable entre 0,5 K et 0,2 K en y remplaçant  $T_{76}$  par  $T$ .

2)  $^4\text{He}$  entre 0,5 K et 2,176 8 K (point  $\lambda$ ) :

$$\ln(P/\text{Pa}) = \sum_{k=-1}^n a_k T_{76}^k$$

3)  $^4\text{He}$  entre 2,176 8 K et la température critique  $T_c = 5,195 3$  K

$$\ln(P/\text{Pa}) = \sum_{k=-1}^n a_k (T_{76}/T_c)^k + b(1 - T_{76}/T_c)^{1.9}$$

Les coefficients  $a_k$  et  $b$  de ces équations sont donnés dans les tableaux ci-après :

$^3\text{He}$  entre 0,5 K et 3,316 2 K

$$\begin{aligned} a_{-1} &= -2,509\ 43 \quad \text{K} \\ a_0 &= 9,708\ 76 \\ a_1 &= -0,304\ 433 \quad \text{K}^{-1} \\ a_2 &= 0,210\ 429 \quad \text{K}^{-2} \\ a_3 &= -0,054\ 514\ 5 \quad \text{K}^{-3} \\ a_4 &= 0,005\ 606\ 7 \quad \text{K}^{-4} \\ b &= 2,254\ 84 \end{aligned}$$

$^4\text{He}$  entre 0,5 K et 2,176 8 K       $^4\text{He}$  entre 2,176 8 K et 5,195 3 K

$a_{-1} = -7,418\ 16 \quad \text{K}$	$a_{-1} = -30,932\ 85$
$a_0 = 5,421\ 28$	$a_0 = 392,473\ 61$
$a_1 = 9,903\ 203 \quad \text{K}^{-1}$	$a_1 = -2\ 328,045\ 87$
$a_2 = -9,617\ 095 \quad \text{K}^{-2}$	$a_2 = 8\ 111,303\ 47$
$a_3 = 6,804\ 602 \quad \text{K}^{-3}$	$a_3 = -17\ 809,809\ 01$
$a_4 = -3,015\ 460\ 6 \quad \text{K}^{-4}$	$a_4 = 25\ 766,527\ 47$
$a_5 = 0,746\ 135\ 7 \quad \text{K}^{-5}$	$a_5 = -24\ 601,4$
$a_6 = -0,079\ 179\ 1 \quad \text{K}^{-6}$	$a_6 = 14\ 944,651\ 42$
	$a_7 = -5\ 240,365\ 18$
	$a_8 = 807,931\ 68$
	$b = 14,533\ 33$

---

---

RAPPORT  
DU  
COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE  
(7<sup>e</sup> Session — 1982)  
AU  
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES  
par W. R. C. ROWLEY, Rapporteur

---

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM) a tenu sa septième session au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les jeudi 3 et vendredi 4 juin 1982.

Étaient présents :

D. KIND, Vice-Président du CIPM, président du CCDM.

Les délégués des laboratoires membres :

Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung [ASMW],  
Berlin (K. SCHMIDT).

Bureau National de Métrologie, Paris: Institut National de  
Métrologie [INM] du Conservatoire National des Arts et Métiers  
[CNAM] (P. BOUCHARÉINE, P. CÉREZ du Laboratoire de l'Horloge  
Atomique, Orsay).

Conseil National de Recherches [NRC], Ottawa (K. M. BAIRD).

CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Lindfield  
(P. E. CIDDOR).

Institut de Métrologie D.I. Mendéléév [IMM], Leningrad  
(A. N. TITOV).

Institut National de Métrologie [NIM], Beijing (LU SHAOZENG).

National Bureau of Standards [NBS], Washington (K. G. KESSLER,  
D. JENNINGS)/Joint Institute for Laboratory Astrophysics [JILA],  
Boulder (J. L. HALL).

National Physical Laboratory [NPL], Teddington  
(W. R. C. ROWLEY).

National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Ibaraki  
(K. TANAKA).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig  
(J. HELMCKE).

Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures [BIPM],  
Sèvres (P. GIACOMO).

Invités :

Československý Metrologický Ústav [CSMU], Bratislava  
(J. BLABLA).

Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Turin (S. SARTORI).

National Physical Research Laboratory [NPRL], Pretoria (J. BRINK).

M. GARAVAGLIA, Directeur du Centro de Investigaciones Opticas, La  
Plata, Argentine.

Assistaient aussi à la session : J. TERRIEN, directeur honoraire du BIPM;  
T. J. QUINN, Sous-directeur; P. CARRÉ, A. SAKUMA, J. HAMON,  
J.-M. CHARTIER, R. FELDER, M. GLÄSER (BIPM).

Excusés : B. EDLÉN (Lund), L. FRENKEL (Lynn), K. SHIMODA  
(Tokyo), membres nominativement désignés; Union Astronomique  
Internationale (A. H. COOK).

Le Président ouvre la session en souhaitant la bienvenue aux  
participants et exprime sa certitude que cette session sera intéressante et  
fructueuse.

Mr Rowley est nommé rapporteur et accepte de participer à la réunion  
du Comité Consultatif des Unités (CCU) qui doit se tenir du 8 au 10 juin  
1982 afin d'y représenter le point de vue du CCDM dans les discussions  
concernant ses recommandations.

L'ordre du jour est approuvé.

### **Progrès effectués depuis 1979 sur les mesures de fréquence et de longueur d'onde et sur la reproductibilité des lasers asservis**

Lors de sa session précédente en 1979, le CCDM avait considéré qu'une  
redéfinition du mètre serait bientôt nécessaire mais que les progrès réalisés  
dans le développement des techniques nécessaires pour sa mise en  
application n'étaient pas encore suffisants. Il avait préféré pour la  
redéfinition une formulation qui maintiendrait inchangée la valeur de la  
vitesse de la lumière  $c = 299\,792\,458$  m/s, valeur qui avait fait l'objet d'une  
recommandation du CIPM en 1973, puis, en 1975, d'une résolution de la  
15<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures. Pour sa mise en pratique

dans les mesures de laboratoire, une telle définition nécessite une connaissance exacte de la fréquence  $f$  d'une ou plusieurs radiations de lasers asservis, d'où l'on puisse déduire la longueur d'onde correspondante  $\lambda$  à partir de la relation  $\lambda = c/f$ .

Avant la présente réunion, des informations concernant les progrès réalisés depuis 1979 ont été fournies par les membres du CCDM en réponse à un questionnaire envoyé par le BIPM (Doc. 82-3). Un résumé de ces réponses a été préparé par le BIPM (Doc. 82-26).

### Mesures de fréquence

La majorité des mesures de fréquence présentées concernent la radiation du laser à He-Ne asservi sur l'absorption saturée du méthane ( $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$ ). Une ou plusieurs mesures ont été exécutées à l'INM, à l'IMM, au NPL et au NRC; d'autres mesures sont en cours à l'IMGC et à la PTB. Six valeurs de la fréquence de cette radiation ont été déterminées par rapport à la fréquence étalon du césium avec des incertitudes relatives (écarts-types estimés) meilleures que  $2 \times 10^{-10}$ .

Plusieurs laboratoires ont réalisé, ou sont en train de faire, des mesures de fréquence de radiations du laser à gaz carbonique ( $\lambda \approx 10 \mu\text{m}$ ). Quoique ces radiations ne soient pas, actuellement, utilisées dans les mesures précises de longueur, elles constituent un important maillon de la chaîne des mesures de fréquence entre la fréquence étalon du césium et les radiations visibles.

Des mesures particulièrement importantes ont été faites au NBS. Des valeurs ont été obtenues pour la fréquence de deux radiations visibles de lasers asservis ( $\lambda = 576 \text{ nm}$  et  $\lambda = 633 \text{ nm}$ ), avec des incertitudes relatives estimées à  $1,5 \times 10^{-10}$  (Doc. 82-30). C'est la première fois que l'on obtient des valeurs de la fréquence de radiations visibles exclusivement par des méthodes de mesure de fréquence et avec des incertitudes comparables à la reproductibilité des lasers.

### Mesures de longueur d'onde

Les mesures interférométriques de longueur d'onde qui sont, en fait, des mesures de rapport de longueurs d'onde, reposent sur une méthode bien établie pour relier entre elles des longueurs d'onde de radiations étalons dans le visible. Dans le contexte de la redéfinition du mètre proposée, ces mesures complètent les mesures directes de fréquence. Le rapport des longueurs d'onde est l'inverse du rapport des fréquences de sorte que des mesures de longueurs d'onde peuvent être utilisées pour déterminer la valeur de la fréquence de plusieurs radiations visibles par référence à une seule radiation visible ou infrarouge dont la fréquence a été directement mesurée.

De récentes mesures de longueur d'onde ont été faites au BIPM, au NIM, au NRC, au NRLM et à la PTB. Les incertitudes relatives (écart-types estimés) sont de  $1 \times 10^{-10}$  à  $3 \times 10^{-10}$  pour les comparaisons entre radiations visibles; mais pour les comparaisons entre des radiations visibles et des radiations infrarouges, les incertitudes vont de  $2 \times 10^{-10}$  à  $2 \times 10^{-9}$ . L'incertitude la plus importante pour les mesures impliquant des radiations infrarouges provient de la difficulté de corriger les effets systématiques liés à la longueur d'onde et dus, entre autres, à la diffraction. Des études sur ces effets ont été décrites par le NPL, le NRLM et la PTB.

### Reproductibilité des lasers

La reproductibilité des lasers asservis est déterminée spécifiquement par la comparaison directe de lasers de laboratoires différents en utilisant la méthode des battements. Durant ces dernières années, le BIPM a été le centre de la plupart de ces comparaisons. Il a donné les résultats de cinq comparaisons à  $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$ , treize comparaisons à  $\lambda = 633 \text{ nm}$  et une à  $\lambda = 612 \text{ nm}$ . De plus, d'autres comparaisons ont été faites entre l'IMM, le NBS et le NPL à  $\lambda = 633 \text{ nm}$ .

En conclusion de ces comparaisons, le BIPM estime que la reproductibilité du laser à He-Ne asservi sur le méthane à  $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$  est meilleure que 5 kHz (soit  $6 \times 10^{-11}$ ); les estimations d'autres laboratoires vont de  $\pm 2 \times 10^{-11}$  (PTB) à  $\pm 2 \times 10^{-10}$  (IMM).

Pour le laser à He-Ne asservi sur l'iode à  $\lambda = 633 \text{ nm}$ , avec une cuve interne, les conditions de fonctionnement ont une influence significative sur la fréquence et plusieurs laboratoires ont présenté des rapports sur ce sujet. La contamination de la cuve à iode et la structure hyperfine non résolue peuvent aussi réduire la reproductibilité. Plusieurs laboratoires pensent que pour des conditions de fonctionnement convenablement spécifiées la reproductibilité d'un laser à cuve interne est  $4 \times 10^{-11}$  (CSMU, IMGC, NPL),  $5 \times 10^{-11}$  (ASMW) ou  $6 \times 10^{-11}$  (NRLM); tandis que d'autres estiment la limite à  $1 \times 10^{-10}$  (PTB),  $2 \times 10^{-10}$  (NBS) ou même  $2 \times 10^{-9}$  (IMM).

Les autres lasers asservis dans le visible n'ont pas fait l'objet d'études aussi poussées, mais on estime que dans des conditions étroitement spécifiées, le laser à He-Ne à  $\lambda = 612 \text{ nm}$  peut être reproductible à  $8 \times 10^{-11}$  (BIPM) ou  $1 \times 10^{-10}$  (IMGC) et le laser à  $\text{Ar}^+$  à  $\lambda = 515 \text{ nm}$ , avec une cuve externe, reproductible à  $1 \times 10^{-11}$  (PTB).

### Formulation d'une nouvelle définition

Compte tenu des progrès dont il a été fait état concernant les mesures des fréquences de radiations de lasers dans le visible et le proche infrarouge,

leur comparaison au moyen de l'interférométrie et leur reproductibilité, le Président demande aux délégués d'exprimer leur opinion au sujet de la nouvelle définition du mètre proposée. Les questions importantes auxquelles il doit être répondu sont les suivantes :

Les travaux effectués jusqu'ici et les exactitudes actuellement atteintes sont-ils suffisants pour que les avantages d'une nouvelle définition soient effectifs ?

Un accord est-il maintenant possible sur le détail des moyens à recommander et des spécifications pour la mise en pratique d'une nouvelle définition ?

Le moment est-il venu de recommander une nouvelle définition du mètre ?

Chaque délégué, tour à tour, donne sa réponse à ces questions. Sans réserve, chacun répond par l'affirmative et la plupart expriment leur enthousiasme pour une nouvelle définition.

Lors de sa session précédente en 1979, le CCDM avait discuté et s'était mis d'accord sur les raisons pour lesquelles les progrès techniques ont rendu la définition actuelle du mètre insuffisante. Il n'est donc pas nécessaire de reconsidérer ce sujet. A cette même session, on avait aussi discuté de plusieurs formulations possibles pour une nouvelle définition. On était convenu que la seule solution viable serait une formulation qui fixerait la valeur de la vitesse de la lumière, de sorte que la longueur pourrait être déterminée soit à partir du trajet parcouru par la lumière dans un certain intervalle de temps ( $l = c.t$ ), soit à partir de la longueur d'onde d'une radiation monochromatique de fréquence connue ( $\lambda = c/f$ ).

Une formulation provisoire d'une nouvelle définition avait été établie en 1979 afin que le CIPM et les autres organismes intéressés aient le temps de voir si elle répondait à toutes les exigences. D'autres formulations avaient été proposées par diverses organisations ou personnalités. En avril 1981, le CIPM a suscité la réunion d'un Groupe de travail conjoint CCDM/CCU pour discuter de ces diverses propositions. Les conclusions de ce Groupe de travail sont :

1. Les diverses formulations qui ont été étudiées sont scientifiquement satisfaisantes et auront des conséquences semblables du point de vue de la technologie des mesures de longueur.

2. Les différentes préférences qui ont été exprimées résultent d'une pondération différente des considérations telles que simplicité, généralité et clarté, perturbation minimale du SI ou relation directe avec la mise en pratique.

3. Dans leur majorité, les membres du Groupe de travail se sont

ralliés à une définition fondée sur le trajet parcouru par la lumière dans un intervalle de temps donné.

Le Groupe de travail ayant ainsi approuvé la formulation proposée par le CCDM en 1979, il ne reste plus qu'à se mettre d'accord sur le texte précis d'une nouvelle définition et des « considérants » qui l'accompagnent. Le BIPM a préparé une rédaction provisoire comme base de discussion. De l'avis des délégués, celle-ci est en tous points satisfaisante. Seuls quelques changements rédactionnels mineurs des « considérants » sont proposés et un accord est rapidement atteint.

Une discussion a lieu concernant la rédaction de la nouvelle définition elle-même. Des objections avaient été faites (Doc. 82-10b, 82-15, 82-23b) au sujet de la phrase d'introduction de la traduction anglaise (Doc. 82-4E) : « The metre is the distance travelled... ». Une objection est que cela pourrait être interprété comme faisant du mètre une unité de distance plutôt que de longueur. On admet, cependant, que la difficulté n'existe que dans le texte anglais et peut être évitée par une autre traduction (proposée par Mr Baird) : « The metre is the length of the path travelled... ».

Une autre proposition plus fondamentale est de changer le texte en : « Le mètre est l'unité de longueur; il est égal à ... ». Cette formulation serait semblable à celle de la définition du kilogramme. Le CCDM reconnaît qu'il ne verrait pas d'objection à ce changement, mais qu'il n'a aucune préférence marquée pour l'une ou l'autre rédaction. Le sujet étant plutôt de la compétence du Comité Consultatif des Unités, le CCDM n'a pas à se prononcer.

On fait remarquer que les termes proposés en 1979 « ... les ondes électromagnétiques planes... » ont été changés en « ... la lumière... ». Cela a été suggéré durant les discussions du Groupe de travail de 1981 (Doc. 81-19), pour éviter les problèmes qui pourraient provenir de la masse au repos du photon ou de la quantification de l'espace. D'autres expressions telles que « ... onde lumineuse plane... » ont été proposées (Doc. 81-18, 82-4) mais on a admis que le terme le plus simple « ... la lumière... » est suffisamment précis et doit donc être préféré.

La question de savoir quel adjectif (plane, continue, infinie, etc.) pourrait être nécessaire pour qualifier la manière dont la radiation doit se propager a été discutée au cours de la session de 1979. A l'époque, on avait décidé d'utiliser seulement le terme « plane ». Si on utilisait d'autres termes pour être plus spécifique, cela pourrait faire croire, à tort, que la liste des conditions spécifiées est complète et suffisante. On fait encore remarquer que des ondes sphériques émanant d'un point-source se propagent avec la même vitesse que les ondes planes; il serait préférable qu'une telle propagation ne soit pas exclue par la définition (Doc. 82-13b). Ainsi, on arrive à la conclusion que même le terme « plane » n'est pas nécessaire. En l'absence d'adjectif qualificatif il devrait être clair pour tous que *la définition se réfère implicitement à la lumière se propageant d'une manière idéale, en l'absence de tout effet perturbateur.*

On discute ensuite le mot « vacuum ». En anglais, le terme « free space » est souvent utilisé pour indiquer un vide idéal mais aussi sans champ magnétique, électrique, gravitationnel ou autre. Il semble qu'il n'existe pas de terme équivalent en français. Les délégués de langue anglaise ne sont d'ailleurs pas d'accord entre eux pour savoir si le terme « free space » est toujours d'usage courant. On arrive à la conclusion que le terme pourrait être ambigu et que « vacuum » doit être conservé comme dans la rédaction provisoire.

En conclusion, le CCDM adopte la Recommandation M 1 (1982) (voir p. M 13 et la note du BIPM, p. M 13).

### Spécification pour la mise en pratique

Quoique la définition proposée indique spécifiquement que le mètre peut être réalisé en déterminant le temps de parcours de la lumière, il ne faut pas l'interpréter comme signifiant que c'est le seul, ou même le meilleur moyen de faire une mesure absolue de longueur. En fait, les moyens de mettre en œuvre la définition pour des mesures précises de laboratoire ne sont pas immédiatement évidents. Il est donc nécessaire de spécifier les méthodes qui permettent de réaliser le mètre, dans la pratique, en accord avec la nouvelle définition.

A la suite d'échanges de vues avec plusieurs membres du CCDM, le BIPM a préparé un projet qui spécifie deux moyens de réalisation :

1) A partir de la durée du trajet de la lumière en utilisant la relation  $l = c \cdot t$ .

2) Au moyen d'une longueur d'onde déterminée à partir de la fréquence par la relation  $\lambda = c/f$ .

Dans ce dernier cas, le document propose de recommander une liste de radiations de fréquence et de reproductibilité connues pour lesquelles il ne serait pas nécessaire de recommencer pour chaque mesure une détermination directe de fréquence.

On a passé un certain temps à discuter de quelle manière on doit faire référence à la liste de radiations recommandées. La difficulté est de trouver une formulation qui obéisse aux principes suivants :

a) La liste est destinée à compléter et non pas à empêcher ni à supplanter les mesures individuelles de fréquence qui pourraient être d'une plus grande exactitude.

b) La liste, ou une éventuelle version révisée et approuvée par le CCDM, doit être la seule à faire autorité.

c) Bien que l'objectif principal soit de donner une liste de fréquences recommandées de radiations de lasers asservis, à utiliser suivant la

méthode (2) ci-dessus, on doit laisser la possibilité d'utiliser des valeurs spécifiées de longueur d'onde, particulièrement celles des radiations émises par des tubes à décharge qui constituent actuellement des étalons de longueur d'onde ( $^{86}\text{Kr}$ ,  $^{198}\text{Hg}$ ,  $^{114}\text{Cd}$ ). (Si des valeurs de la fréquence devaient être indiquées pour ces sources, il y aurait des problèmes d'arrondi qui pourraient faire croire que les valeurs recommandées en 1962 devraient être changées.)

d) Les valeurs numériques et les incertitudes de la liste correspondent à des radiations de lasers asservis par des méthodes particulières et utilisés dans un certain domaine des paramètres expérimentaux. Elles peuvent ne pas s'appliquer à des lasers asservis par d'autres méthodes et elles ne s'appliquent pas sans précautions appropriées pour éviter les influences perturbatrices, en particulier celles qui peuvent provenir du système d'asservissement électronique utilisé. Il est donc nécessaire de se conformer au mode opératoire reconnu comme approprié pour asservir et faire fonctionner des lasers.

e) Les longueurs et les longueurs d'onde déterminées à partir de la valeur donnée de la vitesse de la lumière doivent être corrigées pour tenir compte des conditions réelles de propagation, par exemple de la limitation des dimensions latérales (diffraction, guides d'onde) ou des effets relativistes (les mesures doivent être limitées à une région où le potentiel gravitationnel peut être considéré comme constant dans un système inertiel de référence).

En conclusion, le CCDM adopte la Recommandation M 2 (1982) (*voir* p. M 15 et la note du BIPM, p. M 13).

### Liste des radiations recommandées

Au début de la session, un groupe de travail a été constitué pour examiner les nouveaux résultats présentés afin de mettre à jour le projet de liste des radiations recommandées (Doc. 82-4). Ce groupe de travail comprend des délégués des laboratoires suivants : BIPM, NBS/JILA, NPL, NRC, PTB et IMM. Sur proposition de Mr Kessler, on convient que ce groupe continuera son travail après la session, par correspondance centralisée au BIPM, afin de remettre la liste à jour, autant que possible, pour la réunion du CIPM en 1982 et pour celle qui aura lieu en 1983 avant la Conférence Générale. La révision finale devra être faite probablement au début de juin 1983.

Bien que le groupe de travail se soit réuni plusieurs fois, il ne lui a pas été possible de présenter un document complet avant la fin de la session. Il a pu, cependant, présenter un projet de texte et une liste de valeurs numériques, y compris quelques incertitudes, ainsi que les spécifications pour les paramètres de fonctionnement de deux systèmes de lasers. Ce

projet est discuté par le Comité au complet qui en approuve la forme générale. Plusieurs suggestions sont faites pour améliorer la formulation. Le groupe de travail en tiendra compte pour la rédaction des prochains documents. Les principaux éléments de la liste sont :

a) Cinq radiations de lasers asservis (de fréquence 88, 473, 489, 520, 582 THz).

b) Pour chaque système de laser on donne une brève liste des conditions expérimentales à respecter pour assurer la reproductibilité dans le domaine des incertitudes indiquées. (Quelques références d'articles illustrant la pratique reconnue comme appropriée doivent aussi être citées.)

c) L'incertitude est indiquée avec un niveau de confiance correspondant à trois fois l'écart-type de la moyenne estimé. Cette incertitude (en valeur relative) est de  $2 \times 10^{-10}$  pour la radiation infrarouge et de  $7 \times 10^{-10}$  à  $1,5 \times 10^{-9}$  pour les quatre radiations visibles.

d) Pour l'actuelle radiation étalon du krypton 86, seule la valeur de la longueur d'onde est indiquée en gardant l'incertitude relative de  $4 \times 10^{-9}$  admise en 1973.

e) Pour les sources à tube à décharge constituant les étalons secondaires recommandés en 1962, on a conservé les valeurs des longueurs d'onde et des incertitudes précédentes.

Dans le document 82-6, Mr Giacomo a soulevé un problème concernant la notation spectroscopique des transitions moléculaires utilisées pour l'asservissement des lasers. Il est d'usage courant d'employer une notation simplifiée servant à l'identification par référence à un schéma du spectre publié. Malheureusement, dans certains cas, deux formes de notation simplifiée ont été employées pour un même spectre; une notation conventionnelle qui pourrait être utilisée pour n'importe quelle nouvelle radiation a été suggérée (Doc. 82-32). Une notation formelle spécifiant les nombres quantiques n'est pas aisée à établir car quelques nombres quantiques perdent leur validité dans des circonstances particulières et un travail considérable peut être nécessaire pour déterminer les interactions de façon précise (Doc. 82-35). Il est convenu que les délégués devraient soumettre ce sujet à des spectroscopistes moléculaires et devraient essayer de se mettre d'accord suffisamment à temps pour la rédaction finale de la liste des radiations recommandées.

La liste des radiations recommandées comporte une note indiquant que d'autres transitions que celles spécifiées peuvent être utilisées si l'écart de fréquence par rapport à celles-ci est connu avec une exactitude suffisante; le but de cette note est de permettre l'emploi de différentes composantes hyperfines ou de différents isotopes. Une liste de tels écarts de fréquence a été publiée en Annexe au Rapport de la 5<sup>e</sup> session du CCDM en 1973. Une liste révisée provisoire a été présentée par le BIPM (Doc. 82-29). Mr Giacomo demande si les délégués pensent qu'une telle liste est utile et si elle doit être publiée. La liste est jugée très précieuse et on décide qu'elle

devra être publiée après sa mise à jour. Les délégués sont priés de communiquer au BIPM les valeurs récentes pour qu'elles puissent être incluses dans cette liste (*voir* p. M 65).

### Tâches futures du BIPM et du CCDM

Les membres du CCDM sont instamment priés de faire connaître au BIPM les résultats de leurs mesures de fréquence et de longueur d'onde avant la fin de mai 1983 de façon que la liste des radiations recommandées jointe aux Recommandations de la nouvelle définition puisse être mise à jour avant d'être présentée à la CGPM. (Il serait particulièrement précieux d'avoir de nouveaux résultats de mesures de fréquence de radiations visibles.) Le CCDM pourra ainsi approuver, par correspondance, la liste révisée.

La mise en application de la nouvelle définition ne devrait pas poser de problème important, de sorte qu'il est improbable que le CCDM doive se réunir à nouveau avant 1985 ou 1986 pour examiner la situation. En attendant, cependant, on peut prévoir une extension des travaux concernant les lasers. En particulier, il est probable que de nombreuses comparaisons de lasers seront demandées au BIPM. Ce travail s'ajoutera aux mesures des étalons tels que règles, calibres et fils géodésiques qui continueront à être les étalons de référence de beaucoup de laboratoires de métrologie.

Il est nécessaire que le BIPM participe activement à ces travaux sur les lasers mais l'étendue de sa participation n'est pas encore très bien définie. L'un de ses premiers devoirs sera de maintenir l'uniformité de l'unité de longueur en maintenant en service des lasers asservis des différents types et en effectuant avec eux des comparaisons internationales. Le problème se pose de savoir combien de types de lasers il faut envisager car il est difficilement possible de maintenir plusieurs exemplaires de chaque type. Les facteurs qui influencent la reproductibilité des lasers ont souvent été mis en évidence lors de comparaisons internationales. Le BIPM est donc bien placé pour entreprendre des recherches sur ces facteurs. Il pourrait être judicieux aussi pour le BIPM de prendre part aux mesures concernant la chaîne de raccordement de fréquence, ou de mettre en œuvre des techniques de mélange de fréquences pour la comparaison de radiations de lasers dans le visible; mais ceci n'est pas encore très clair. Contrairement à d'autres activités, les travaux sur les lasers sont en expansion et de nombreux développements nouveaux sont à prévoir.

Ce qui est certain, c'est que l'espace disponible au BIPM pour les travaux sur les lasers est trop restreint. Les laboratoires disponibles sont mal adaptés pour les comparaisons internationales et n'offrent pas assez de place pour conserver dans de bonnes conditions des lasers de référence

entre ces comparaisons, de sorte que les recherches sur la reproductibilité se trouvent sérieusement entravées. Constatant cette situation, le CCDM adopte la Recommandation M 3 (1982) (*voir p. M 18*).

### Comparaisons internationales de règle et d'étalons d'angle

La comparaison internationale des mesures d'une règle divisée de 1 m qui a débuté en 1976 touche à sa fin. Seules les mesures au CSIRO (Australie) et à l'OFMET (Suisse) restent à faire. Un rapport sur les résultats déjà obtenus est présenté par le BIPM (Doc. 82-18); dans ce rapport, un diagramme comparatif illustre les résultats de la mesure de l'intervalle principal. Ces résultats sont quelque peu décevants, avec des différences supérieures à trois fois l'écart-type. Pour une bonne part, la cause de cette dispersion des résultats est probablement la qualité de la règle : traçage des traits, planéité de la surface, etc. Le BIPM a un excellent équipement pour la mesure des règles. Il présente quelques résultats relatifs à l'étude d'une réglette de 20 cm; celle-ci porte plusieurs graduations dont les traits ont des largeurs différentes (Doc. 82-19a). Il apparaît clairement qu'avec l'appareillage du BIPM les résultats les plus reproductibles sont obtenus avec les traits les plus fins.

Le NRLM présente un rapport (Doc. 82-42) sur le déroulement de la comparaison internationale d'étalons d'angle qui a débuté en 1979. Onze laboratoires prennent part à cette comparaison; quatre ont déjà terminé les mesures. L'un des deux polygones a été légèrement endommagé au NPL et l'une de ses faces doit être cachée sur un cinquième de sa surface. Le NRLM, laboratoire pilote, va réviser le plan de circulation pour les laboratoires suivants.

### Questions diverses

Quelques développements de techniques intéressant les membres du CCDM sont discutés.

Mr Hall décrit une méthode qui permet d'améliorer la résolution des comparaisons de longueur d'onde avec un interféromètre à chariot mobile (lambdamètre); en prenant de nombreuses données pendant le déplacement du chariot, une résolution de  $1 \times 10^{-11}$  en valeur relative pourrait être atteinte en 1 seconde. Il attire aussi l'attention sur un type de laser asservi utilisant un laser commercial bon marché et l'effet Zeeman qui permet une reproductibilité d'environ  $2 \times 10^{-9}$ . Mr Hall mentionne encore une technique de modulation qui améliore le rapport signal/bruit pour l'asservissement des lasers.

Mr Helmcke discute d'un travail sur des méthodes où l'on réduit le déplacement Doppler dans les études sur des jets atomiques en sélectionnant un petit groupe de vitesses ce qui permet le calcul du déplacement Doppler du second ordre.

Mr Baird demande s'il y aurait possibilité pour le BIPM d'organiser des conférences techniques sur des sujets concernant le CCDM. Plusieurs délégués seraient d'avis favorable mais considèrent qu'un séminaire serait plus approprié qu'une conférence. Mr Giacomo doute que le BIPM ait les ressources suffisantes pour organiser des conférences en plus des Comités existants. Il indique que, néanmoins, le BIPM serait heureux de participer à un tel séminaire organisé par un laboratoire membre et est d'avis qu'il pourrait très bien avoir lieu à l'occasion d'une réunion internationale.

\*  
\* \*

Pour clore la session, le Président souligne l'importance de la décision qui a été prise. Il souligne aussi la simplicité et la clarté de la nouvelle définition proposée. Il remercie les participants pour leur contribution aux discussions, le groupe de travail pour ses efforts constructifs et le BIPM pour l'excellente préparation de cette session.

Au nom des participants, Mr Kessler remercie aussi le BIPM pour son hospitalité et félicite le Président pour la façon dont il a dirigé la 7<sup>e</sup> session du CCDM.

25 juin 1982

**Recommandations  
du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre  
présentées  
au Comité International des Poids et Mesures**

*Note du BIPM :*

Lors de sa 8<sup>e</sup> session qui s'est tenue les 8 et 9 juin 1982, le Comité Consultatif des Unités (CCU) a examiné les Recommandations adoptées par le CCDM. Il a apporté deux modifications mineures au texte des *Considéran*ts de la Recommandation M 1 et à celui de la liste des radiations recommandées; par contre, il a apporté des amendements plus importants à la Recommandation M 2.

Ultérieurement, Mr Kind a réuni un groupe de travail à l'occasion de la Conférence on Precision Electromagnetic Measurements (CPEM 1982) (28 juin-1<sup>er</sup> juillet) à Boulder. Ce groupe de travail a estimé que les amendements proposés par le CCU améliorent la forme des recommandations sans en altérer le sens. Il a, lui-même, apporté deux nouveaux amendements rédactionnels à la Recommandation M 2 et a proposé d'ajouter un paragraphe d'introduction au début de la « Liste des radiations recommandées, 1982 ».

Ces modifications et amendements ont été acceptés par correspondance par les membres du CCDM et du CCU.

Lors de sa 71<sup>e</sup> session, en octobre 1982, le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) a apporté de légères modifications rédactionnelles aux Recommandations M 1 et M 2, qui sont devenues les projets de résolutions A et B soumis à la 17<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures (octobre 1983).

Le texte des Recommandations qui suivent est le texte définitif adopté par le CIPM.

Les données utilisées pour établir la liste des radiations recommandées sont indiquées dans l'Annexe M 4 (p. M. 53).

---

Sur une nouvelle définition du mètre

RECOMMANDATION M 1 (1982)

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

*rappelant* sa Recommandation M 2 (1979) et

*considérant :*

1) que la définition actuelle ne permet pas une réalisation du mètre suffisamment précise pour tous les besoins;

2) que les progrès réalisés dans l'asservissement des lasers permettent d'obtenir des radiations plus reproductibles et plus faciles à utiliser que la radiation étalon émise par une lampe à krypton 86;

3) que les progrès réalisés dans la mesure des fréquences et des longueurs d'onde de ces radiations ont abouti à des déterminations concordantes de la vitesse de la lumière dont l'exactitude est limitée principalement par la réalisation du mètre dans sa définition actuelle;

4) que les valeurs des longueurs d'onde déterminées à partir de mesures de fréquence et d'une valeur donnée de la vitesse de la lumière ont une précision supérieure à celle qui peut être obtenue par comparaison avec la longueur d'onde de la radiation étalon du krypton 86;

5) qu'il y a avantage, notamment pour l'astronomie et la géodésie, à maintenir inchangée la valeur de la vitesse de la lumière recommandée en 1975 par la 15<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures, dans sa Résolution 2 ( $c = 299\,792\,458$  m/s);

6) qu'une nouvelle définition du mètre a été envisagée sous diverses formes qui ont toutes pour effet de donner à la vitesse de la lumière une valeur exacte, égale à la valeur recommandée, et que cela n'introduit aucune discontinuité appréciable de l'unité de longueur, compte tenu de l'incertitude relative de  $\pm 4 \times 10^{-9}$  des meilleures réalisations du mètre dans sa définition actuelle;

7) que ces diverses formes, faisant appel soit au trajet parcouru par la lumière dans un intervalle de temps spécifié, soit à la longueur d'onde d'une radiation de fréquence mesurée ou de fréquence spécifiée, ont fait l'objet de consultations et de discussions approfondies, qu'elles ont été reconnues équivalentes et qu'un consensus s'est dégagé en faveur de la première forme;

8) que le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre est dès maintenant en mesure de donner des instructions pour la mise en pratique d'une telle définition, instructions qui pourront inclure l'emploi de la radiation orangée du krypton 86 utilisée jusqu'ici comme étalon et qui pourront être complétées ou révisées par la suite;

*recommande*

— que le mètre soit défini comme suit :

« Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de  $1/299\,792\,458$  de seconde »;

— que la définition du mètre en vigueur depuis 1960, fondée sur la transition entre les niveaux  $2p_{10}$  et  $5d_5$  de l'atome de krypton 86, soit abrogée.

Mise en pratique de la définition du mètre (dans l'hypothèse de l'adoption par la CGPM d'une définition conforme à la Recommandation M 1 (1982))

RECOMMANDATION M 2 (1982)

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre

*recommande*

— que le mètre soit réalisé par l'une des méthodes suivantes :

a) au moyen de la longueur  $l$  du trajet parcouru dans le vide par une onde électromagnétique plane pendant la durée  $t$ ; cette longueur est obtenue à partir de la mesure de la durée  $t$ , en utilisant la relation  $l = c \cdot t$  et la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide  $c = 299\,792\,458$  m/s;

b) au moyen de la longueur d'onde dans le vide  $\lambda$  d'une onde électromagnétique plane de fréquence  $f$ ; cette longueur d'onde est obtenue à partir de la mesure de la fréquence  $f$ , en utilisant la relation  $\lambda = c/f$  et la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide  $c = 299\,792\,458$  m/s;

c) au moyen de l'une des radiations de la liste ci-dessous, radiations pour lesquelles on peut utiliser la valeur donnée de la longueur d'onde dans le vide ou de la fréquence, avec l'incertitude indiquée, pourvu que l'on observe les conditions spécifiées et le mode opératoire reconnu comme approprié;

— et que dans tous les cas les corrections nécessaires soient appliquées pour tenir compte des conditions réelles telles que diffraction, gravitation ou imperfection du vide.

N. B. — Les valeurs numériques ci-dessous doivent être considérées comme provisoires en ce qui concerne le dernier chiffre significatif; la liste ne sera définitive qu'après adoption et publication par le CIPM.

(Voir Annexe M 4 : Données utilisées pour établir la liste des radiations recommandées, 1982 et bibliographie commentée. Voir aussi Annexe M 5 : Intervalles de fréquence entre composantes hyperfines de raies d'absorption de l'iode.)

LISTE DES RADIATIONS RECOMMANDÉES, 1982

Dans cette liste, les valeurs de la fréquence  $f$  et de la longueur d'onde  $\lambda$  d'une même radiation devraient être liées exactement par la relation  $\lambda f = c$ , avec  $c = 299\,792\,458$  m/s mais les valeurs de  $\lambda$  sont arrondies.

1. — *Radiations de lasers asservis sur des raies d'absorption saturée* \*

1.1. — Molécule absorbante  $\text{CH}_4$ , transition  $\nu_3$ , P(7), composante  $F_2^{(2)}$ .

Les valeurs  $f = 88\,376\,181\,608$  kHz

$\lambda = 3\,392\,231\,397,0$  fm

avec une incertitude globale relative estimée de  $\pm 1,3 \times 10^{-10}$  [qui résulte d'un écart-type estimé de  $0,44 \times 10^{-10}$  en valeur relative] s'appliquent à la radiation émise par un laser à He-Ne asservi à l'aide d'une cellule à méthane, située à l'intérieur ou à l'extérieur du laser, lorsque les conditions suivantes sont respectées dans la cellule :

- pression du méthane  $\leq 3$  Pa,
- puissance surfacique moyenne sur l'axe transportée par les faisceaux, dans un seul sens, à l'intérieur de la cavité \*\*  $\leq 10^4$  W/m<sup>2</sup>,
- rayon de courbure des surfaces d'onde  $\geq 1$  m,
- différence relative de puissance entre les deux ondes qui se propagent en sens inverse l'une de l'autre  $\leq 5$  %.

1.2. — Molécule absorbante  $^{127}\text{I}_2$ , transition 17-1, P(62), composante o.

$$\begin{aligned} \text{Les valeurs } f &= 520\,206\,808,51 \text{ MHz} \\ \lambda &= 576\,294\,760,27 \text{ fm} \end{aligned}$$

avec une incertitude globale relative estimée \*\*\* de  $\pm 6 \times 10^{-10}$  [qui résulte d'un écart-type estimé de  $2 \times 10^{-10}$  en valeur relative] s'appliquent à la radiation émise par un laser à colorant (ou à la radiation émise par un laser à He-Ne et doublée en fréquence) asservi à l'aide d'une cellule à iode, située à l'intérieur ou à l'extérieur du laser, ayant un point froid à la température de  $6^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ .

1.3. — Molécule absorbante  $^{127}\text{I}_2$ , transition 11-5, R(127), composante i.

$$\begin{aligned} \text{Les valeurs } f &= 473\,612\,214,8 \text{ MHz} \\ \lambda &= 632\,991\,398,1 \text{ fm} \end{aligned}$$

avec une incertitude globale relative estimée de  $\pm 1 \times 10^{-9}$  [qui résulte d'un écart-type estimé de  $3,4 \times 10^{-10}$  en valeur relative] s'appliquent à la radiation émise par un laser à He-Ne asservi à l'aide d'une cellule à iode intérieure au laser, lorsque les conditions suivantes sont respectées :

- température des parois de la cellule comprise entre  $16^\circ\text{C}$  et  $50^\circ\text{C}$  avec un point froid à  $15^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ ,
- puissance moyenne transportée par les faisceaux dans un seul sens, à l'intérieur de la cavité \*\*  $20 \text{ mW} \pm 5 \text{ mW}$ ,
- modulation de la fréquence, amplitude de crête à creux  $6 \text{ MHz} \pm 1 \text{ MHz}$ .

1.4. — Molécule absorbante  $^{127}\text{I}_2$ , transition 9-2, R(47), composante o.

$$\begin{aligned} \text{Les valeurs } f &= 489\,880\,355,1 \text{ MHz} \\ \lambda &= 611\,970\,769,8 \text{ fm} \end{aligned}$$

avec une incertitude globale relative estimée de  $\pm 1,1 \times 10^{-9}$  [qui résulte d'un écart-type estimé de  $3,7 \times 10^{-10}$  en valeur relative] s'appliquent à la radiation émise par un laser à He-Ne asservi à l'aide d'une cellule à iode, située à l'intérieur ou à l'extérieur du laser, ayant un point froid à la température de  $-5^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ .

1.5. — Molécule absorbante  $^{127}\text{I}_2$ , transition 43-0, P(13), composante  $a_3$  (quelquefois dénommée composante s).

$$\begin{aligned} \text{Les valeurs } f &= 582\,490\,603,6 \text{ MHz} \\ \lambda &= 514\,673\,466,2 \text{ fm} \end{aligned}$$

avec une incertitude globale relative estimée de  $\pm 1,3 \times 10^{-9}$  [qui résulte d'un écart-type estimé de  $4,3 \times 10^{-10}$  en valeur relative] s'appliquent à la radiation émise par un laser à  $\text{Ar}^+$  asservi à l'aide d'une cellule à iode, située à l'intérieur ou à l'extérieur du laser, ayant un point froid à la température de  $-5^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ .

#### Notes

\* Chacune de ces radiations peut être remplacée, sans perte d'exactitude, par une radiation correspondant à une autre composante de la même transition, ou par une autre radiation, lorsque la différence de fréquence correspondante est connue avec une exactitude suffisante. Des détails sur les méthodes d'asservissement sont décrits dans de nombreuses publications scientifiques ou techniques. Des exemples de conditions expérimentales considérées comme convenables sont décrits, pour telle ou telle radiation, dans des publications dont les références peuvent être obtenues auprès des laboratoires membres du CCDM ou auprès du BIPM.

\*\* La puissance transportée par les faisceaux, dans un seul sens, à l'intérieur de la cavité, est obtenue en divisant la puissance de sortie par le facteur de transmission du miroir de sortie.

\*\*\* Cette incertitude, de même que les valeurs de  $f$  et de  $\lambda$ , est fondée sur la moyenne pondérée de deux déterminations seulement. Cependant, la plus précise de ces deux déterminations a été obtenue exclusivement par multiplication et mélange de fréquences à partir de la radiation précédente (paragraphe 1.1).

## 2. — Radiations de lampes spectrales

2.1. — Radiation correspondant à la transition entre les niveaux  $2p_{10}$  et  $5d_5$  de l'atome de  $^{86}\text{Kr}$ .

$$\text{La valeur } \lambda = 605\,780\,210,2 \text{ fm}$$

avec une incertitude globale relative estimée de  $\pm 4 \times 10^{-9}$  [qui résulte d'un écart-type estimé de  $1,3 \times 10^{-9}$  en valeur relative] s'applique à la radiation émise par une lampe utilisée dans les conditions recommandées par le CIPM (*Procès-Verbaux CIPM*, 49<sup>e</sup> session, 1960, pp. 71-72 et *Comptes Rendus 11<sup>e</sup> CGPM*, 1960, p. 85).

2.2. — Les radiations des atomes de  $^{86}\text{Kr}$ ,  $^{198}\text{Hg}$  et  $^{114}\text{Cd}$  recommandées par le CIPM en 1963 (*Comité Consultatif pour la Définition du Mètre*, 3<sup>e</sup> session, 1962, pp. 18-19 et *Procès-Verbaux CIPM*, 52<sup>e</sup> session, 1963, pp. 26-27) avec les valeurs indiquées pour leur longueur d'onde et pour l'incertitude correspondante.

---

Travaux sur les lasers au BIPM

RECOMMANDATION M 3 (1982)

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

*considérant*

- que les lasers prennent rapidement une importance croissante pour la métrologie des longueurs;
- que les demandes d'étalonnages et de comparaisons de lasers se multiplieront par suite de la nouvelle définition proposée pour le mètre;
- que, pour être en mesure d'effectuer ce travail, il est nécessaire de disposer de locaux convenables et d'un personnel de qualité suffisamment nombreux;
- que les travaux sur les lasers sont venus s'ajouter à la métrologie traditionnelle des longueurs;
- que les laboratoires disponibles au BIPM pour ces travaux sur les lasers sont insuffisants pour les besoins actuels;
- qu'un projet de construction d'un nouveau laboratoire pour les lasers est en cours d'étude;

*recommande*

- que la construction du nouveau laboratoire pour les lasers soit approuvée et entreprise dès que possible;
  - que les mesures appropriées soient prises pour remédier au manque de personnel dans la section des lasers.
-

---

RAPPORT  
DU  
COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS  
(8<sup>e</sup> Session — 1982)  
AU  
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES  
Par S. GERMAN, Rapporteur

---

Le Comité Consultatif des Unités (CCU) a tenu sa 8<sup>e</sup> session au Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres; quatre séances ont eu lieu les 8 et 9 juin 1982.

Étaient présents :

- J. DE BOER, Secrétaire du CIPM, président du CCU.
- H. H. JENSEN, Secrétaire adjoint du CIPM.
- A. PERLSTAIN, Membre du CIPM, président du Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées.

Les délégués des laboratoires et organismes membres :

- Commission Électrotechnique Internationale [CEI] : Comité d'Études N° 25 (Mme E. HAMBURGER, D. T. GOLDMAN).
- Commission Internationale de l'Éclairage [CIE] (J. TERRIEN, H. MOREAU).
- Conseil National de Recherches du Canada [NRC], Ottawa (H. PRESTON-THOMAS).
- Institut National de Métrologie [NIM], Beijing (LU SHAOZENG).
- International Commission on Radiation Units and Measurements [ICRU] (A. ALLISY).
- National Bureau of Standards [NBS], Washington (D. T. GOLDMAN).
- National Physical Laboratory [NPL], Teddington (O. C. JONES, R. J. BELL).
- National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Ibaraki (K. TANAKA).
- Organisation Internationale de Métrologie Légale [OIML] (F. ROTTER).
- Organisation Internationale de Normalisation [ISO] : Comité Technique 12 (A. J. THOR, Mme V. SIMONSGAARD).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig  
(S. GERMAN).

Union Internationale de Physique Pure et Appliquée [UIPPA]:  
Commission SUN-AMCO (L. VILLENA).

Les membres nominativement désignés :

M. L. McGLASHAN, University College, Londres.

L. VILLENA, Madrid.

Le directeur du BIPM (P. GIACOMO).

Invité : W. R. C. ROWLEY, rapporteur de la 7<sup>e</sup> session du Comité Consul-  
tatif pour la Définition du Mètre (3 et 4 juin 1982).

Assistaient aussi à la session : T. J. QUINN, sous-directeur du BIPM,  
R. P. HUDSON, A. SAKUMA (BIPM).

Excusés : Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung  
[ASMW], Berlin; Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée  
[UICPA] : Commission STU.

Absent : Comité d'État de l'U.R.S.S. pour les Normes [GOST],  
Moscou.

Le Président souhaite la bienvenue aux participants et il les présente. Il évoque ensuite la mémoire de P. Honti, décédé le 6 mars 1981, qui était membre du CCU depuis sa création.

Mr German est désigné comme rapporteur, assisté de R. P. Hudson comme secrétaire.

L'ordre du jour proposé est adopté.

## 1. Nouvelle définition du mètre

Le Président rappelle qu'au cours des dernières années, au sein du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM) et au sein du Comité Consultatif des Unités (CCU), les avis sur la nouvelle définition du mètre ont été divers. C'est la raison pour laquelle s'est tenue une réunion commune d'experts de ces deux Comités les 28 et 29 avril 1981, afin d'arriver à un consensus (Rapport du Groupe de travail *ad hoc* CCDM/CCU au CIPM (avril 1981), CCDM, 7<sup>e</sup> session, 1982, Annexe M 3). On s'est mis d'accord pour soumettre à la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM), qui doit se réunir en 1983, une nouvelle définition fondée sur la vitesse de la lumière. Différents aspects des quatre formulations proposées pour cette nouvelle définition ont été discutés lors de cette réunion. On a considéré que le critère de choix le plus important était la clarté de la définition pour le grand public et que la continuité de la forme — laquelle aurait incité à préférer une formulation

faisant appel à une longueur d'onde — passait en second. Cela a conduit à donner la préférence à la proposition N° 4, c'est-à-dire à une définition fondée sur le temps de parcours de la lumière. Des indications complémentaires sont données dans le document CCU/82-4 (qui reproduit le document CCDM/82-4) où l'on trouve en annexe la façon dont on peut obtenir le mètre dans la pratique au moyen d'ondes électromagnétiques. Le CCDM s'est réuni le 2 et le 3 juin 1982 et a adopté les Recommandations M 1 (1982) et M 2 (1982) sur les bases ci-dessus (*voir* documents CCU/82-11 et 82-12).

Mr Rowley donne lecture de la Recommandation M 1 (1982).

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

*rappelant* sa Recommandation M 2 (1979) et

*considérant* :

1) que la définition actuelle ne permet pas une réalisation du mètre suffisamment précise pour tous les besoins;

2) que les progrès réalisés dans l'asservissement des lasers permettent d'obtenir des radiations plus reproductibles et plus faciles à utiliser que la radiation étalon émise par une lampe à krypton 86;

3) que les progrès réalisés dans la mesure des fréquences et des longueurs d'onde de ces radiations ont abouti à des déterminations concordantes de la vitesse de la lumière dont l'exactitude est limitée principalement par la réalisation pratique du mètre dans sa définition actuelle;

4) que les valeurs des longueurs d'onde déterminées à partir de mesures de fréquence et d'une valeur donnée de la vitesse de la lumière ont une précision supérieure à celle qui peut être obtenue par comparaison avec la longueur d'onde de la radiation étalon du krypton 86;

5) qu'il y a avantage, notamment pour l'astronomie et la géodésie, à maintenir inchangée la valeur de la vitesse de la lumière recommandée en 1975 par la 15<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures, dans sa Résolution 2 ( $c = 299\,792\,458$  m/s);

6) qu'une nouvelle définition du mètre a été envisagée sous diverses formes qui ont toutes pour effet de donner à la vitesse de la lumière une valeur exacte, égale à la valeur recommandée, et que cela n'introduit aucune discontinuité appréciable de l'unité de longueur, compte tenu de l'indétermination de  $\pm 4 \times 10^{-9}$  des meilleures réalisations du mètre dans sa définition actuelle;

7) que ces diverses formes, faisant appel soit au trajet parcouru par la lumière dans un intervalle de temps spécifié, soit à la longueur d'onde d'une radiation de fréquence mesurée ou de fréquence spécifiée, ont fait l'objet de consultations et de discussions approfondies, qu'elles ont été reconnues équivalentes et qu'un consensus s'est dégagé en faveur du premier type;

8) que le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre est dès maintenant en mesure de donner des instructions pour la mise en pratique

d'une telle définition, instructions qui pourront inclure l'emploi de la radiation orangée du krypton 86 utilisée jusqu'ici comme étalon et qui pourront être complétées ou révisées par la suite;

*recommande*

— que le mètre soit défini comme suit :

« Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de  $1/299\,792\,458$  de seconde »;

— que la définition du mètre en vigueur depuis 1960, fondée sur la transition entre les niveaux  $2p_{10}$  et  $5d_5$  de l'atome de krypton 86, soit abrogée.

Une discussion s'ensuit et se termine sur un accord formel sur le texte de la Recommandation M 1. De l'avis général, le problème est correctement posé dans les « considérants » mais il convient d'y apporter quelques modifications rédactionnelles (supprimer le mot « pratique » dans le considérant (3) et remplacer « indétermination » par « incertitude relative » dans le considérant (6)). Dans la définition, on se demande s'il faudrait employer l'expression « ondes électromagnétiques » au lieu de « lumière » et si « espace libre » devrait être mis à la place de « vide ». Le résultat de la discussion est de s'en tenir à la rédaction de M 1 telle qu'elle est. Il faudra veiller à la traduction correcte en anglais. (Sur le problème de la structure de la définition, voir ci-après 3c).

Mr Rowley donne lecture de la Recommandation M 2 (1982) :

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

*recommande*

— que le mètre soit réalisé :

- soit par l'une des deux méthodes suivantes, en utilisant pour la vitesse de la lumière dans le vide la valeur  $c = 299\,792\,458$  m/s exactement qui résulte de la définition du mètre :

a) au moyen de la longueur  $l$  du trajet parcouru dans le vide par une onde électromagnétique plane pendant la durée  $t$ ; longueur que l'on obtient par la relation  $l = ct$ ,

b) au moyen de la longueur d'onde dans le vide  $\lambda$  d'une onde électromagnétique plane de fréquence  $f$ , longueur d'onde que l'on obtient par la relation  $\lambda = c/f$ ;

- soit à l'aide de l'une des radiations données dans la liste ci-dessous, radiations pour lesquelles on peut utiliser la valeur indiquée de la longueur d'onde dans le vide, avec l'incertitude donnée, pourvu que l'on observe les conditions spécifiées et le mode opératoire reconnu comme approprié;

— et que les corrections nécessaires soient appliquées pour tenir compte des conditions réelles telles que imperfection du vide, diffraction, différences de potentiel de gravitation.

Il explique que dans cette Recommandation on donne en *a*) et *b*) les méthodes directes pour utiliser la valeur de la vitesse de la lumière  $c$ , alors que l'avant-dernier paragraphe se rapporte aux étalons secondaires. Dans la liste des radiations recommandées, les valeurs numériques des résultats de quelques mesures très récentes, qui ont été présentés à la session du CCDM, doivent encore être étudiées. Un groupe de travail s'est chargé de cette tâche.

Le Président déclare que le texte de la recommandation n'est pas encore suffisamment clair pour être présenté à la CGPM puisque l'on ne peut pas voir vraiment la différence entre les méthodes mentionnées dans l'avant-dernier paragraphe et celles dont il est question en *b*).

Mr Allisy fait remarquer que la présentation de la liste des radiations recommandées n'est pas tout à fait conforme à ce que préconise le Groupe de travail sur l'expression des incertitudes, en particulier en ce qui concerne l'emploi de l'écart-type.

Après une discussion détaillée, la version suivante de M 2 est acceptée à l'unanimité <sup>(1)</sup>.

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

*recommande*

— que le mètre soit réalisé par l'une des méthodes suivantes :

*a*) au moyen de la longueur  $l$  du trajet parcouru dans le vide par une onde électromagnétique plane pendant la durée  $t$ ; cette longueur est obtenue à partir de la mesure de la durée  $t$ , en utilisant la relation  $l = ct$  et la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide  $c = 299\,792\,458$  m/s exactement qui résulte de la définition du mètre;

*b*) au moyen de la longueur d'onde dans le vide  $\lambda$  d'une onde électromagnétique plane de fréquence  $f$ ; cette longueur d'onde est obtenue à partir de la mesure de la fréquence  $f$ , en utilisant la relation  $\lambda = c/f$  et la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide  $c = 299\,792\,458$  m/s exactement qui résulte de la définition du mètre;

*c*) au moyen de l'une des radiations de la liste ci-dessous, radiations pour lesquelles on peut utiliser la valeur donnée de la fréquence ou de la longueur d'onde dans le vide, avec l'incertitude indiquée, pourvu que l'on observe les conditions spécifiées et le mode opératoire reconnu comme approprié;

— et que dans tous les cas les corrections nécessaires soient appliquées pour tenir compte des conditions réelles telles que imperfection du vide, diffraction ou gravitation.

---

(1) *Note du BIPM* : Ultérieurement, un groupe de travail du CCDM a apporté à cette version les remaniements suivants, qui ont été approuvés par correspondance :

— dans le paragraphe *c*, permuter « de la fréquence » et « de la longueur d'onde dans le vide »;

— dans le paragraphe final, permuter les derniers mots qui deviennent « telles que diffraction, gravitation ou imperfection du vide ».

A sa 71<sup>e</sup> session (octobre 1982), le CIPM a décidé en outre de supprimer à la fin des paragraphes *a* et *b* les mots « exactement qui résulte de la définition du mètre ».

D'autre part, dans la liste des radiations recommandées, le CCU propose de présenter les incertitudes de la façon suivante :

« avec une incertitude relative globale de  $\pm$  ... [qui résulte d'un écart-type estimé de ... en valeur relative] ».

## 2. « Poids » et « masse »

Le Président rend compte de la situation actuelle sur cette question. Lors de sa 7<sup>e</sup> session en 1980, le CCU avait abordé le problème (*voir* Comité Consultatif des Unités, 7<sup>e</sup> session, 1980, p. U8 et document CCU/80-10) et a renvoyé la question devant le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM). Le CCM en a discuté lors de sa première session en 1981 (*voir* documents CCU/82-1 et 82-18) et a pensé qu'il fallait consulter le Comité International de Métrologie Légale (CIML). Il s'est avéré que le CIML ne se considère pas comme compétent en la matière. Par ailleurs, aux États-Unis d'Amérique une controverse est née au sujet de l'emploi du mot « weight » (*voir* documents CCU/82-2, 82-3, 82-14, 82-15) <sup>(2)</sup>. Il est par conséquent opportun de discuter à nouveau du problème au sein du CCU.

Le Président rappelle alors le contexte historique dans lequel a été faite la déclaration de 1901 :

Au cours de la dernière décennie du XIX<sup>e</sup> siècle le mot « kilogramme » était déjà d'un usage courant pour désigner l'unité de force : les forces étaient exprimées en kilogrammes, les pressions et les contraintes en kilogrammes par centimètre carré, le travail en kilogrammètres, etc. Bien que la décision définitive relative à la « Formule de sanction des prototypes », prise par la 1<sup>re</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures en 1889 (*Comptes Rendus*, p. 35), indiquât explicitement que « Le Prototype du kilogramme... sera désormais considéré comme unité de masse », il existait à l'époque une grande confusion : on ne savait pas trop si l'on devait considérer l'unité kilogramme adoptée sur le plan international comme étant l'unité de masse ou l'unité de force (poids). Le célèbre manuel « *Praktische Physik* » de F. Kohlrausch (7<sup>e</sup> édition, 1892), qui eut une énorme influence sur la physique expérimentale à cette époque-là, faisait une distinction entre un système de mesures absolu « dynamique », avec le gramme comme unité de masse, et un système « statique » dans lequel le gramme était l'unité de force.

Pour éviter toute confusion, Kohlrausch recommanda l'emploi de l'expression gramme-poids (« Gramm-Gewicht ») lorsqu'il s'agissait du gramme utilisé comme unité de force. Toujours pour éviter toute confusion

---

<sup>(2)</sup> Cette controverse a été apaisée par une note appropriée ajoutée à la brochure « Le Système International d'Unités (SI) », 4<sup>e</sup> édition, dans la version en anglais publiée par le National Bureau of Standards (NBS SP 330, 1981 Edition, p. 18).

quant à savoir si le prototype du kilogramme adopté sur le plan international devait définir une unité de masse ou une unité de force (ou poids), la 3<sup>e</sup> CGPM, en 1901, adopta la fameuse déclaration (*Comptes Rendus*, p. 70; voir aussi « Le Système International d'Unités (SI) », 4<sup>e</sup> Ed., 1981, p. 22), qui a fait l'objet de nombreuses discussions. Il y était confirmé que le kilogramme est l'unité de masse; on considérait que le mot poids se rapporte à une grandeur de la même nature qu'une force. La déclaration de 1901 mettait officiellement fin à la confusion. On continua néanmoins d'employer le kilogramme comme unité de force, en particulier dans les milieux européens d'ingénieurs, mais sans justification légale. Le problème se résoudra au fur et à mesure que l'utilisation du newton se répandra. Toutefois, la déclaration n'est certes pas encore superflue, compte tenu de l'emploi abusif, encore très répandu, du kilogramme comme unité de force.

Ainsi, en 1901, le but n'était pas de résoudre un problème de terminologie et pour résoudre le problème de terminologie d'aujourd'hui il ne faut pas mettre en doute la déclaration de 1901.

Au cours d'une longue discussion, on fait remarquer que dans la langue courante on utilise le mot « poids » essentiellement avec le sens de masse; il s'ensuit que, du point de vue de la métrologie légale, il existe un problème pour la Communauté Européenne (Perlstein). En République Fédérale d'Allemagne, on a résolu le problème pour les domaines scientifiques et techniques en utilisant les mots « Masse », « Gewichtskraft » et « Gewichtsstück » et en évitant d'utiliser le mot « Gewicht » lui-même (German). Le problème ne se pose pas de la même façon dans les différentes langues (Villena). Le CCU a une certaine responsabilité pour l'éducation du public dans l'emploi correct des unités (Jones). On ne peut rien faire pour le moment, mais dans quelques années quand tout le monde saura la différence entre force et masse on pourrait employer « poids » comme synonyme de « masse » dans le langage courant (Hamburger). Il ne faut pas non plus compromettre à la légère la rédaction de la publication actuelle de l'ISO 31, qui constitue un compromis auquel on est parvenu avec difficulté (Simonsgaard).

Le Président constate que l'avis de la majorité est de ne rien faire pour le moment. Mr German fait remarquer que, de toute façon, si la question était à nouveau soulevée, elle devrait l'être au sein de l'ISO/TC 12 qui est l'organisme compétent.

### 3. Questions diverses

#### 3a. Noms spéciaux pour mètre carré et mètre cube

Le NBS suggère (document CCU/82-6) que l'on discute à nouveau pour savoir s'il est possible d'introduire des noms spéciaux pour mètre carré et mètre cube (voir aussi document CCU/82-8). Mr Goldman fait remarquer

qu'il y a un saut important lorsque l'on passe du mètre carré au kilomètre carré. Un autre argument en faveur de noms spéciaux est qu'il existe des unités dérivées qui comportent diverses puissances du mètre au numérateur et au dénominateur mais que l'on n'a pas avantage à simplifier (par exemple lorsqu'on exprime une consommation en  $\text{dm}^3/\text{km}$ ).

Le Président constate que, par rapport aux discussions précédentes (*Comité Consultatif des Unités*, 4<sup>e</sup> session, 1974, p. U13, 6<sup>e</sup> session, 1978, p. U12 et 7<sup>e</sup> session, 1980, p. U11), il n'y a rien de nouveau. On dispose de préfixes nombreux. Mr Preston-Thomas fait observer que l'introduction de noms spéciaux pour certaines unités dérivées pourrait élargir le domaine d'application du SI. Malgré cette remarque, la suggestion est rejetée.

### **3b. Espace entre les chiffres et le symbole °C**

Cette question est présentée par le NBS dans le document CCU/82-6, car certains organismes de normalisation conseillent l'absence d'espace entre les chiffres et le symbole °C. Le Président fait remarquer que c'est une question de normalisation. En tout cas le symbole °C pour « degré Celsius » constitue un symbole unique. Mme Simonsgaard précise que la règle de l'espace entre la valeur numérique et le symbole de l'unité est nettement indiquée dans les normes ISO (*voir International Standard ISO 31/0*).

### **3c. Structure des définitions des unités de base**

Mr Bell expose le problème présenté dans le document CCU/82-7 : les définitions des diverses unités de base se présentent sous des formes quelque peu différentes. Soit X le nom d'une unité de base, Y le nom de la grandeur correspondante et Z un échantillon particulier de cette grandeur; on a quatre types fondamentaux de définition :

- a) « le X est l'unité de Y; il est égal au Z qui... » pour le kilogramme;
- b) « le X, unité de Y, est le Z qui... » pour le kelvin;
- c) « le X est le Y égal au Z qui... » pour le mètre;
- d) « le X est le Z qui... » pour la seconde, l'ampère, la mole et la candela.

Il indique aussi que bien des gens éprouvent des difficultés lorsque la définition et la réalisation diffèrent. Sur ce dernier point, Mr Allisy répond que la réalisation est fréquemment effectuée d'une manière différente de celle que suggère la définition (sauf pour le kilogramme); la définition correspond plutôt à une opération symbolique.

Mr Bell estime qu'il serait souhaitable d'arriver à une formulation homogène pour les définitions des unités SI de base, tout au moins à l'avenir. Cette politique pourrait être appliquée chaque fois qu'une définition est soumise à révision.

Parmi les différentes formes proposées, Mr Bell préfère la forme *a*); c'est du reste la forme employée dans la plus ancienne des définitions des unités de base du SI, la définition du kilogramme. Elle donne toutes les informations nécessaires, est grammaticalement simple et elle caractérise correctement l'unité par une égalité (plutôt que par une identité) avec la grandeur qui est reproduite par le phénomène défini.

Dans la mesure où le CCU doit, à cette réunion, donner son avis sur la rédaction précise d'une nouvelle définition de l'une des unités de base du SI, le Président estime que le document présenté par Mr Bell mérite une attention particulière. La définition de l'unité d'une grandeur de base contient toujours le nom de l'unité, X, et le nom de la grandeur correspondante, Y. En suivant la classification précédente, on a adopté, à différentes époques, des formes différentes :

*a*) « Le kilogramme est l'unité de masse; il est égal à la masse du... » (1901).

*b*) « Le kelvin, unité de température thermodynamique, est [la fraction 1/273,16 de] la température thermodynamique de... » (1967).

La forme *b*) est une forme simplifiée de *a*). Dans les deux cas, quand on introduit l'expression « unité de Y », il est nécessaire de répéter le nom de la grandeur Y dans le texte.

Dans les définitions des cinq autres unités de base on a supprimé l'apposition « , unité de Y, » ce qui donne une définition plus simple, la répétition du nom de la grandeur Y n'étant plus nécessaire :

*c*) « Le mètre est la longueur égale à... » (1960);

*d*) « L'ampère est l'intensité d'un courant [constant] qui... » (1948);

« La seconde est la durée de... » (1967);

« La mole est la quantité de matière d'un... » (1971);

« La candela est l'intensité lumineuse... d'une... » (1979).

Le texte du type *d*), qui paraît le plus simple et le plus direct, a été adopté — avec préméditation — après 1945. Dans le cas exceptionnel du kelvin on a considéré comme nécessaire de souligner explicitement que le kelvin est une unité comme les autres et non pas un degré d'une échelle.

La nouvelle définition du mètre a donc été rédigée suivant le principe *d*) :

« Le mètre est la longueur du... » (proposition 1983).

Le CCU approuve cette conclusion.

### **3d. $\Omega_0$ pour le stéradian dans certaines formules**

Mr Terrien donne des explications à propos de la lettre qu'il a adressée au CCU (document CCU/82-5).

Le CCU appuie le point de vue de Mr Terrien : puisque le stéradian est

considéré par le CIPM comme une unité dérivée sans dimension, le facteur  $\Omega_0$  représentant l'angle solide de 1 stéradian n'est plus nécessaire pour assurer l'homogénéité dimensionnelle de certaines équations (par exemple dans la loi de Planck). Cela a des conséquences pour la 4<sup>e</sup> édition du Vocabulaire International de l'Éclairage actuellement en préparation sous les auspices de la Commission Internationale de l'Éclairage et de la Commission Électro-technique Internationale.

### **3e. Proposition pour une amélioration du SI**

Dans le document CCU/82-9, on fait remarquer qu'en dehors du nombre 1, du radian et du stéradian il existe plusieurs autres unités dérivées sans dimension qui doivent être prises en considération dans le SI. Au cours de la discussion de ce document certaines questions de compréhension demeurent sans réponse.

On note également que la discussion sur un symbole pour le chiffre 1, considéré comme une unité, n'a abouti à aucune conclusion positive au sein de l'ISO/TC 12. De plus, il ne sert à rien d'ouvrir à nouveau la discussion sur le bel et les problèmes qui lui sont liés, problèmes qui ont déjà été longuement considérés au sein du CCU.

### **3f. Nom spécial « dalton »**

L'Union Internationale de Biochimie a demandé que l'on introduise le nom spécial « dalton » et le symbole Da pour l'unité de masse atomique  $u$  (voir document CCU/82-10).

Le Président explique que l'unité de masse atomique a été introduite par l'UIPPA et l'UICPA en 1967/68. C'est un compromis dans le cadre d'une échelle unifiée et à l'époque on avait considéré  $u$  comme un symbole raisonnable. Il y a deux raisons pour ne pas introduire le nom spécial dalton :

1. On doit éviter, autant que possible, d'introduire des noms nouveaux.
2. Le dalton ne serait pas une unité SI cohérente.

Au vu de ces raisons la proposition est rejetée.

### **3g. Remarques au sujet du sievert**

Le Président aborde le document CCU/82-16. Il est caractéristique de la confusion entre grandeur et unité due en partie à une mauvaise compréhension. Il est encore nécessaire de bien clarifier les idées.

Dans le SI, la règle générale est que les unités des grandeurs qui ont la même équation de dimension portent le même nom. Les différentes situations physiques sont exprimées au moyen des grandeurs et non au moyen des noms des unités.

*Exemples* : 1. Le diamètre intérieur  $d_i$  d'un tuyau se mesure en mètres aussi bien que son diamètre extérieur  $d_a$ .

2. Si deux villes A et B sont reliées par la route et par le rail, à côté de la distance  $d$  qui les sépare (la plus courte distance, mesurée à vol d'oiseau), on doit aussi considérer la distance  $d_r$  par la voie ferrée et la distance  $d_r$  par la route. Toutes ces longueurs sont mesurées en mètres; il n'est pas nécessaire d'introduire le « mètre-rail » et le « mètre-route » comme unités. Les différentes situations physiques sont exprimées par les définitions des grandeurs  $d$ ,  $d_r$  et  $d_r$ .

Il s'ensuit que dans le SI on peut généralement déduire l'unité de la grandeur, mais non l'inverse.

Les deux grandeurs dose absorbée et équivalent de dose ont la même dimension. Comme il arrive que pour l'une et l'autre on abrège leur nom en « dose » seulement, des erreurs sont possibles. On a donc fait délibérément exception à la règle et on a donné au joule par kilogramme le nom spécial de gray lorsqu'il s'agit de dose absorbée et le nom spécial de sievert lorsqu'il s'agit d'équivalent de dose. Ainsi, dans ces cas particuliers, on a admis que le nom de l'unité donne une indication sur la grandeur, parce qu'on a affaire à des domaines qui demandent des mesures de sécurité supplémentaires. Les différentes situations physiques, décrites ici au moyen d'un facteur numérique sans dimension (différent suivant la nature du rayonnement, par exemple pour un rayonnement  $\gamma$  ou un rayonnement neutronique) correspondent aux grandeurs physiques, non pas aux noms des unités.

Au cours de la discussion, Mr Giacomo mentionne la lettre qu'il a envoyée le 30 octobre 1981 à L. F. Sokol (U.S. Metric Association), au sujet du gray et du sievert <sup>(3)</sup>. Le CCU approuve cette réponse ainsi que la présentation claire et correcte de cette question dans la « note du traducteur » qui figure dans la traduction anglaise de la brochure sur le SI (« The International System of Units ». HMSO, 1982, p. 48 ou NBS Special Publication 330, 1981 Edition, p. 37) note qui peut se traduire ainsi :

« Il convient de remarquer que la grandeur équivalent de dose  $H$ , est le produit de la dose absorbée  $D$  de rayonnements ionisants et des facteurs sans dimension  $Q$  (facteur de qualité) et  $N$  (produit de tous les autres facteurs de multiplication) prescrits par l'International Commission on Radiological Protection. Aussi, pour une irradiation donnée, la valeur numérique en joules par kilogramme de ces deux grandeurs  $D$  et  $H$  peut être différente,

---

<sup>(3)</sup> La partie de cette lettre qui est citée dans l'article de L. Ruby publié dans *Nuclear News*, mai 1982, (CCU/82-16) est malheureusement incomplète. Le texte exact est : « If care is not taken to specify the quantity, the measure of which is given (for instance, if it is said « the patient has received 100 J/kg »), misunderstandings leading to dangerous consequences may happen. » [Si l'on ne prend pas la peine de préciser la grandeur dont on donne la mesure (par exemple si l'on dit « le malade a reçu 100 J/kg »), des confusions aux conséquences graves sont possibles].

puisque'elle est fonction de la valeur de  $Q$  et de  $N$ . Afin d'éviter tout risque de confusion, il faut employer les noms spéciaux pour les unités correspondantes, c'est-à-dire qu'il faut exprimer  $D$  en grays et  $H$  en sieverts. »

MM. Giacomo et Goldman proposent d'adresser à l'éditeur de *Nuclear News* une réponse au sujet de l'article de L. Ruby; cette proposition est approuvée (voir *Nuclear News*, September 1982, p. 22).

Il est recommandé au BIPM d'écrire à l'ICRU pour expliquer la situation et de demander à cet organisme de répondre aussi à Mr Ruby. Il faut également en informer la Communauté Économique Européenne.

### 3h. Noms pour les puissances de dix

Le document CCU/82-19 suggère de nouveaux noms pour les grands nombres comme  $10^9$ ,  $10^{12}$ ,  $10^{15}$ , etc. pour remédier à l'ambiguïté et au manque de logique du système actuel. La discussion fait apparaître que le problème a été traité à la 9<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures (*Comptes rendus 9<sup>e</sup> CGPM*, 1948, p. 71, reproduite dans CCU/82-20). Il existe deux systèmes pour exprimer les grands nombres :

$$\begin{array}{l} 1. \text{ Règle } (n - 1) : \\ 2. \text{ Règle } N : \end{array} \left\{ \begin{array}{l} 10^6 = \text{un million} \\ 10^9 = \text{un billion (ou un milliard)} \\ 10^{12} = \text{un trillion} \\ \dots \\ 10^{3n} = \text{un } (n - 1)\text{illion} \\ \\ 10^6 = \text{un million} \\ 10^{12} = \text{un billion} \\ 10^{18} = \text{un trillion} \\ \dots \\ 10^{6N} = \text{un } (N)\text{illion} \end{array} \right.$$

Dans les deux systèmes « un milliard » correspond à  $10^9$ . En 1948, le CIPM a décidé à l'unanimité de conseiller le second système (règle N) aux pays européens et la CGPM a approuvé cette proposition. Le BIPM répondra au rédacteur de la revue pour que cette information soit publiée.

Le CCU ne voit pas la nécessité de revenir sur ce sujet. Il estime d'ailleurs que la question relève plutôt des organismes de normalisation.

### 3i. Symboles des préfixes SI

Mr Thor présente une lettre de l'Association Canadienne de Normalisation à l'ISO/TC 12 (voir document CCU/82-21) dans laquelle il est suggéré qu'à l'avenir tous les symboles des préfixes pour les multiples décimaux soient écrits avec une majuscule (D pour da, H pour h et K pour

k). Ce problème a été discuté à maintes reprises dans le passé — au sein de l'ISO/TC 12 également — et il est trop tard pour changer quoi que ce soit au système actuel.

\*  
\* \*

Mr Terrien exprime sa vive satisfaction de voir que le CCDM et le CCU sont finalement parvenus à un accord de principe sur la forme de la nouvelle définition du mètre. Le Président exprime le plaisir qu'il a à s'associer aux remarques de Mr Terrien et clôt la session en remerciant le Directeur et le personnel du BIPM.

Août 1982, révisé décembre 1982.

---



## INDEX

- Air humide (masse volumique), G 5  
calcul (Recommandation G 1 (1981)),  
G 10  
projet de résolution pour le CGPM, 7
- Base géodésique, 30
- Bâtiments  
dépendances (consolidation de la colline),  
27  
des lasers, 17  
peinture du comble C 1, 27  
plan de constructions à long terme, 24  
ravalement Observatoire, 27
- BIH (*voir* Échelles de temps)
- Budget 1983, 22
- Certificats, Notes d'étude, 69
- CGPM (17<sup>e</sup>), préparation, 23  
projets de résolutions, 7, 10, 11
- Comités Consultatifs  
Définition du Mètre, 9; 7<sup>e</sup> rapport, M 1  
Masse et grandeurs apparentées, 6; 1<sup>er</sup>  
rapport, G 1; composition des Groupes  
de travail, G 12  
Photométrie et Radiométrie, 12  
réunions futures, 13  
Thermométrie, 7; 14<sup>e</sup> rapport, T 1  
Unités, 11; 8<sup>e</sup> rapport, U 1
- Comité International,  
bureau du, 3  
démission (Verma), 2  
élection (Blevin), 2; principes, 4  
prix Nobel (K. Siegbahn), 2  
rapport du Secrétaire, 2  
réévaluation de l'actif des comptes, 3
- Comparaisons internationales  
cellules scellées à point triple (organisée  
par l'IMGC), T 3  
étalons de passage de 1 à 100  $\Omega$ , 47  
étalons d'angle, M 11  
gravimètres, 42  
mesures d'activité (<sup>133</sup>Ba, <sup>137</sup>Cs, <sup>55</sup>Fe), 56  
mesures de débit de fluence, 64  
règle divisée (3<sup>e</sup> circuit), 29; résultats  
provisaires, M 11  
représentations nationales de l'ohm, 46  
représentations nationales du volt, 48
- Comptes, 81
- CO<sub>2</sub> dans l'air, fraction molaire de, 38
- Dalton (rejet par le CUU), U 10
- Dépôt des Prototypes métriques, visite (humidité), 18
- Dose absorbée, mesure, 54
- Échantillonnage sélectif, 60  
utilisation de la méthode, 57
- Échelle Internationale Pratique de Température (*voir* Thermométrie)
- Échelles de pression de vapeur de l'hélium  
Recommandation T 1 (1982), T 5
- Échelles de temps, 15, 38  
fichiers du temps atomique, 40  
liaisons horaires par satellite, 41  
stabilité et exactitude du TAI, 40
- Électricité, 46  
comparaisons internationales (*voir* à)  
détecteur SQUID, 47  
étalons de capacité, 51  
étalons de 1  $\Omega$ , pont cryogénique, 47  
transfert de V<sub>76-BI</sub>, 49
- Électrons, 55
- Étalons  
électriques (*voir* Électricité)  
longueur  
à bouts, 30  
à traits, 29  
masse, Groupes de travail du CCM  
(conservation; acier inoxydable),  
composition, G 12
- Fils géodésiques, 30
- Force, G 7  
Groupe de travail du CCM, composition,  
G 13
- Gallium, point triple, 43
- Gravimétrie  
comparaisons de gravimètres, 42  
gravimètre absolu transportable, 42
- Groupes de travail du CCM, composition,  
G 13
- Instruments de transfert de pression, 45
- Invar géodésique (*voir* Base géodésique)
- Kilogrammes prototypes  
fabrication de nouveaux étalons, 37  
N° 39 (Rép. de Corée), N° 56 (Afrique du  
Sud), N° 65 (Tchécoslovaquie), 36; A et  
B (NPL); N° 650 et N° 651 (BIPM), 37

- Lasers, 30  
à He — Ne, absorption en cuve interne, 31; en cuve externe, 34  
comparaisons avec CSMU, IMG, 31  
liste des radiations recommandées (1982), M 15; établissement, M 8  
mesures de longueur d'onde, 35; progrès effectués depuis 1979, M 2  
reproductibilité, M 4  
Longueurs, 29
- Manométrie, 45  
instrument de transfert de pression, 45  
Masse volumique  
air humide, G 5; calcul (Recommandation G 1 (1981)), G 10  
liquides et solides, G 8; Groupe de travail, création, G 9; composition, G 13  
Masses, 36  
CCM, G 1  
Mesures neutroniques  
chambres d'ionisation, 65  
débit de fluence, comparaison internationale, 64  
Mètre  
Comité Consultatif, 9; 7<sup>e</sup> rapport, M 1  
formulation d'une nouvelle définition, M 4; mise en pratique, spécification pour, M 7  
*Metrologia*, 66
- Neutrons (*voir* Mesures neutroniques)  
Notice historique, V
- Organismes internationaux et nationaux, travaux en liaison avec, 72
- Personnel du BIPM  
engagement (D. Howell), 27  
voyages, visites, conférences, exposés, 73  
Photométrie et Radiométrie, 51  
Comité Consultatif, 12  
Poids et masse, (état du problème), U 6  
Pression  
Groupes de travail du CCM, composition, G 13  
instrument de transfert de, 45  
vapeur de <sup>4</sup>He et <sup>3</sup>He, nouvelles équations (Recommandation T 1 (1982)), T 5  
Publications  
du BIPM, 66  
extérieures, 67  
rapports, 68  
Pyrométrie infrarouge, 44
- Questions administratives, 19  
Rapport Annuel, réévaluation de l'actif, 19
- Radiométrie (*voir* Photométrie)  
Radionucléides, 56  
activité, comparaisons internationales (<sup>133</sup>Ba, <sup>137</sup>Cs, <sup>55</sup>Fe), 56  
échantillonnage sélectif, utilisation de la méthode d', 57  
spectrométrie  $\gamma$  à Ge(Li), 59  
Système international de référence, 58  
Rapport aux Gouvernements pour 1981 (réévaluation de l'actif), 19  
Rapport du directeur, 27  
Rayonnement  $\gamma$  du <sup>60</sup>Co, 53  
Rayons X, 52  
étalons d'exposition, comparaison indirecte avec le BEV, 52  
Recommandations du  
CCDM, (Sur une nouvelle définition du mètre), M 13; (Mise en pratique), M 14; (Travaux sur les lasers au BIPM), M 18  
CCM, (Calcul de la masse volumique de l'air humide), G 10; (Poursuite et intensification des travaux), G 11  
CCT, (Échelles de pression de vapeur de l'hélium), T 5  
Règle divisée, 29, M 11
- Sievert, remarques au sujet du, U 10  
Spectrométrie  $\alpha$ , 64  
SQUID, détecteur (*voir* Électricité)  
Statistiques de comptage  
avec temps mort cumulatif, 62  
échantillonnage sélectif, 60  
Système international de référence (SIR), 58  
Système International d'Unités (SI)  
noms spéciaux (mètre carré et mètre cube), U 7; dalton, U 10  
poids et masse, U 6  
rapport sur les progrès du SI, 25  
sievert, remarques au sujet du, U 10  
unités de base (structure des définitions), U 8
- Temps Atomique International (*voir* Échelles de temps)  
Thermométrie  
EIPT, 43; nouvelle, T 2  
points triples (Ga, H<sub>2</sub>O), 43  
température thermodynamique, 44  
Travaux du BIPM, exposé sur, 14
- Unités,  
Comité Consultatif, 11: 8<sup>e</sup> rapport, U 1
- Visites et stages au BIPM, 78  
Vocabulaire international de métrologie, 25  
Voyages, visites, conférences, exposés du personnel du BIPM, 73
- W, mesure de, 55

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

### COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

#### 71<sup>e</sup> Session (Octobre 1982)

	Pages
Notice historique sur les organes de la Convention du Mètre . . . . .	v
Liste des membres du Comité International. . . . .	vii
Liste du personnel du Bureau International. . . . .	ix
Ordre du jour de la session . . . . .	x
<b>Procès-Verbaux des séances, 12-14 octobre 1982. . . . .</b>	<b>1</b>
Ouverture de la session . . . . .	1
Rapport du Secrétaire du CIPM (Élection de W. R. Blevin; démission de A. R. Verma; attribution du prix Nobel de Physique pour 1981 à K. Siegbahn)	2
Élections au CIPM; siège vacant . . . . .	4
Comités Consultatifs . . . . .	6
pour la Masse et les grandeurs apparentées, 1 <sup>re</sup> session (Projet de résolution C sur la masse volumique de l'air) . . . . .	6
Thermométrie, 14 <sup>e</sup> session. . . . .	7
Définition du Mètre, 7 <sup>e</sup> session (Projets de résolutions A sur la définition du mètre et B sur la mise en pratique de la définition) . . . . .	9
Unités, 8 <sup>e</sup> session . . . . .	11
Photométrie et Radiométrie, 10 <sup>e</sup> session . . . . .	12
Réunions futures des Comités Consultatifs . . . . .	13
Travaux du BIPM. . . . .	14
Bâtiment des lasers . . . . .	17
Visite des laboratoires; visite du Dépôt des prototypes métriques . . . . .	18
Questions administratives :	
Rapport aux Gouvernements pour 1981 . . . . .	19
Quitus pour l'exercice 1981. . . . .	20
Exercice en cours . . . . .	21
Projet de budget pour 1983 . . . . .	21
Préparation de la 17 <sup>e</sup> CGPM . . . . .	23
Rapport du Président du CIPM et des présidents des Comités Consultatifs. .	23

Conclusions du Groupe de travail <i>ad hoc</i> de la 16 <sup>e</sup> CGPM . . . . .	24
Programme de travail et budget du BIPM . . . . .	24
Rapport concernant l'avancement du Système métrique et du SI . . . . .	25
Questions diverses . . . . .	25

**Rapport du Directeur sur l'activité et la gestion du Bureau International des Poids et Mesures** (octobre 1981-septembre 1982)

I. PERSONNEL. — Engagement (D. Howell) . . . . .	27
II. BÂTIMENTS. — Observatoire (Ravalement de trois façades; peinture). Menuiserie (Sondage du sol). Dépendances (Consolidation de la colline derrière l'Observatoire; travaux divers) . . . . .	27
III. INSTRUMENTS ET TRAVAUX . . . . .	28
Remarques générales . . . . .	28
1. Longueurs . . . . .	29
1.1 Étalons à traits (Comparaison internationale de mesure d'une règle divisée. Règle divisée N° 122 R [BIPM]) . . . . .	29
1.2 Étalons à bouts plans (Mesure de huit calibres [Suisse, Autriche]. Interféromètre Tugami : vérification des valeurs des longueurs d'onde) . . . . .	30
1.3 Base géodésique (Invar géodésique) . . . . .	30
2. Lasers . . . . .	30
2.1 Généralités . . . . .	30
2.2 Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve interne [ $\lambda = 633$ nm] (Mesure de l'intervalle $^{129}\text{I}_2, k - ^{127}\text{I}_2, i$ . Comparaisons avec le CSMU [Tchécoslovaquie], avec l'IMGC [Italie]. Comparaisons de cuves à iode. Déplacement de fréquence aux faibles pressions dans la cuve à iode) . . . . .	31
2.3 Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve interne [ $\lambda = 612$ nm] (Comparaison avec l'IMGC) . . . . .	33
2.4 Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve externe [ $\lambda = 612$ nm] . . . . .	34
2.5 Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée du méthane en cuve interne [ $\lambda = 3,39$ $\mu\text{m}$ ] . . . . .	34
2.6 Mesures de longueur d'onde . . . . .	35
3. Masses . . . . .	36
3.1 Kilogrammes prototypes en platine iridié (N° 39 [Rép. de Corée]; N° 56 [Afrique du Sud]; N° 65 [Tchécoslovaquie]; Kilogrammes A et B [NPL]; N° 650 et N° 651 [BIPM]) . . . . .	36
3.2 Étude d'autres étalons de masse . . . . .	37
3.3 Fabrication de nouveaux étalons en platine iridié . . . . .	37
3.4 Masse volumique de l'eau . . . . .	38
3.5 Fraction molaire de $\text{CO}_2$ dans l'air . . . . .	38
3.6 Divers . . . . .	38
4. Échelles de temps . . . . .	38
4.1 Travaux courants (Temps Atomique International; Temps Universel Coordonné) . . . . .	40
4.2 Les fichiers de temps atomique . . . . .	40
4.3 Stabilité et exactitude du TAI . . . . .	40
4.4 Liaisons horaires par satellite . . . . .	41
5. Gravimétrie. — Comparaisons de gravimètres. Gravimètre absolu transportable BIPM-Jaeger . . . . .	42
6. Thermométrie . . . . .	43
6.1 Échelle Internationale Pratique de Température (Points triples du gallium et de l'eau. Point de congélation de l'aluminium. Thermomètres à résistance de platine pour la mesure des hautes températures) . . . . .	43
6.2 Températures thermodynamiques : étude par pyrométrie infrarouge . . . . .	44
6.3 Études courantes . . . . .	45

7. Manométrie . . . . .	45
7.1 Instrument de transfert de pression . . . . .	45
7.2 Études courantes . . . . .	46
8. Électricité . . . . .	46
8.1 Comparaisons de représentations nationales de l'ohm (Comparaison de $\Omega_{\text{NPL}}$ , $\Omega_{\text{NPRL}}$ , $\Omega_{\text{NIM}}$ et $\Omega_{\text{NBS}}$ à $\Omega_{69\text{-BI}}$ ) . . . . .	46
8.2 Comparaison d'étalons de passage de 1 à 100 $\Omega$ du type Hamon . . . . .	47
8.3 Pont cryogénique pour la comparaison d'étalons de résistance . . . . .	47
8.4 Comparaisons de représentations nationales du volt (Comparaison de $V_{\text{VSL}}$ , $V_{\text{LCIE}}$ , $V_{\text{NPRL}}$ et $V_{\text{NIM}}$ à $V_{76\text{-BI}}$ ) . . . . .	48
8.5 Conservation et transfert de $V_{76\text{-BI}}$ . . . . .	49
8.6 Étalons de capacité . . . . .	51
8.7 Études courantes . . . . .	51
9. Photométrie . . . . .	51
9.1 Radiométrie absolue . . . . .	51
9.2 Études courantes . . . . .	52
10. Rayons X et $\gamma$ , électrons . . . . .	52
10.1 Rayons X (Comparaison d'étalons d'exposition avec le BEV [Autriche] et avec d'autres laboratoires nationaux) . . . . .	52
10.2 Rayonnement $\gamma$ du $^{60}\text{Co}$ . . . . .	53
Rapport des pouvoirs de ralentissement . . . . .	53
Mesure de l'exposition (Étalonnage de chambres d'ionisation [Suède, BIPM], Mesures avec chambres Shonka) . . . . .	54
Mesure de la dose absorbée . . . . .	54
10.3 Électrons (Travaux concernant la mesure de $W$ : mesure du courant d'électrons; mesure du courant d'ionisation) . . . . .	55
11. Radionucléides . . . . .	56
11.1 Mesures d'activité . . . . .	56
Comparaisons internationales de mesures d'activité ( $^{133}\text{Ba}$ , $^{137}\text{Cs}$ , $^{55}\text{Fe}$ )	
Utilisation de la méthode d'échantillonnage sélectif . . . . .	57
Mesures relatives au moyen d'une chambre d'ionisation à puits pressurisée (Sources de référence. Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons $\gamma$ ) . . . . .	58
Spectromètre $\gamma$ muni d'un détecteur au germanium compensé au lithium Ge(Li) . . . . .	59
11.2 Statistiques de comptage . . . . .	60
Échantillonnage sélectif . . . . .	60
Taux de comptage initial pour un temps mort cumulatif . . . . .	62
Autres travaux . . . . .	63
11.3 Spectrométrie alpha . . . . .	64
12. Mesures neutroniques . . . . .	64
12.1 Comparaison internationale de mesures de débit de fluence . . . . .	64
12.2 Étude des chambres d'ionisation à paroi équivalente au tissu (Étude dans un champ de $^{60}\text{Co}$ ) . . . . .	65
13. Publications . . . . .	66
Publications du BIPM . . . . .	66
Metrologia . . . . .	66
Publications extérieures . . . . .	67
Rapports . . . . .	68
14. Certificats et Note d'étude . . . . .	69
IV. ACTIVITÉS ET RELATIONS EXTÉRIEURES . . . . .	72
Travaux en liaison avec des organismes internationaux et nationaux . . . . .	72
Voyages, visites, conférences, exposés du personnel . . . . .	73
Visites et stages au BIPM . . . . .	78
V. COMPTES . . . . .	81

ANNEXES

<b>Rapport du Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (1<sup>re</sup> session-1981) au CIPM, par M. KOCHSIEK</b> .....	G1
<b>Rapport du Comité Consultatif de Thermométrie (14<sup>e</sup> session-1982) au CIPM, par M. DURIEUX</b> .....	T1
<b>Rapport du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (7<sup>e</sup> session-1982) au CIPM, par W. R. C. ROWLEY</b> .....	M1
<b>Rapport du Comité Consultatif des Unités (8<sup>e</sup> session-1982) au CIPM, par S. GERMAN</b> .....	U1
INDEX .....	XI

---