

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

---

# PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES

---

2<sup>e</sup> SÉRIE – TOME 47

---

68<sup>e</sup> SESSION – 1979

(4-12 octobre)



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Pavillon de Breteuil, F-92310 SÈVRES, France

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

ISBN 92-822-2060-5

---

## 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 au moins une fois tous les six 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 au moins une fois tous les deux 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 du Bureau International pour l'année 1979 est de l'ordre de 6 700 000 francs-or, soit environ 2 650 000 dollars U.S.

---

(1) Au 31 décembre 1979, quarante-cinq 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), 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 d'un délégué 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 sept :

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.

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 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 MEMBRES**  
DU  
**COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES**  
AU 12 OCTOBRE 1979

---

*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).

*Vice-Présidents*

2. P. HONTI, Ancien Vice-Président de l'Office National des Mesures, Székacs-u/9b, 1122 *Budapest*.
3. D. KIND, Président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 3300 *Braunschweig*.

*Secrétaire*

4. J. DE BOER, Directeur de l'Institut de Physique Théorique, Université d'Amsterdam, Valckenierstraat 65, *Amsterdam-C*.

*Membres*

5. E. AMBLER, Directeur du National Bureau of Standards, *Washington D.C.* 20234.
6. L. CINTRA DO PRADO, Professeur à l'Université de São Paulo, Alameda Rocha Azevedo 1274 (Apt. 71), *São Paulo*, S.P. 01410.
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 Institutet, Universitetets Fysiske Laboratorium 1, Universitetsparken 5, 2100 *København Ø*.

9. V. I. KIPARENKO, Vice-Président du Comité d'État des Normes du Conseil des Ministres de l'U.R.S.S., Leninski prosp. 9 b, 117049 *Moscou*.
10. F. J. LEHANY, Directeur du National Measurement Laboratory, P. O. Box 218, Bradfield Road, *Lindfield*, N.S.W. 2070 (Australie).
11. J. M. OTERO, Ancien Président de la Junta de Energia Nuclear, Alfonso XII, 32, *Madrid* 14.
12. A. PÉRLSTAIN, 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. Y. SAKURAI, Directeur du National Research Laboratory of Metrology, 10-4, 1-Chome, Kaga, Itabashi-ku, *Tokyo*.
15. K. SIEGBAHN, Directeur de l'Institut de Physique, Box 530, 75121 *Uppsala* 1 (Suède).
16. R. STEINBERG, Chef du Département de Physique et Métrologie, Instituto Nacional de Tecnologia Industrial, 1101 *Buenos Aires*.
17. A. R. VERMA, Directeur du National Physical Laboratory of India, Hillside Road, *New Delhi* 12.
18. WANG Daheng, Directeur de l'Institut d'Optique et de Mécanique de Précision, *Chanchun* (Rép. Pop. de Chine).

*Membres honoraires*

1. A. V. ASTIN, Director-Emeritus, National Bureau of Standards, *Washington* D.C. 20234.
  2. G. D. BOURDOUN, Institut de Métrologie, Chaire de Métrologie, Vadkovski per. 3 a, Stankin, *Moscou* A-55.
  3. L. M. BRANSCOMB, Old Orchard Road, *Armonk*, N.Y. 10504.
  4. L. DE BROGLIE, de l'Académie Française, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, 94 rue Perronet, 92200 *Neuilly-sur-Seine*.
  5. N. A. ESSERMAN, 2/29 A Stawell Street, *Kew*, Victoria 3101.
  6. R. H. FIELD, 32 Highgate Gardens, *St. Michael* (Barbados).
  7. L. E. HOWLETT, 1702-71 Somerset Street W, *Ottawa*, Ontario K2P 2G2.
  8. M. KERSTEN, Knappstrasse 8, 3300 *Braunschweig*.
  9. J. STULLA-GÖTZ, Gentzgasse 3, 1180 *Wien*.
-

---

# LISTE DU PERSONNEL

DU

## BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

AU 1<sup>er</sup> JANVIER 1980

---

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

### LABORATOIRES

#### *Physiciens Chercheurs principaux*

A. Allisy, A. Rytz, P. Carré.

#### *Physiciens et Métrologistes*

G. Leclerc, A. Sakuma, J. Hamon,  
J. W. Müller, J. Bonhoure, T. Witt,  
V. D. Huynh, G. Girard, J.-M. Char-  
tier, P. Bréonce, D. Reymann,  
J. Azoubib.

#### *Techniciens et Calculateurs*

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

#### *Atelier de mécanique*

R. Michard.  
G. Boutin, B. Bodson, J. Leroux,  
C. Gilbert, J. Dias, F. Perez,  
D. Rotrou.

### ADMINISTRATION ET SERVICES

#### *Métrologiste rédacteur*

H. Moreau.

#### *Administrateur*

J. Gaillard.

#### *Secrétaires*

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

#### *Gardiens*

A. Montbrun, L. Lecouffard.

#### *Services d'entretien généraux*

A. Gama, M<sup>me</sup> A. Perez.  
3 employés (contractuels).

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

---

## ORDRE DU JOUR DE LA SESSION

---

1. Ouverture de la session ; quorum ; ordre du jour.
  2. Rapport du Secrétaire du CIPM.
  3. Comités Consultatifs : Rapports du CCDM et du CCEMRI (proposition d'installation au BIPM d'une source de neutrons de 14 MeV) ; activités des autres Comités Consultatifs).
  4. Enquêtes du BIPM et Groupes de travail (masses, pressions, forces ; formule pour la détermination de la masse volumique de l'air ; projet de création d'un comité consultatif pour les masses).
  5. Programme des séances de la 16<sup>e</sup> CGPM : rapports à présenter par les présidents des Comités Consultatifs ; programme de travail et dotation du BIPM pour 1981-1984 ; proposition de l'Espagne.
  6. Travaux du BIPM.
  7. Visite du dépôt des Prototypes métriques.
  8. Questions administratives.
  9. Questions diverses.
  10. Élection du bureau du CIPM après le renouvellement partiel par la 16<sup>e</sup> CGPM.
-



COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

68<sup>e</sup> SESSION (OCTOBRE 1979)

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

TENUES A SÈVRES ET A PARIS

Présidence de Mr J. V. DUNWORTH

Le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) s'est réuni pour sa 68<sup>e</sup> session du jeudi 4 au vendredi 12 octobre 1979. Il a tenu quatre séances au Pavillon de Breteuil à Sèvres les 4 et 5 octobre et une séance le 12 octobre au Centre de Conférences Internationales à Paris.

Étaient présents : MM. AMBLER, DE BOER, CINTRA DO PRADO, DUNWORTH, GUINOT, JENSEN, KIND, KIPARENKO\*, PERLSTAIN\*, PRESTON-THOMAS, SAKURAI, SIEGBAHN, STEINBERG, VERMA, WANG Daheng, GIACOMO (directeur du BIPM).

Excusés : MM. HONTI, LEHANY.

Absent : Mr OTERO.

Assistaient aussi aux séances :

Mr QUINN (sous-directeur du BIPM),

invités : MM. DEAN, FERRO MILONE, TERRIEN (directeur honoraire du BIPM),

interprètes : MM. Oboukhov, Sakuma, Vigoureux,

secrétaire : Mlle Monprofit.

1. *Ouverture de la session; quorum; approbation de l'ordre du jour*

Le *Président* accueille les deux nouveaux membres du Comité International, MM. Kiparenko et Wang Daheng, dont l'élection vient d'avoir lieu le 18 septembre 1979. Il accueille également MM. Dean, directeur du National Physical Laboratory (Teddington) et Ferro Milone, directeur de l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris (Turin) qui ont été invités à participer aux délibérations du CIPM. Il informe le Comité des mauvaises

\* Mr Kiparenko n'a pu assister à la première séance; Mr Perlstain n'a pu assister qu'à la dernière séance.

nouvelles concernant la santé de Mr Honti qui n'est pas en mesure de faire le voyage pour assister à la présente session ; un télégramme lui est envoyé pour lui transmettre les vœux de prompt rétablissement du Comité.

Le *Président* salue en particulier Mr Verma qui a été empêché fréquemment, au cours des dernières années, de suivre les travaux du CIPM. Il transmet les excuses de Mr Perlstain qui ne peut assister aux séances du jeudi et du vendredi car il a été mandé en consultation par le Gouvernement de son pays.

A l'intention des nouveaux membres, le *Président* rappelle que le CIPM ayant à traiter de problèmes techniques ainsi que de problèmes administratifs essaie de travailler en discussions libres et d'éviter les votes formels chaque fois que cela est possible. Il rappelle aussi que les membres du CIPM sont élus à titre personnel et ne représentent pas leur pays d'origine.

Mr *Wang Daheng* répond que c'est pour lui un grand plaisir et un grand honneur d'avoir été admis à siéger au sein de ce Comité mondialement connu. Il comprend que son élection fait suite à l'adhésion de la République Populaire de Chine à la Convention du Mètre et il remercie tous ceux qui ont voté en sa faveur, ainsi que Mr Giacomo. Il tient à remercier aussi les Laboratoires qui ont apporté leur aide pour développer les activités métrologiques de son pays, en particulier le BIPM qui a déjà effectué un bon nombre d'étalonnages, permettant ainsi à la métrologie chinoise d'atteindre une précision raisonnable pour tous les besoins de la pratique. La Chine se trouve actuellement au stade où elle étudie et se perfectionne auprès des autres laboratoires, mais elle espère être sous peu en mesure d'apporter une contribution active à la métrologie, en collaboration avec les autres pays.

L'ordre du jour est approuvé.

Mr *de Boer*, secrétaire du CIPM, donne ensuite lecture de son rapport.

## 2. Rapport du Secrétaire du CIPM

(22 septembre 1978 — 4 octobre 1979)

1. *États membres de la Convention du Mètre.* — La liste des États membres est demeurée inchangée et comporte toujours 45 États.

### 2. Membres du CIPM

*Décès.* — Ainsi que le CIPM l'avait appris au cours de sa dernière session, E. Djakov est décédé le 15 septembre 1978.

*Démission.* — Mr B. M. Issaev, par lettre du 1<sup>er</sup> juin 1979, nous a confirmé son intention de se retirer du CIPM, car il a maintenant pris sa retraite.

*Élections.* — Afin de pourvoir les deux sièges devenus vacants, il a été procédé à deux votes par correspondance à scrutin secret.

Mr WANG Daheng a été élu au siège laissé vacant par E. Djakov et Mr V. I. KIPARENKO à celui laissé vacant par B. M. Issaev.

Le dépouillement de ces deux votes a eu lieu le 18 septembre 1979.

Mr Wang Daheng est la première personnalité de nationalité chinoise à siéger au Comité International. Il est directeur de l'Institut d'Optique et de Mécanique de Précision de Chanchun,

recteur de l'Université scientifique et technique de Kharbine et conseiller de l'Institut de Métrologie de Chine.

Mr Kiparenko est vice-président du Comité des Normes auprès du Conseil des Ministres de l'URSS. Il est en particulier responsable au sein de ce Comité de tout ce qui concerne la métrologie.

### 3. Réunions de Comités Consultatifs

— Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre a tenu sa 6<sup>e</sup> session les 6, 7 et 8 juin 1979 sous la présidence de D. Kind.

— Le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI) a tenu sa 8<sup>e</sup> session les 9 et 10 juillet 1979 sous la présidence de E. Ambler; cette session avait été préparée par les réunions des trois sections du CCEMRI :

- la Section I (Rayons X et  $\gamma$ , électrons) s'est réunie les 28, 29 et 30 mai 1979 sous la présidence de W. A. Jennings,

- la Section II (Mesure des radionucléides) s'est réunie du 3 au 5 avril 1979 sous la présidence de P. J. Campion,

- la Section III (Mesures neutroniques) s'est réunie les 23, 24 et 25 avril 1979 sous la présidence de R. S. Caswell.

— Les 20 et 21 mars 1979 s'est tenue une réunion concernant les mesures de pression. Cette réunion faisait suite à une enquête effectuée par le BIPM sur ces problèmes auprès des laboratoires nationaux.

Toutes ces réunions se sont tenues au Pavillon de Breteuil.

4. *Bureau du CIPM.* — Le bureau du CIPM s'est réuni plusieurs fois, au Pavillon de Breteuil. L'état de santé de notre vice-Président, Mr Honti, ne lui a pas permis d'assister à toutes ces réunions; les discussions et échanges d'informations se sont poursuivis par correspondance. Le bureau a examiné régulièrement les questions concernant la préparation de la prochaine Conférence Générale, les propositions en vue de l'élection de nouveaux membres, les travaux des Comités Consultatifs, les relations avec les autres organismes internationaux et le fonctionnement courant du Bureau International.

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 :

	1976	1977	1978	1979
Fonds ordinaires .....	5 455 315,24	5 304 386,84	6 944 249,39	7 197 155,31
Caisse de retraites .....	855 396,40	1 096 293,67	1 366 601,28	1 661 363,00
Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique .....	39 465,59	0,00	441 792,00	441 792,00
Caisse de prêts sociaux .....	10 811,45	31 968,15	11 968,48	19 096,90
Totaux .....	<u>6 360 988,68</u>	<u>6 432 648,66</u>	<u>8 764 611,35</u>	<u>9 319 407,21</u>

Ce rapport ne donne lieu à aucun commentaire particulier.

### 3. Comités Consultatifs

#### Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM)

Mr Kind, président du CCDM, présente le rapport de la 6<sup>e</sup> session de ce Comité Consultatif qui s'est tenue du 6 au 8 juin 1979 (voir p. M 1). Cette session a été importante; on avait à discuter de la question fondamentale d'une éventuelle nouvelle définition du mètre.

Comme conséquence de la précédente session (1973), deux règles divisées l'une de 1 m, l'autre de 500 mm, ont fait l'objet d'une comparaison circulaire. Les résultats sont assez décevants. La médiocrité des résultats est vraisemblablement due à la qualité des traits. Il est nécessaire de poursuivre des comparaisons de ce type et le CCDM envisage de procéder à des comparaisons de règles plus courtes, choisies spécialement pour étudier l'importance de la qualité des traits.

Dans le domaine des lasers, des progrès ont été accomplis au cours des dernières années. Les deux radiations ( $\lambda = 0,633 \mu\text{m}$  et  $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$ ) recommandées à la session de 1973 du CCDM se sont avérées conformes à ce que l'on en attendait. En 1979, le CCDM a estimé que les longueurs d'onde de deux nouvelles radiations ( $\lambda = 0,515 \mu\text{m}$  et  $\lambda = 0,612 \mu\text{m}$ ) peuvent être considérées comme longueurs d'onde de référence pour les mesures de longueur.

La nécessité d'une nouvelle définition du mètre n'est pas due essentiellement à la métrologie, mais plutôt au besoin de conserver l'intégrité des unités SI. Les mesures effectuées au moyen de radiations émises par des lasers assurent une reproductibilité supérieure à celle que l'on obtient avec l'étalon du krypton. Nous nous trouvons donc dans une situation qui risque de conduire à des incohérences. Une nouvelle définition fondée sur la vitesse de la lumière présenterait l'avantage de demeurer inchangée dans l'avenir prévisible aujourd'hui. Toutefois, le CCDM a estimé qu'il ne fallait pas précipiter les choses et qu'il serait prématuré de proposer une nouvelle définition dès 1979, à la 16<sup>e</sup> Conférence Générale. Cependant, le CCDM a tenu d'ores et déjà à proposer la rédaction d'une nouvelle définition. Il y aura ainsi suffisamment de temps pour réfléchir à cette rédaction avant de la soumettre à la 17<sup>e</sup> Conférence Générale, en 1983. La position exacte du CCDM est exposée dans la Recommandation M 2 (1979) (voir p. M 16).

Mr *de Boer* fait remarquer à ce sujet qu'il existe déjà une proposition du Comité Consultatif des Unités (CCU) pour une nouvelle définition du mètre qui relierait le mètre et la seconde à la même transition de l'atome de césium 133 (CCU, 4<sup>e</sup> session, 1974, p. U 12 et *Procès-Verbaux CIPM*, 42, 1974, p. U 12).

Mr *Kind* répond que la discussion vient de commencer et qu'il faut considérer le problème beaucoup plus en détail avant de prendre une décision. Il ne trouve pas particulièrement opportun de se rapporter à la transition du césium, choisie pour la définition de la seconde, car on ne peut pas prévoir si cette définition sera toujours fondée sur cette transition.

Mr *Terrien* ajoute que le SI ne s'adresse pas aux physiciens seulement ; la définition proposée par le CCDM aurait le mérite de pouvoir être comprise de tout le monde.

Pour Mr *Kind*, la nouvelle définition envisagée constitue un progrès si important par rapport à la définition actuelle que la différence entre les propositions du CCU et du CCDM lui paraît secondaire. C'est toutefois une raison de plus pour ne pas précipiter le changement.

Mr *Jensen* suggère que l'on discute encore au sein du CCU sur ce projet de nouvelle définition.

Mr *Ambler* souligne lui aussi le progrès important qu'apporte une nouvelle définition de ce type du point de vue scientifique.

Pour conclure, le *Président* indique que le CIPM prend acte de la Recommandation M 1. En ce qui concerne la Recommandation M 2 elle est renvoyée pour consultation entre le CCDM et le CCU.

#### **Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI)**

Mr *Ambler*, président du CCEMRI, présente le rapport de ce Comité Consultatif et de ses trois Sections qui se sont réunis entre avril et juillet 1979 (voir p. R 1).

Section I (Rayons X et  $\gamma$ , électrons) : les comparaisons d'exposition et de dose absorbée continuent à constituer l'activité courante. Les installations du BIPM sont en complet état de marche. Les travaux sur les facteurs de conversion se poursuivent. Deux groupes de travail ont été créés ; l'un a été chargé d'étudier les facteurs de conversion pour passer de l'exposition à la dose absorbée dans l'eau, et l'autre d'étudier les facteurs de conversion dont on a besoin pour passer des mesures calorimétriques dans le graphite à la dose absorbée dans l'eau. Cela correspond aux besoins pratiques.

Section II (Mesures des radionucléides) : les comparaisons se poursuivent. On peut noter avec satisfaction une amélioration continue des résultats dont la dispersion diminue au cours des années. On a aussi procédé à des comparaisons de sources de rayonnement  $\gamma$  et en particulier de sources « ponctuelles ». Un nombre croissant de laboratoires prend part à l'établissement du système international de référence du BIPM. A cet égard, le BIPM reçoit un appui fondamental de tous les laboratoires. Mr *Campion* a démissionné de la présidence de cette Section du CCEMRI ; il a été remplacé par Mr *Weiss* (PTB).

Section III (Mesures neutroniques) : le BIPM a procédé à une comparaison internationale des mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques. Le rapport final du BIPM a été étudié par les laboratoires qui ont pris part à cette comparaison ; il sera publié dans *Metrologia*. Tout le monde s'est accordé pour trouver les résultats intéressants, non seulement pour les participants mais aussi pour les autres laboratoires. L'exactitude de 1 % que l'on avait visée demande encore pour être atteinte de nouvelles mises au point, non seulement des instruments mais aussi des techniques de mesure.

#### *Source de neutrons de 14 MeV*

Mr *Ambler* aborde ensuite la proposition faite par le CCEMRI d'installer au BIPM une source de neutrons de 14 MeV dont on a évalué le coût à environ 850 000 francs français. Le taux d'émission de neutrons de cette source sera supérieur à  $10^{11}$  par seconde, soit 100 fois celui de l'installation

disponible à l'heure actuelle au BIPM. Les neutrons seront produits par la réaction  $D + T$ . L'équipement prévu comporte une source intense d'ions deutérium (8 mA) et un accélérateur alimenté par un générateur à haute tension (300 kV). Il faudra apporter quelques modifications au bâtiment des mesures neutroniques, mais il ne sera pas nécessaire de solliciter d'autorisation spéciale des autorités françaises; ces modifications devraient coûter 350 000 FF. Les équipements annexes coûteraient 200 000 FF. Tous ces chiffres sont des estimations. L'installation proposée de cette source ne devrait pas entraîner un accroissement de personnel.

Cette nouvelle source permettra d'effectuer des comparaisons internationales de dosimètres neutroniques. La France, l'Italie, le Japon, le Royaume-Uni, les États-Unis d'Amérique, le Canada, la République Fédérale d'Allemagne ont ou sont sur le point d'avoir des installations pour effectuer des mesures de dose absorbée de neutrons; ces pays ont fait savoir qu'ils auraient besoin de comparaisons internationales. L'équipement proposé répondra au besoin manifesté, comme peut le faire la source de cobalt que le BIPM a récemment acquise pour les mesures de dose absorbée de rayonnement  $\gamma$ . Dans le cas des rayonnements  $\gamma$  et avant d'acquérir la source intense de cobalt, le BIPM avait la possibilité de mesurer l'exposition mais ne possédait pas de source assez intense pour les mesures calorimétriques de dose absorbée. De façon semblable, le BIPM a la possibilité de mesurer des faibles niveaux de débit de fluence de neutrons, mais les sources dont il dispose actuellement sont trop faibles pour effectuer des comparaisons internationales de dose absorbée utilisant des chambres d'ionisation équivalentes au tissu biologique, instruments habituels pour ce type de mesure.

La raison principale pour laquelle on fait appel aux laboratoires nationaux pour effectuer des étalonnages pour des neutrons de 14 MeV est l'utilisation croissante des neutrons rapides en radiothérapie, pour le traitement du cancer, et en recherche radiobiologique. Il existe actuellement dans le monde dix-sept centres qui traitent les malades de cette façon. On pense que d'ici à cinq ans il y en aura une quarantaine.

La situation actuelle pour les mesures de dose absorbée de neutrons n'est pas satisfaisante. Deux comparaisons internationales de dosimétrie neutronique, l'une sous les auspices de l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) et l'autre sous les auspices de la Commission des Communautés Européennes, ont fait apparaître des écarts-types supérieurs à 7 % entre les résultats. Cette situation est loin d'être satisfaisante : les recherches radiobiologiques et cliniques montrent que, dans la pratique, il faut déterminer la dose absorbée avec une incertitude globale inférieure à 5 %. Les étalons conservés par les laboratoires primaires doivent être connus avec une exactitude nettement meilleure.

Un travail important doit être fait avant que l'on atteigne les exactitudes nécessaires et le BIPM a l'occasion de jouer un rôle central dans cette recherche de l'exactitude et de l'uniformité des mesures. Avec la source de neutrons dont on propose l'acquisition, le BIPM aura à sa disposition un faisceau de neutrons de 14 MeV de plus de  $10^{11}$  neutrons par seconde,

étalonné en dose absorbée ou en kerma. Cela lui permettra de devenir le centre de comparaisons internationales des étalons nationaux utilisés en vue de la radiothérapie et de la biologie médicale.

C'est certainement là une entreprise coûteuse, mais elle est d'importance. Elle est bien du ressort du BIPM et il est demandé tout particulièrement au CIPM d'apporter son appui à ce projet en approuvant l'acquisition et l'installation de cet équipement.

Avant d'ouvrir la discussion sur ce point, le *Président* propose de séparer nettement les deux aspects fondamentaux du problème : d'une part la nécessité pour le BIPM de se procurer cette source, d'autre part le financement de cette acquisition.

Pour Mr *Kind*, il est évident que si le BIPM disposait d'une telle installation cela constituerait une étape vers un gros progrès en métrologie des neutrons, cela renforcerait la position du BIPM dans le domaine nucléaire. Il est certain que dans le domaine médical les besoins sont d'une importance croissante. Si l'on s'en réfère seulement à ceux qui travaillent dans ce domaine, ils approuveront fortement cette proposition. Acheter une source de ce type serait certainement une bonne chose, mais la question est plus complexe. Il convient de savoir ce que l'on ferait dans d'autres domaines avec les mêmes fonds et il appartient au CIPM de voir s'il y a d'autres installations à acquérir dans d'autres domaines.

Mr *Preston-Thomas* estime aussi qu'il convient de savoir comment le BIPM doit utiliser les fonds dont il dispose. Les laboratoires du BIPM ne peuvent être équipés dans *tous* les domaines. Il y a un problème de répartition des tâches de ce type entre le laboratoire du BIPM et les autres laboratoires; Mr *Preston-Thomas* aimerait qu'il soit tenu compte de ce problème de la répartition des tâches. Il y a, par exemple, les problèmes de spectroradiométrie qui demandent non seulement un équipement mais aussi un personnel particulièrement qualifié. Pour trancher, il serait d'une grande aide de pouvoir se référer à ce que le laboratoire du BIPM *doit* faire.

Mr *Giacomo* répond qu'à son avis c'est précisément la tâche primordiale du CIPM de faire ce choix. Le BIPM peut avoir une opinion, mais cette opinion peut ne pas être aussi fondée que celle des directeurs des principaux grands laboratoires. Le BIPM est conscient des besoins des laboratoires nationaux, mais ce sont les laboratoires qui sont conscients des besoins des utilisateurs.

Mr *Ambler* pense cependant que pour obtenir les meilleurs conseils du CIPM, le BIPM doit présenter une liste de propositions.

Mr *de Boer* considère que l'aspect essentiel du problème est l'aspect financier. Dans quels domaines le BIPM doit-il se développer? Il faut présenter une proposition claire des diverses options.

Le *Président* suggère de demander l'avis des présidents des différents Comités Consultatifs.

Mr *Terrien* précise que lors de chaque session de Comités Consultatifs, il

est prévu à l'ordre du jour de décider des travaux qui doivent être effectués par le BIPM. A cet égard, les rapports des Comités Consultatifs sont une bonne source pour établir cette liste de propositions.

Pour résumer, le *Président* demande à Mr Giacomo de présenter un programme proposant des choix pour les dépenses selon la dotation qui sera votée par la 16<sup>e</sup> CGPM. Il se peut que les éléments de ce programme se trouvent dans les rapports des Comités Consultatifs, toutefois les indications que l'on peut en tirer peuvent être incomplètes. Le Président pense en particulier aux besoins du Bureau International de l'Heure (BIH).

*Mr de Boer* souhaite que Mr Giacomo consulte les présidents des Comités Consultatifs, ce qui revient à dire les directeurs des grands laboratoires.

Pour *Mr Ambler*, c'est un travail qui doit être entrepris sans hâte et qui demandera du temps. Il faut faire des propositions dans le cadre de la dotation qui sera votée par la CGPM. Il faudra aussi indiquer les travaux que le BIPM devrait exécuter et qu'il ne peut accomplir.

*Mr Giacomo* fait remarquer que les Comités Consultatifs ne couvrent pas tous les travaux que l'on demande au BIPM d'effectuer.

En conclusion, le *Président* demande à Mr Giacomo de préparer un rapport avec l'aide, en particulier, des présidents des Comités Consultatifs.

Compte tenu du rapport demandé, il ne convient pas de prendre une décision immédiate pour l'installation d'une nouvelle source de neutrons. Si des besoins urgents de comparaisons existent, le BIPM devrait essayer d'organiser ces comparaisons avant même d'avoir sa propre installation.

*Mr Kind* demande si, au sein du CCEMRI, il a été discuté des autres possibilités d'effectuer ces comparaisons. *Mr Ambler* précise qu'un physicien du BIPM a fait des comparaisons de mesures de débit de fluence en se déplaçant dans le monde entier. Mais ce n'est peut-être pas là la meilleure solution pour le BIPM.

*Mr Giacomo* précise que cela a constitué en effet une charge très lourde pour ce physicien qui a fait de nombreux déplacements échelonnés sur deux ans ; c'est aussi une façon de procéder relativement onéreuse et qui, de plus, laisse inactive la section des neutrons du BIPM pendant l'absence du physicien. Il faudrait avoir à disposition une source de ce type au voisinage du BIPM ; mais, même dans ce cas, il serait difficile qu'un autre laboratoire mette une source à la disposition du BIPM chaque fois que celui-ci le souhaiterait. Ce ne serait valable que pour une comparaison sur une échelle réduite.

#### **Comité Consultatif des Unités**

*Mr de Boer*, président du CCU, donne quelques indications sur l'activité de ce Comité Consultatif dont la dernière réunion a eu lieu en mai 1978.

Il fait état d'une demande de l'URSS relative aux dates limites d'utilisation pour les unités admises temporairement avec le SI. C'est une question délicate ; il n'apparaît pas que le CCU puisse faire davantage que ce qu'il a fait jusqu'ici.



Lors de sa dernière réunion, le CCU a décidé de demander au CIPM de prendre une décision sur cette question. De l'avis de Mr de Boer, il n'appartient pas non plus au CIPM d'imposer une date limite au-delà de laquelle l'emploi des unités en dehors du SI ne sera plus autorisé. Une décision de ce genre est de la compétence des organisations de normalisation.

Mr *Jensen* précise que jusqu'ici le CCU a informé le CIPM des cas où il serait opportun de faire passer les unités en dehors du SI d'une catégorie dans une autre dans la brochure du BIPM sur le SI, ou de les supprimer complètement. On a assisté à un net progrès de l'emploi des unités SI ; il paraît donc que cette façon de faire soit la bonne. Il est plus sage de continuer à agir ainsi que de vouloir prévoir ou fixer quand certaines unités ne seront plus en usage.

Pour Mr *Kiparenko*, la proposition soviétique ne visait qu'à accélérer ce processus d'abandon des unités en dehors du SI. Comme le CIPM est à l'origine du SI, il lui appartient aussi d'en propager l'usage.

Le *Président* est sensible à cette argumentation mais pense que dans certains pays on ne peut brusquer le processus.

Mr *Guinot* suggère qu'une enquête soit faite dans les différents pays où le SI est utilisé.

Mr *de Boer* ne pense pas qu'une enquête serait fructueuse. Le CCU est en liaison étroite avec l'ISO/TC 12. L'ISO est elle-même en étroit contact avec les organismes nationaux de normalisation. Aucune information ne sera meilleure que celle que l'on obtient par l'intermédiaire de l'ISO/TC 12 qui est représenté au CCU.

#### **Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (CCDS)**

Mr *Guinot*, président du CCDS, rappelle que la dernière réunion du CCDS a eu lieu en avril 1977. Cela ne signifie pas qu'il n'y ait plus de problèmes concernant le temps et les fréquences, mais ces problèmes ont été étudiés par un groupe de travail créé par le CCDS ; ils ne justifiaient pas la convocation du Comité Consultatif lui-même. Les problèmes ne viennent pas de la définition de la seconde. La transition du césium s'avère toujours le meilleur choix et il a été récemment fait état d'incertitudes inférieures à  $1 \times 10^{-14}$  dans la réalisation de la seconde. On n'envisage aucun changement de cette définition dans un avenir prévisible.

Les difficultés sont liées à l'établissement du Temps Atomique International (TAI). Elles viennent du fait que l'on dispose maintenant d'un nouveau type d'horloges : les horloges à jet de césium qui ont été construites par quelques laboratoires et qui sont en même temps parmi les meilleurs étalons de fréquence. On pense que ces horloges ont une stabilité à long terme nettement supérieure à celle des nombreuses horloges commerciales dont les résultats sont retenus pour établir le TAI. On pourrait donc être tenté de déduire le TAI essentiellement de ces horloges ultra-stables. Toutefois leur nombre est très petit (3). Il est par conséquent difficile d'évaluer par

expérience le poids qu'il convient de leur attribuer. De plus, il paraît dangereux de donner dans le calcul du TAI pratiquement tout le poids à un très petit nombre d'horloges. Il y a des dangers de nature technique, tels que le risque d'interruption du fonctionnement d'une ou plusieurs de ces horloges, et un danger de politique générale. Les horloges qui contribuent à l'élaboration du TAI sont aussi des moyens d'accès au TAI, à l'aide des corrections qui sont publiées. Si le BIH ne tenait effectivement pas compte des résultats fournis par ces horloges elles risqueraient de disparaître, ce qui aurait comme conséquence de mettre en péril l'uniformité mondiale du temps.

Toutes ces questions devront être étudiées par le CCDS à sa prochaine session, en 1980.

#### **Comité Consultatif de Photométrie et de Radiométrie (CCPR)**

Mr *Terrien*, président par interim du CCPR, indique que le BIPM a reçu d'un grand laboratoire national des commentaires opposés à la présentation de la nouvelle définition de la candela qui doit être soumise dans quelques jours à l'approbation de la 16<sup>e</sup> CGPM. Il rappelle que le CCPR a étudié une nouvelle définition pour plusieurs raisons. La définition actuelle, fondée sur le corps noir, s'avère difficile à réaliser à mieux que 1 % et il n'y a guère d'espoir d'améliorer la précision de cet étalon. En revanche, la radiométrie est un domaine en constant progrès ; son impact est très grand tant dans la recherche que dans les applications pratiques. Les méthodes radiométriques de réalisation de la candela ont atteint à peu près la même précision que celle qui est obtenue avec la définition actuelle. Or, il est difficile avec la définition actuelle d'exprimer des mesures photométriques en termes radiométriques ; la nouvelle définition le permettra. Cet aspect du problème a été longuement étudié lors des sessions de 1975 et 1977 du CCPR.

Mr *Kind* objecte que la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) aurait préféré voir définir le lumen comme unité de base plutôt que la candela.

Mr *Terrien* répond que cela a été proposé à deux reprises par le CCPR, mais ce problème est aussi de la compétence du CCU ; or, celui-ci pense qu'il n'est pas souhaitable de changer les unités de base.

#### **Comité Consultatif de Thermométrie (CCT)**

Mr *Preston-Thomas*, président du CCT, indique que depuis la dernière réunion (mai 1978) de ce Comité Consultatif, le travail est essentiellement centré sur le remplacement de l'EIPT-68 amendée en 1975. La « durée de vie » d'une échelle semble être de vingt ans. Le changement d'échelle exige une procédure très complexe, car il faut étudier les possibilités effectives de mesure des températures dans de très larges domaines.

Au NBS, on procède à des expériences de très haute qualité sur la température thermodynamique, afin d'avoir des valeurs numériques plus exactes pour cette nouvelle échelle. La difficulté est de trouver un bon instrument d'interpolation qui soit à la fois exact et d'une durée de vie

suffisamment longue. Des travaux sont aussi en cours au NPL, travaux auxquels Mr Quinn participe encore.

Il reste toujours le problème d'une échelle secondaire d'une exactitude suffisante pour des utilisations plus courantes.

Mr *Ambler* demande s'il ne vaudrait pas mieux conserver l'échelle actuelle et publier des corrections.

Mr *Preston-Thomas* répond que c'était l'opinion du NBS et du NRC mais que tous les autres membres du CCT étaient opposés à une solution de ce genre. Cela a été discuté longuement au sein du CCT.

Mr *Quinn* fait remarquer que la situation a évolué. A l'époque de la première Échelle internationale de température, en 1927, on obtenait en thermométrie pratique de meilleures reproductibilités qu'avec les instruments utilisés pour les mesures thermodynamiques. Cette situation a complètement changé au cours des dernières années. Maintenant, les mesures de température thermodynamique se font avec une exactitude meilleure que les mesures pratiques et l'on dispose d'instruments thermodynamiques d'interpolation. On peut se demander si une échelle pratique est encore nécessaire. Aujourd'hui, le problème fondamental est celui de la dissémination des résultats.

Mr *Ambler* approuve ce point de vue.

#### **Comité Consultatif d'Électricité (CCE)**

En l'absence de Mr *Lehany*, président du CCE, Mr *Giacomo* indique qu'il n'y a rien de marquant à signaler dans l'activité de ce Comité Consultatif depuis sa dernière session en septembre 1978. La situation en ce qui concerne la conservation et la dissémination du volt au moyen de l'effet Josephson est satisfaisante. Pour l'ohm, la situation est moins bonne car on ne dispose pas d'étalons de transfert suffisamment fidèles pour comparer entre eux et disséminer les résultats fournis par le condensateur calculable.

Le « Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences » supervise un très grand nombre de comparaisons internationales dont certaines sont même en cours depuis plusieurs années. Sur une trentaine de comparaisons lancées vers 1970, cinq seulement sont achevées. La durée de ces comparaisons préoccupe beaucoup le CCE, car elle n'est pas compatible avec la stabilité des étalons voyageurs. Il est à noter que les comparaisons auxquelles le BIPM ne participe pas ont une fâcheuse tendance à se prolonger beaucoup trop.

#### **Réunions futures des Comités Consultatifs**

La révision de la composition des Comités Consultatifs sera faite lors de la prochaine session du CIPM en 1980. Trois Comités prévoient de se réunir en 1980 :

– Comité Consultatif des Unités : 10, 11, 12 juin 1980\*,

---

\* Notes ajoutées aux épreuves : Dates changées et fixées les 28, 29 et 30 mai 1980.

- Comité Consultatif de Thermométrie : 17, 18, 19 juin 1980,
- Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde : 23, 24, 25 septembre 1980.

Le CCEMRI envisage de se réunir au cours de l'été 1981, le CCPR dans le courant de 1981 et le CCDM en 1982. Pour le CCE, il n'est prévu actuellement aucune réunion dans un proche avenir.

#### 4. Enquêtes du BIPM et Groupes de travail

(Masses, pressions, forces ; formule recommandée pour la détermination de la masse volumique de l'air ; projet de comité consultatif pour les masses).

Mr *Giacomo* rappelle que, contrairement à ce qui se passe dans d'autres domaines, le CIPM ne peut s'en remettre à un comité consultatif pour tous les problèmes qui concernent les masses, les masses volumiques, les pressions, les forces, etc. Il y a eu des réunions de deux comités *ad hoc* pour les masses et pour les pressions ; ces comités ont créé chacun plusieurs groupes de travail. On envisage une réunion du même genre pour les forces. Le CIPM ne peut toutefois étudier dans le détail les conclusions de si nombreux groupes de travail. Il serait nettement préférable qu'un comité consultatif puisse être chargé de cette tâche.

Il existe aussi des problèmes dont le BIPM ne peut seul assurer l'étude, comme celui de la conservation des étalons de masse par exemple. Il sera vraisemblablement nécessaire de modifier profondément la façon dont sont conservés, nettoyés et utilisés les Kilogrammes prototypes et en particulier l'étalon international. L'aide d'un comité consultatif pour prendre de telles décisions serait précieuse.

Mr *Kind* se demande si le nom même de « Comité Consultatif pour les Masses » est un nom correct. Les autres Comités Consultatifs font référence à la définition d'une unité et non à celle d'une grandeur. Par ailleurs, ce comité aurait à se préoccuper de ce qui concerne non seulement les masses mais aussi les forces, les pressions et les masses volumiques. Mis à part cette remarque, il serait tout à fait favorable à la création d'un tel comité.

Mr *Giacomo* répond que l'on a déjà essayé de trouver un nom pour ce comité. Il serait fort malcommode d'avoir une énumération telle que « Comité Consultatif pour les Masses, les Forces, les Pressions », énumération qui pourrait en outre être comprise comme limitative. Un nom court est souhaitable pour l'usage courant.

Il est convenu que ce nouveau comité consultatif sera créé et constitué officiellement à la session de 1980 du CIPM, en même temps que seront examinées la composition et la présidence de tous les autres Comités Consultatifs comme cela se fait après chaque Conférence Générale.

En attendant, Mr *Giacomo* attire l'attention du CIPM sur le document intitulé « Formule pour la détermination de la masse volumique de l'air

humide ». C'est le résultat des efforts d'un groupe de travail chargé d'étudier cette question à la suite de la réunion du comité *ad hoc* pour les masses. Il serait souhaitable que l'usage de cette formule soit recommandé officiellement.

Mr *Ambler* demande si l'on a sollicité des commentaires à propos de cette formule.

Mr *Quinn* répond que le document a été envoyé à tous les participants au comité *ad hoc* et qu'en l'absence de commentaires de leur part on peut penser qu'ils sont d'accord sur son contenu.

Mr *Ambler* préfère s'en assurer auprès des spécialistes de cette question dans son laboratoire.

Pour conclure, le *Président* propose que ce document soit soumis au comité consultatif lorsque celui-ci sera créé.

## 5. Programme des séances de la 16<sup>e</sup> Conférence Générale

### *Rapports des présidents des Comités Consultatifs*

Le *Président* présente le texte des rapports que les présidents des sept Comités Consultatifs doivent faire à la 16<sup>e</sup> CGPM.

A Mr *Kind* qui demande combien de temps doit être consacré à ces rapports, le *Président* fait remarquer que tous les délégués présents à la Conférence ne sont pas des physiciens ; il n'est donc pas souhaitable de trop entrer dans le détail des questions techniques quand cela n'est pas absolument nécessaire.

Mr *Ambler* pense que parlant de travaux assez coûteux devant les délégués des États signataires de la Convention du Mètre, il convient cependant d'évoquer des questions techniques.

Il est convenu que chaque exposé ne devra pas durer plus de dix minutes.

### *Dotation du BIPM*

Le *Président* aborde ensuite la question de la dotation financière du BIPM sur laquelle doit se prononcer la CGPM. A son avis, si l'on était dans une période de stabilité monétaire, il est vraisemblable que la CGPM accorderait un accroissement annuel de 2 %. Mais on assiste actuellement à un phénomène de forte inflation qui dure depuis plusieurs années. Il semble impossible de persuader les Gouvernements de couvrir la totalité de cette inflation. Le bureau du CIPM s'occupe avec le directeur du BIPM de gérer le mieux possible la situation financière. Il est difficile d'envisager d'autres économies après celles qui ont été faites depuis la Conférence Générale de 1975. A cette époque-là, on avait craint des difficultés, puisque la 15<sup>e</sup> CGPM n'avait pas formellement clos ses travaux, laissant ainsi la possibilité d'une session supplémentaire. Comme, entre-temps, la République Populaire de

Chine a adhéré à la Convention du Mètre, cela a apporté au BIPM un complément de ressources de 8 %. Dans ces conditions il n'a pas été nécessaire de convoquer à nouveau la 15<sup>e</sup> CGPM.

Dans le projet de dotation qui a été communiqué aux Gouvernements en décembre 1978, il a été comme toujours tenu compte de la dernière (1980) dotation votée, augmentée des 8,32 % correspondant à la contribution de la Chine, comme base de calcul des dotations à proposer à la 16<sup>e</sup> CGPM pour 1981 à 1984. Or, dans les semaines qui viennent de s'écouler, deux faits nouveaux sont intervenus. Il est vraisemblable qu'en janvier 1980 le taux de cotisation de la République Populaire de Chine passera de 8,32 % à 2,27 % par suite de l'adoption des nouveaux coefficients ONU à partir desquels sont calculées les parts contributives des États membres de la Convention du Mètre. L'autre fait est qu'il semble que le taux d'inflation va continuer à s'accroître dans le monde entier ; c'est un élément dont il est difficile d'être certain, mais cette opinion reflète l'impression générale des milieux financiers.

Dans ces conditions, il est tout à fait vraisemblable qu'à la 16<sup>e</sup> CGPM la base de départ du calcul des contributions sera inférieure de 6 % à ce que l'on avait pensé. Il appartiendra au CIPM en 1980 d'apprécier la situation et en particulier s'il y a lieu de convoquer à nouveau la CGPM. Il est à craindre que la situation financière du BIPM soit plus difficile que ce qu'elle a été depuis quelques années.

Jusqu'ici on a différé les recrutements envisagés. Mais on risque dans l'avenir de se trouver dans l'impossibilité de remplacer certaines personnes qui partiront en retraite.

Mr *Giacomo* rappelle que lors de la création du laboratoire des rayonnements ionisants en 1960, on avait prévu un effectif de 13 personnes. En fait l'effectif n'a jamais dépassé 9. Mr *Terrien* fait remarquer que dans ces conditions le plus grand danger pour l'activité à long terme du BIPM vient de ce qu'il n'a pas été possible d'engager de jeunes physiciens, que l'âge moyen du personnel est trop élevé et qu'il n'y a personne pour assurer la relève.

Le *Président* souligne que, dans la plupart des pays, on tend à réduire les dépenses générales, mais il y a une limite au nombre d'années pendant lesquelles cette politique peut se poursuivre. Il fait ensuite un tour de table pour recueillir les avis des présents dont certains connaissent la position de leur Gouvernement.

Mr *Ferro Milone* suggère qu'il soit fait appel à des dons de matériel par exemple, et à du personnel non permanent pour des tâches particulières.

Mr *Giacomo* répond que certains laboratoires aident beaucoup le BIPM, mais qu'en ce qui concerne le personnel le problème est beaucoup plus délicat. Le personnel temporaire ne peut être que restreint, car cela devient vite une charge déraisonnable, le travail courant devant être fait par un personnel stable.

Mr *Verma* appuie les suggestions de Mr *Ferro Milone*, avec la différence suivante : le BIPM devrait accueillir non des stagiaires mais des experts ; à

son avis cela présenterait même l'avantage d'accroître la collaboration internationale.

Mr *Giacomo* se demande quelle serait la proportion d'experts que le BIPM pourrait accueillir. Pour Mr *Verma*, ce n'est pas une question de proportion, mais de besoin spécial dans un domaine, auquel il convient de faire face.

Mr *Giacomo* pense que pour chaque personne qui vient travailler à titre temporaire, il faut au moins une personne du personnel permanent pour l'assister et assurer la continuité.

Le *Président* voit un inconvénient à cette façon de faire : il ne resterait à la charge du personnel permanent que les travaux secondaires de routine, alors que les experts assureraient tout le travail scientifique intéressant.

MM. *Siegbahn* et *Jensen* pensent qu'il faut étudier de près les problèmes soulevés par des échanges d'experts physiiciens. A plusieurs égards, il pourrait être profitable d'avoir au BIPM de vrais experts pendant des durées limitées. Il reste essentiel aussi qu'il y ait un personnel permanent pour assurer la continuité.

Mr *Kind* recommande que l'argumentation pour une augmentation de la dotation du BIPM ne soit pas fondée principalement sur l'inflation. En revanche, si l'on parlait des dépenses pour de nouvelles activités ou de la nécessité de recruter, avec une période de chevauchement, du personnel pour remplacer celui qui part en retraite, on trouverait un meilleur accueil auprès des services gouvernementaux.

Mr *Cintra do Prado* croit que l'augmentation de la dotation de 14 % par an sera acceptée par la Délégation du Brésil, d'une part parce que dans son pays il y a maintenant un renouveau d'intérêt pour la métrologie et, par suite, pour le progrès constant des activités du BIPM ; d'autre part, l'indexation proposée sera sans doute reconnue comme raisonnable par les autorités d'un pays où l'inflation se maintient depuis quelques années à des taux très élevés, au-dessus du double de 14 %.

Mr *Dean* estime que, si la réduction de la contribution de la République Populaire de Chine doit entraîner une nouvelle répartition des contributions, il serait souhaitable d'adopter une règle générale.

Mr *Kiparenko* propose de prévoir une séance supplémentaire de la Conférence lorsqu'on connaîtra exactement le montant de la dotation sur laquelle pourra compter le BIPM. La délégation de l'URSS à la CGPM a déjà attiré l'attention sur la nécessité d'élargir les activités du BIPM vers la coordination des travaux des grands laboratoires nationaux et aussi la distribution des charges du BIPM entre ces mêmes laboratoires sans nuire au niveau des travaux.

De l'avis de Mr *Sakurai*, il est risqué de recruter du personnel dans la situation actuelle de désordre économique mondial.

Mr *de Boer* suggère que le CIPM propose à la CGPM de créer un groupe

de travail chargé de préparer un projet de résolution concernant la dotation du BIPM. Pour la composition de ce groupe de travail on pourrait proposer celle du groupe qui avait été constitué à cet effet lors de la 15<sup>e</sup> CGPM.

*Proposition de la délégation espagnole à la 16<sup>e</sup> CGPM*

Mr *de Boer* présente les propositions qui ont été faites par l'Espagne : augmentation du nombre des membres du CIPM de 18 à 30, approbation de la dotation du BIPM à la majorité des 2/3 des votants, modification des pourcentages de répartition de la dotation entre les États membres.

Mr *de Boer* rappelle que toute modification de la Convention du Mètre demande l'unanimité ; en effet, si un pays n'est pas d'accord, il ne signera pas la nouvelle Convention. Il propose d'établir une commission ou un groupe de travail pour étudier dans quelle mesure on pourrait espérer obtenir l'unanimité sur ces propositions de modifications.

Mr *Ambler* indique que les États-Unis d'Amérique ont l'intention de s'opposer à ces propositions. Les milieux intéressés ne voient aucun avantage à changer ce traité qui a fonctionné de façon satisfaisante pendant plus de cent ans.

Mr *Preston-Thomas* dit que le Canada est également opposé à ces changements. Il rappelle qu'une tentative de modification de la Convention du Mètre a échoué en 1960.

Pour Mr *Dean*, dire que la Convention du Mètre a bien fonctionné pendant cent ans n'est pas un argument valable. A son avis, certains problèmes peuvent s'aggraver à la longue. Le Royaume-Uni a l'intention d'appuyer la demande de création d'un groupe d'étude.

Pour le *Président*, il convient seulement d'étudier les points que l'on croit devoir changer et non pas d'envisager une refonte générale de la Convention du Mètre.

Mr *Dean* rappelle qu'au CIPM les membres ne représentent qu'eux-mêmes. Le Royaume-Uni, par exemple, souhaiterait exprimer son opinion officiellement. C'est donc à la CGPM de créer un groupe d'étude et non au CIPM.

## 6. Travaux du BIPM

Les travaux décrits en détail dans le Rapport du Directeur (*voir* p. 23) sont présentés par Mr *Quinn* pour les sections classiques et par Mr *Allisy* pour la section des rayonnements ionisants.

Au préalable, Mr *Giacomo* signale quelques points d'intérêt général. Les travaux ont pu reprendre en photométrie et à la base géodésique après un ralentissement qui a duré deux ans, dû aux travaux de bâtiment. Un autre fait



à signaler est la multiplication des petites comparaisons entre un nombre restreint de laboratoires et le BIPM. C'est une méthode de travail extrêmement efficace, quoique un peu coûteuse car elle implique des déplacements de matériel ; elle est néanmoins très utile pour le BIPM car elle permet à son personnel de comparer les méthodes, les matériels et les instruments dans le détail.

En commençant sa présentation des travaux, Mr Quinn indique que l'un des physiciens du BIPM, T. Witt, est actuellement en stage de longue durée (9 mois) au NML (Australie). En revanche, le Dr Knight, du NPL de Teddington, vient de commencer au BIPM un stage de un an dans la section des lasers.

Dans le domaine des *longueurs* une comparaison internationale de deux règles, l'une de 1 m et l'autre de 500 mm, a été quelque peu décevante. La règle de 500 mm a d'ailleurs été retirée de la circulation. Il semble que la cause des résultats peu satisfaisants soit essentiellement la qualité de la gravure des traits. Il faut que les fabricants et les laboratoires étudient conjointement la qualité des tracés sur de petits échantillons.

Dans le domaine des *lasers* l'activité du BIPM a été importante. En particulier, une comparaison a été faite avec l'IMM de Leningrad et l'IMPR de Moscou. Deux spécialistes du BIPM se sont rendus en URSS avec tout le matériel nécessaire. Cette comparaison a été particulièrement fructueuse.

En ce qui concerne les *masses*, les recherches en cours portent sur la fini des surfaces et son influence sur la stabilité des étalons. Des discussions ont eu lieu avec des métallurgistes, mais elles ont eu peu de succès car leur expérience avec le platine iridié en particulier est quasi inexistante. Le NPL en Grande-Bretagne travaille également sur ces questions en liaison avec Johnson-Matthey.

Dans le domaine du *calcul du Temps Atomique International*, l'essentiel de l'effort a été porté sur les problèmes posés par l'introduction des résultats des trois étalons primaires à jet de césium parmi les résultats de la centaine d'horloges qui contribuent au calcul du TAI.

En gravimétrie, il convient de mentionner la collaboration avec les Ets Jaeger (France) pour mettre au point un gravimètre absolu transportable, du type de celui qui avait été construit en collaboration avec l'IMGC (Turin), mais avec une exactitude de l'ordre de celle du gravimètre primaire construit au BIPM par A. Sakuma. Ce nouveau gravimètre permettrait d'assurer à long terme la permanence des mesures gravimétriques au BIPM ; il comprend un laser, une horloge, un dispositif pour le comptage des franges d'interférence, ainsi qu'un microprocesseur. Pour le moment, il est prématuré de parler de l'exactitude de ce prototype.

En *thermométrie*, on s'est en particulier intéressé aux points triples de l'argon et du méthane utilisés dans des cellules scellées. Une comparaison s'est déroulée dans le cadre du CCT. On envisage d'utiliser le point triple de l'argon comme étalon de pression, car il correspond à une pression assez proche de la pression atmosphérique. On pourrait éventuellement faire circuler des points fixes de pression comme on fait circuler des points fixes de température.

En *électricité*, un effort considérable est fait en vue d'harmoniser les étalons électriques dans le monde. La réalisation du volt au moyen de l'effet Josephson est relativement facile jusqu'à des exactitudes de  $1 \times 10^{-6}$  mais aux exactitudes plus élevées on rencontre beaucoup plus de difficultés. En ce qui concerne les étalons de résistance, on s'est intéressé particulièrement à l'influence des variations de la pression atmosphérique.

Mr Allisy présente ensuite les travaux de la section des *rayonnements ionisants*.

Dans le domaine des rayons X,  $\gamma$  et électrons, il faut signaler les résultats de la comparaison de dose absorbée dans le graphite, décidée par le CCEMRI en 1975 et qui a commencé en 1977. La très bonne qualité des résultats a permis d'accélérer dans le monde le passage de l'exposition à la dose absorbée. Les mesures de dose absorbée ont été effectuées par deux méthodes, calorimétrique et ionométrique.

Dans le domaine des radionucléides, il faut en particulier souligner l'intérêt du système international de référence, système dont la stabilité et la fiabilité sont reconnues par tous.

Après une interruption très longue, les mesures d'énergie de particules  $\alpha$  ont été reprises. On a obtenu des résultats intéressants, au moyen du spectromètre magnétique circulaire, pour l'énergie de particules  $\alpha$  émises par du plutonium 239.

Les travaux théoriques et fondamentaux se poursuivent sur les statistiques de comptage. Ils trouvent leur application dans de nombreux domaines, non seulement en radioactivité mais dans d'autres domaines de la physique, tels que le comptage de photons dans le domaine du visible.

Pour les mesures neutroniques, le rapport sur la comparaison organisée et effectuée par le BIPM sera publié in extenso dans *Metrologia*. Dans ce domaine, il est important que le BIPM prenne part aux mesures de dosimétrie demandées par les experts. Ces deux dernières années, on a étudié la possibilité d'installer au BIPM une source de neutrons de 14 MeV qui lui permettrait de devenir le centre de la dosimétrie des neutrons comme il est devenu le centre de la dosimétrie des photons. On aurait ainsi une référence stable à long terme.

Mr *Kind* demande si cette source ne risque pas de perturber les mesures dans les autres laboratoires du BIPM. Il lui est répondu qu'il y a une protection naturelle, l'installation prévue étant très en contrebas et à une distance suffisante par rapport aux autres laboratoires. Ce genre de problème avait été pris en considération lors de l'implantation et de la construction des bâtiments. Par ailleurs, il ne s'agirait que d'un faisceau et les neutrons seraient absorbés dans un bloc de béton.

Mr *Preston-Thomas* demande si une installation de ce genre existe à proximité. Mr Allisy répond qu'une source est en cours d'installation au NPL. Il existe aussi un Van de Graaff dans un laboratoire français proche du BIPM. Il n'est toutefois pas réaliste d'envisager d'utiliser ces installations.

## 7. Visite du Dépôt des Prototypes métriques

Cette visite a eu lieu le mardi 9 octobre à 16 h 30, en présence des délégués à la 16<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures. Le Procès-Verbal de cette visite figure dans les *Comptes rendus de la 16<sup>e</sup> Conférence Générale*.

## 8. Questions administratives

Mr *Giacomo* présente un document sur lequel figurent le budget exécuté en 1978, le budget en cours pour 1979 et un projet de budget pour 1980.

### *Exercice 1978*

Les dépenses globales du BIPM ont été inférieures de 6 % à ce qui avait été voté. Les postes qui ont dépassé les prévisions sont celui des allocations familiales, assurées par le BIPM et dont les montants ont été relevés en France, et celui des dépenses de bâtiment. Celles-ci ont dépassé les prévisions par suite de l'exécution de travaux imprévisibles de gros œuvre dans la partie du Grand Pavillon occupée par l'appartement du directeur et au sous-sol du Petit Pavillon.

L'exécution du budget 1978 ne donnant pas lieu à discussion, quitus est donné au directeur et à l'administrateur.

### *Exercice 1979 en cours*

Aucun recrutement de personnel n'a été fait ; la seule dépense supplémentaire qui doit être envisagée sur ce poste correspond à une indemnité versée au Dr Knight (NPL, Teddington) pour les frais supplémentaires qu'entraîne son stage de un an au BIPM. Le poste des travaux de bâtiment sera encore dépassé. Dans les investissements, les sommes prévues pour l'atelier seront dépassées également, par suite de l'achat de gros équipement.

Mr *Giacomo* est heureux de constater qu'en 1979 une partie des réserves en roubles a pu être utilisée pour l'acheminement en URSS du matériel nécessaire à une comparaison de lasers entre le BIPM, l'IMM et l'IMPR.

Quelques participants posent des questions sur les réserves financières du BIPM. Le *Président* précise que le bureau du CIPM essaie délibérément de limiter les dépenses à un niveau inférieur au budget prévu, car on n'a aucune assurance que la totalité des contributions attendues seront effectivement reçues pour l'année en cours : cela entraîne des fluctuations considérables des réserves. Le problème primordial est celui du recrutement de personnel qui est toujours différé. On devrait pouvoir différer certaines dépenses de bâtiment. La seule dépense de bâtiment pour laquelle il existe une grosse incertitude est la réfection de la toiture de l'Observatoire. En refaisant la toiture on peut craindre de découvrir une charpente en mauvais état. C'est le type même de dépense inévitable mais difficilement prévisible.

Revenant à la question du recrutement de personnel, le *Président* souligne que compte tenu de l'incertitude dans laquelle on se trouve quant au coefficient attribué par l'ONU à la République Populaire de Chine, et par suite quant aux ressources du BIPM non seulement pour 1980 mais aussi pour les années ultérieures, il convient d'avoir une politique extrêmement prudente dans ce domaine. Les prévisions pour 1980 ont été faites dans l'hypothèse du recrutement de quatre personnes, ce que permettrait le coefficient 8,3 % pour la Chine. Le poste des dépenses de personnel est le plus critique car on y engage des dépenses à long terme.

*Projet de budget pour 1980*

Le budget proposé pour 1980 est approuvé sous réserve des modifications qu'entraînerait un éventuel changement du coefficient de la République Populaire de Chine\*. Les décisions concernant le recrutement de personnel ne seront prises que lorsqu'on connaîtra avec certitude la dotation du BIPM pour 1980 et les années suivantes.

**Budget pour 1980**

RECETTES		francs-or
Contributions des États .....		7 475 000
Intérêts des fonds .....		600 000
Taxes de vérification .....		10 000
Remboursements des taxes sur les achats .....		330 000
		<u>330 000</u>
Total .....		<u>8 415 000</u>
DÉPENSES		
<i>A. Dépenses de personnel :</i>		
1. Traitements .....	3 800 000	} 5 045 000
2. Allocations familiales .....	255 000	
3. Sécurité sociale .....	250 000	
4. Assurance-accidents .....	40 000	
5. Caisse de Retraites .....	700 000	
<i>B. Dépenses de fonctionnement :</i>		
1. Bâtiments (entretien et réparations) .....	750 000	} 2 040 000
2. Mobilier .....	50 000	
3. Laboratoires et ateliers .....	670 000	
4. Chauffage, eau, énergie électrique .....	180 000	
5. Assurances .....	25 000	
6. Impressions et publications .....	75 000	
7. Frais de bureau .....	110 000	
8. Voyages et transports d'appareils .....	160 000	
9. Bureau du Comité .....	20 000	
<i>C. Dépenses d'investissement :</i>		
1. Laboratoires .....	900 000	} 1 030 000
2. Atelier de mécanique .....	90 000	
3. Atelier d'électronique .....	10 000	
4. Bibliothèque .....	30 000	
D. <i>Frais divers</i> .....		250 000
E. <i>Utilisation de monnaies non convertibles</i> .....		50 000
		<u>50 000</u>
Total .....		<u>8 415 000</u>

\* Suivant les directives approuvées par le CIPM, le budget initialement adopté en séance a été révisé en diminution de 605 000 francs-or (8 415 000 francs-or au lieu de 9 020 000 francs-or), après fixation des coefficients ONU pour 1980, 1981 et 1982 adoptés par cette Organisation en novembre 1979.

## 9. Questions diverses

### *Renouvellement par moitié du CIPM*

La CGPM doit procéder au renouvellement par moitié du Comité International. Les membres sortants sont d'abord les six membres cooptés depuis la précédente CGPM : MM. Guinot, Jensen, Kind, Kiparenko, Steinberg et Wang Daheng ; trois autres membres sont désignés par le sort : MM. de Boer, Sakurai et Verma. Ces neuf membres seront présentés aux suffrages de la Conférence Générale.

### *Publications du BIPM*

Mr *Quinn* présente un document exposant le problème des publications. Le BIPM projette de réduire le nombre des annexes publiées avec les rapports des Comités Consultatifs. A cela il y a plusieurs raisons. Le contenu d'un grand nombre de documents soumis aux Comités à l'occasion d'une session présente souvent un intérêt limité dans le temps. Pour les documents dont l'intérêt à longue échéance est plus grand, il est souhaitable de les publier dans des revues dont l'audience est plus vaste, en particulier dans *Metrologia*.

Au cours des dernières années, l'intérêt pour les « News from the BIPM » qui paraissent dans *Metrologia* s'est nettement manifesté. C'est un moyen particulièrement efficace pour le BIPM de faire connaître les activités des organes de la Convention du Mètre. Le BIPM a pris contact avec les éditeurs de *Metrologia* pour que cette rubrique « News » puisse s'étendre sans que cela se fasse au détriment du volume des autres articles paraissant dans *Metrologia*. Les droits de reproduction liés à ces « News » resteraient sous le contrôle du directeur du BIPM.

Mr *Guinot* est favorable à la réduction du nombre des annexes publiées avec les rapports des Comités Consultatifs, mais il souhaite que l'on donne de brefs résumés des documents de travail présentés à ces Comités.

Mr *Kind* se demande si la liste des documents ne serait pas suffisante.

Mr *Quinn* remarque en effet qu'il est parfois difficile d'obtenir des résumés auprès des auteurs. Les échanges de correspondance au sujet des résumés auraient à nouveau pour résultat des retards dans les publications, alors qu'une simple liste ne donne pas lieu à correspondance.

Mr *Giacomo* suggère que l'on indique dans la liste des documents le nombre de pages de chacun d'eux ; c'est une indication assez utile.

### *Revue « Metrologia »*

Mr *de Boer* aborde le problème de la rédaction de *Metrologia* dont le responsable actuel, Mr *Preston-Thomas*, a demandé depuis un certain temps à être déchargé de ce travail. Le bureau du CIPM a étudié le problème sans trouver jusqu'ici de solution satisfaisante ; il propose maintenant que ce soit le BIPM qui s'occupe lui-même d'assurer le rôle de rédacteur de cette revue.

Cette solution a été étudiée en accord avec MM. Giacomo et Quinn qui estiment qu'elle est réalisable. *Metrologia* est du reste déjà publié « sous les auspices du CIPM ».

Mr *Jensen* demande si ce sera une personne nommément désignée qui jouera ce rôle de rédacteur en chef ou l'ensemble du BIPM.

Mr *Giacomo* répond que ce sera une charge collective, même si pour des raisons d'organisation une personne s'y consacre plus particulièrement. Rien ne sera changé au processus habituel de soumission des articles à des « referees » ni au fonctionnement traditionnel de la rédaction.

Mr *de Boer* précise que pour le moment il ne s'agit que de prendre une décision de principe. Le détail du changement de rédacteur en chef est laissé au bureau du CIPM.

Aucun membre ne soulève d'objection sur cette proposition.

#### 10. Élection du bureau du CIPM

A la fin de la dernière séance, le Comité procède sous la présidence provisoire de Mr de Boer, membre le plus ancien, à l'élection de son bureau après le renouvellement partiel du CIPM par la Conférence Générale.

Mr *Preston-Thomas* ayant souhaité voir élargir le bureau du CIPM, un échange de vues permet au Comité de se mettre d'accord sur le principe de l'élection de deux vice-présidents au lieu d'un. Il est convenu de ne prévoir aucune règle pour les modalités de remplacement en cas d'indisponibilité du président.

A la suite de quatre votes à scrutin secret, le bureau du CIPM est constitué comme suit :

<i>Président</i> .....	J. V. Dunworth
<i>Vice-présidents</i> { .....	P. Honti
{ .....	D. Kind
<i>Secrétaire</i> .....	J. de Boer

\*  
\* \*

Avant de se séparer, le Comité convient de tenir sa prochaine session les 7, 8 et 9 octobre 1980.

Le *Président* clôt la session en remerciant ses collègues de l'aide qu'ils ont apportée pour le bon déroulement non seulement de cette 68<sup>e</sup> session du Comité International, mais aussi des travaux de la 16<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures.

---

# RAPPORT DU DIRECTEUR SUR L'ACTIVITÉ ET LA GESTION DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

(septembre 1978 – septembre 1979)

---

## I. – PERSONNEL

### *Nomination*

C. GILBERT, mécanicien, a été nommé mécanicien principal.

## II. – BÂTIMENTS

### *Observatoire*

Achèvement des travaux en salle 103 : installation d'une régulation de température et d'humidité.

Aménagement en bibliothèque de l'ancienne salle des accumulateurs, aux combles.

### *Petit Pavillon*

Finition des travaux dans l'appartement des stagiaires et l'Atelier de mécanique.

Mise en place d'une régulation automatique sur la chaudière des Pavillons.

Passage en caniveau, sous la courette entre les Pavillons, des conduites du chauffage central, des câbles électriques et des câbles téléphoniques qui desservent le Grand Pavillon.

### *Grand Pavillon*

Achèvement des travaux de rénovation complète de l'appartement du Directeur ; isolation thermique et établissement d'un plancher en bois aggloméré dans les combles au-dessus de la Salle de Conférences.

Création et aménagement de trois locaux supplémentaires, en sous-sol, côté jardin fleuriste, par suppression de l'escalier conduisant au jardin, mise en place d'un plancher et ouverture de deux fenêtres.

### *Dépendances*

Curage complet et remise en état de toutes les canalisations souterraines des eaux usées.

Plantation d'une douzaine d'arbres.

Mise en place d'une serre mobile à double paroi vitrée à côté de la serre actuelle, insuffisante.

### III. — INSTRUMENTS ET TRAVAUX

#### Remarques générales

Ce rapport ne fait qu'une très petite place aux étalonnages et vérifications d'étalons nationaux qui absorbent cependant une part importante de l'activité du BIPM. On notera, par exemple, dans la plupart des sections, des vérifications d'étalons pour la République Populaire de Chine, conséquence normale de l'adhésion récente de cet État à la Convention du Mètre.

On trouvera dans ce rapport des informations sur de nombreuses comparaisons entre laboratoires : règles divisées et étalons à bouts plans, fréquences et longueurs d'onde de lasers asservis, température des points triples de l'argon et du méthane, étalons d'exposition de rayons X, dose absorbée dans le graphite, activité de sources radioactives ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ), système de référence à chambres à puits pour sources  $\gamma$ , taux d'émission d'une source de neutrons de  $^{252}\text{Cf}$ .

Le BIPM participe expérimentalement à presque toutes ces comparaisons. C'est pour lui le meilleur moyen de vérifier l'efficacité des études qu'il poursuit en permanence.

Le rôle coordinateur du BIPM se traduit aussi par l'organisation de réunions comme celle sur les mesures de pression. Un Groupe de travail, issu de la réunion de 1976 sur les masses, propose aujourd'hui à l'approbation du CIPM une formule conventionnelle pour le calcul de la masse volumique de l'air ; le BIPM a participé activement à l'élaboration de ce projet.

Ces activités exigent de plus en plus d'initiative et de compétence dans des domaines qui se renouvellent rapidement. Le BIPM se doit de recruter quelques jeunes physiciens supplémentaires, de haut niveau.

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.

#### Longueurs (P. Carré, J. Hamon)

##### Comparateur photoélectrique et interférentiel

Afin de vérifier la continuité des résultats de mesure de règles divisées, nous avons effectué une nouvelle détermination de la longueur à 20 °C des Mètres prototypes N° 13 et N° 19 précédemment mesurés respectivement en 1971 et 1970. Quatre mesures ont été faites sur chaque prototype. Les différences entre les résultats obtenus en 1979 et les résultats antérieurs sont respectivement - 20 nm et + 118 nm, soit en moyenne + 49 nm.

Les recherches entreprises pour déceler les causes d'une éventuelle erreur systématique nous ont permis de mettre en évidence une légère déformation de la poutre porte-microscope due au déplacement du chariot porte-règle. On rappelle que cette poutre porte aussi l'optique de l'interféromètre (sauf le miroir mobile fixé sur la règle en cours d'étude). Cette déformation, qui conduisait à une erreur systématique de + 57 nm (mesure directe) pour une règle de 1 m, avait pour origine quelques liaisons mécaniques, pourtant faibles, entre le comparateur et la paroi interne du châssis étanche dans lequel il est installé. La suppression de toutes les liaisons, sauf celles qui



sont indispensables au fonctionnement de l'appareil, a ramené à + 10 nm la valeur de l'erreur systématique mesurée directement.

Il est probable que ce défaut est apparu progressivement ; en effet, des essais analogues effectués en 1965, bien qu'un peu moins précis car le système de comptage de franges n'était pas encore installé, n'avaient permis de mettre en évidence aucune erreur systématique. La sensibilité de la méthode utilisée alors avait été estimée à 20 nm.

Deux règles ont été mesurées avant et après l'intervention sur le comparateur : les résultats obtenus après l'intervention sont inférieurs respectivement de 40 nm et 42 nm (soit en moyenne 41 nm) à ceux obtenus avant.

En combinant cette nouvelle estimation de la *variation* de l'erreur systématique avec les déterminations directes de cette erreur, on a obtenu, pour valeur de l'erreur systématique pour 1 m

avant l'intervention + 56 nm ( $\sigma = 5$  nm),  
après l'intervention + 11 nm ( $\sigma = 5$  nm).

Une correction de valeur relative  $- 56 \times 10^{-9}$  a été appliquée aux dernières mesures effectuées avant l'intervention ; une correction de valeur relative  $- 11 \times 10^{-9}$  est appliquée systématiquement aux mesures effectuées depuis l'intervention.

#### Étalons à traits

##### *Comparaisons internationales*

Les comparaisons internationales de mesure de deux règles divisées organisées par le BIPM (Rapports 1976, p. 29 ; 1977, p. 23 ; 1978, p. 28) se poursuivent.

Le second circuit, qui concerne les laboratoires suivants, NPL (Royaume-Uni), ASMW (Rép. Dém. Allemande), IMM (U.R.S.S.) et PTB (Rép. Féd. d'Allemagne) a commencé en septembre 1978. La règle N° 12924 (qui participe maintenant seule à ces comparaisons) a été étudiée successivement par le NPL (octobre à décembre 1978), l'ASMW (janvier à mars 1979) et l'IMM (mars à mai 1979).

Le BIPM a pu présenter à la 6<sup>e</sup> session du CCDM les résultats obtenus par les laboratoires du premier circuit (NML, NRC, NBS, NRLM), ceux qu'il a lui-même obtenus avant le début de la circulation et après l'achèvement de ce circuit, ainsi que ceux obtenus par le NPL (<sup>1</sup>).

##### *Mètre prototype*

Étude, au comparateur photoélectrique et interférentiel, du Mètre prototype VIL-100 (M20) (Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, U.R.S.S.) : longueur de l'intervalle principal, étalonnage des décimètres et des centimètres du premier et du dernier décimètre.

##### *Règles divisées*

Cinq règles ont été étudiées au comparateur photoélectrique et interférentiel.

— Règles N° 5729 et N° 7316 de 1 m en invar (Institut National de Métrologie, Rép. Pop. de Chine) : achèvement de l'étude de la division (longueur de l'intervalle principal et étalonnage de 67 traits).

---

(<sup>1</sup>) CCDM, 6<sup>e</sup> session, 1979, Annexe M 3.

- Règles N° 4399 de 1 016 mm et N° 12929 de 1 m, en acier nickelé (Société Genevoise d'Instrumentés de Physique, Genève, Suisse) : longueur de l'intervalle principal. Ces règles se sont allongées respectivement de 0,30  $\mu\text{m}$  en 12 ans et de 0,31  $\mu\text{m}$  en 9,5 ans.

- Règle N° 14584 de 1 m en acier nickelé (Institut National des Poids et Mesures, Brésil) : coefficient de dilatation, longueur de l'intervalle principal, étalonnage de 128 traits.

**Étalons à bouts plans (J. Hamon)**

*Calibres*

Six calibres en acier de longueurs 300, 400, 500, 700, 800, 900 mm et deux de 1 m (Institut National de Métrologie, Rép. Pop. de Chine) ont été étudiés au comparateur photoélectrique et interférentiel. En outre, l'étude du coefficient de dilatation a été faite pour ceux de 300, 400, 500 mm et pour les deux de 1 m. Il sera intéressant de comparer nos résultats à ceux du laboratoire d'origine après retour de ces étalons.

Neuf calibres en acier de longueurs 5, 15, 25, 40, 50, 60, 75, 90 et 100 mm (Office Fédéral de Métrologie, Suisse) ont été mesurés à l'interféromètre Tsugami.

TABLEAU I

*Résultats des mesures de six étalons de forme cylindrique à bouts plans*

Pour chaque étalon et chaque laboratoire, la première valeur représente l'écart entre le résultat obtenu et la valeur nominale, la seconde (entre parenthèses) représente l'incertitude indiquée par le laboratoire (pour le BIPM, 3  $\sigma$ ) et la troisième, en caractères *italiques*, représente l'écart entre le résultat obtenu et la moyenne des résultats des quatre laboratoires.

Valeur nominale	NBS	NPL	PTB	BIPM
457,2 mm	- 0,66 $\mu\text{m}$ (0,13) <i>+ 0,00<sub>5</sub></i>	- 0,64 $\mu\text{m}$ (0,10) <i>+ 0,02<sub>5</sub></i>	- 0,67 $\mu\text{m}$ (0,02) <i>- 0,00<sub>5</sub></i>	- 0,69 $\mu\text{m}$ (0,03) <i>- 0,02<sub>5</sub></i>
480	+ 0,30 (0,13) <i>+ 0,08</i>	+ 0,13 (0,10) <i>- 0,09</i>	+ 0,21 (0,06) <i>- 0,01</i>	+ 0,25 (0,05) <i>+ 0,03</i>
609,6	+ 0,50 (0,13) <i>- 0,01</i>	+ 0,41 (0,10) <i>- 0,10</i>	+ 0,55 (0,04) <i>+ 0,04</i>	+ 0,59 (0,04) <i>+ 0,08</i>
609,6	- 0,04 (0,13) <i>- 0,04</i>	- 0,05 (0,10) <i>- 0,05</i>	+ 0,02 (0,06) <i>+ 0,02</i>	+ 0,07 (0,04) <i>+ 0,07</i>
812,8	+ 0,09 (0,20) <i>+ 0,10</i>	- 0,08 (0,13) <i>- 0,07</i>	- 0,01 (0,08) <i>0,00</i>	- 0,03 (0,07) <i>- 0,02</i>
1 219,2	+ 0,47 (0,25) <i>- 0,26</i>	+ 0,53 (0,51) <i>- 0,20</i>	+ 1,40 (0,60) <i>+ 0,67</i>	+ 0,52 (0,08) <i>- 0,21</i>

### *Étalons de forme cylindrique*

En 1977, nous avons mesuré six étalons en acier de la Société Moore, États-Unis d'Amérique (Rapports 1977, p. 25 et 1978, p. 29), qui ont aussi été mesurés au NBS, au NPL et à la PTB. Les résultats de ces mesures, qui nous ont été communiqués par la Société Moore, sont présentés au tableau I.

La longueur du plus grand de ces étalons ne permettait pas aux laboratoires d'utiliser leurs méthodes courantes, de sorte que les résultats obtenus sur cet étalon ne sont donnés qu'à titre indicatif.

L'examen des écarts entre les résultats obtenus et la moyenne des résultats des quatre laboratoires montre que, compte tenu des incertitudes indiquées, l'accord est satisfaisant si l'on excepte le plus grand de ces étalons.

### **Base géodésique (G. Girard)**

#### *Fils géodésiques*

Vingt-sept fils ou rubans de 4, 8, et 24 m ont été étalonnés pour l'Égypte, la France, la Norvège et la Yougoslavie.

Nous avons déterminé le coefficient de dilatation d'un ruban de 25 m (Pologne), de quatre longueurs de 24 m de fil d'invar (France), de sept fils de 24 m (Égypte) et de quatre fils de 24 m (France). Le coefficient de dilatation de ces quatre derniers fils ayant été déjà déterminé en 1938, on a constaté pour  $\alpha_{20}$  une augmentation de  $+ 0,022 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ . Une telle variation correspond, pour un fil de 24 m, à un allongement supplémentaire de 0,5  $\mu\text{m}$  pour une variation de température de 1 K au voisinage de 20 °C.

#### *Invar géodésique*

Les commandes de fil d'invar géodésique sont toujours très importantes : en huit mois, nous avons fourni 130 kg d'alliage. Pendant la même période, nous avons effectué l'étuvage de 260 kg d'invar constituant les livraisons 32 (A, B et C). Vingt déterminations de coefficients de dilatation ont été nécessaires au cours de ces traitements thermiques.

### **Interférométrie**

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

#### *Généralités*

— La nouveauté la plus marquante est, cette année, la construction et la mise au point d'un laser à He-Ne asservi sur l'iode et pouvant émettre, au choix, l'une des quatre longueurs d'onde  $\lambda = 612 \text{ nm}$ , 633 nm, 640 nm et 720 nm. La sélection s'effectue par rotation d'un prisme à l'intérieur de la cavité optique. La longueur d'onde la plus intéressante semble être  $\lambda = 612 \text{ nm}$ .

— D'autre part, nous collaborons avec les Établissements Jaeger (France) à l'industrialisation d'un laser à He-Ne asservi sur l'iode à  $\lambda = 633 \text{ nm}$ .

#### *Lasers asservis sur l'absorption saturée de l'iode 127 ( $\lambda = 633 \text{ nm}$ )*

#### *Améliorations*

— Sur le laser BIPM6, on a essayé quelques perfectionnements. Ce laser comporte un bâti constitué de trois barres en « Zerodur » et de deux flasques en invar. Sa

stabilité à très court terme a été améliorée par rapport à celle de lasers construits antérieurement en portant la bande passante de son asservissement de 20 à 200 Hz. Un problème subsiste toutefois : le rapport signal sur bruit est limité par le bruit produit par le tube à décharge, la pression totale du mélange gazeux étant trop élevée. Cette limitation affecte la stabilité et la reproductibilité de la fréquence du laser.

— Les difficultés pour trouver de bons tubes à décharge à He-Ne ne faisant que croître, nous avons effectué, sur un tube usagé que nous avons régénéré, une étude du bruit en fonction des proportions d'hélium et de néon et de la pression totale du mélange. L'un des meilleurs mélanges de  $^{20}\text{Ne}$  et d'hélium naturel que nous ayons déterminé fournit un signal comportant très peu de bruit sur une plage importante de courant (4 à 10 mA); c'est :  $p(^{20}\text{Ne}) = 40 \text{ Pa}$ ,  $p(^{20}\text{Ne}) + p(\text{He}) = 253 \text{ Pa}$ .

Pour ce genre de travail, nous avons expérimenté des robinets à soufflet métallique; ils paraissent dégazer beaucoup moins, à long terme, que les robinets à boisseau en téflon utilisés précédemment.

#### *Reproductibilité*

Six comparaisons par battements ont été faites entre les lasers BIPM2 et BIPM3, réglés à des puissances sensiblement égales (environ 80  $\mu\text{W}$ ); on a obtenu :  $(\text{BIPM2}) - (\text{BIPM3}) = + 6,6 \text{ kHz}$ , avec un écart-type d'une détermination  $\sigma = 7,3 \text{ kHz}$ .

Lorsqu'on diminue la puissance d'un de ces lasers par un facteur trois en déréglant la cavité, sa fréquence augmente d'environ  $4 \times 10^{-11}$  en valeur relative.

#### *Stabilité*

Pendant trente-trois heures consécutives, nous avons effectué des mesures de battements entre les lasers BIPM2 et BIPM3. L'écart-type d'Allan décroît sensiblement comme  $\tau^{-1/2}$  jusqu'à  $2 \times 10^{-13}$  pour  $\tau = 5400 \text{ s}$  (fig. 1); il semble atteindre un palier au-delà de  $\tau = 5400 \text{ s}$ .

#### *Comparaisons avec l'IMM (U.R.S.S.) et le NBS (États-Unis)*

a) En novembre et décembre 1978, une comparaison entre un laser (IMM1) de l'Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Leningrad, et notre laser de référence BIPM2 a été faite au BIPM. Douze déterminations comportant chacune la mesure de douze intervalles de fréquences (composantes d à g) ont conduit au résultat

$$(\text{IMM1}) - (\text{BIPM2}) = - 0,15 \text{ kHz} \quad \text{avec} \quad \sigma = 58,6 \text{ kHz.}$$

La valeur relativement grande de l'écart-type d'une détermination est due essentiellement à la qualité extrêmement variable du rapport signal sur bruit de la dérivée troisième de l'intensité du laser IMM1.

Nous avons aussi déterminé sur ce laser les coefficients moyens de variation de fréquence en fonction de l'amplitude de modulation (5,1 kHz par MHz de modulation crête à creux) et de la pression d'iode (9,7 kHz/Pa). L'écart-type d'Allan pour les battements entre IMM1 et BIPM2 est d'environ  $6 \times 10^{-12}$  pour  $\tau = 90 \text{ s}$ .

Cette comparaison a fait l'objet du rapport BIPM-79/9.

b) Du 19 au 25 avril 1979, une comparaison entre un laser (NBS1) du National Bureau of Standards, Gaithersburg, et notre laser BIPM2 a été faite au BIPM. Quatre déterminations comportant chacune la mesure des mêmes douze intervalles de fréquence que ci-dessus ont conduit au résultat

$$(\text{NBS1}) - (\text{BIPM2}) = - 14,0 \text{ kHz} \quad \text{avec} \quad \sigma = 14,9 \text{ kHz.}$$

Les deux lasers étaient réglés pour émettre des puissances sensiblement égales.

Nous avons aussi observé un décalage de la fréquence du laser NBS1 lié à la puissance du laser. Ce décalage est plus important que celui qui est observé sur les lasers du BIPM ; il peut en effet atteindre  $- 70$  kHz lorsque la densité de puissance à l'intérieur de la cavité (ou au col du faisceau) passe du simple au double.

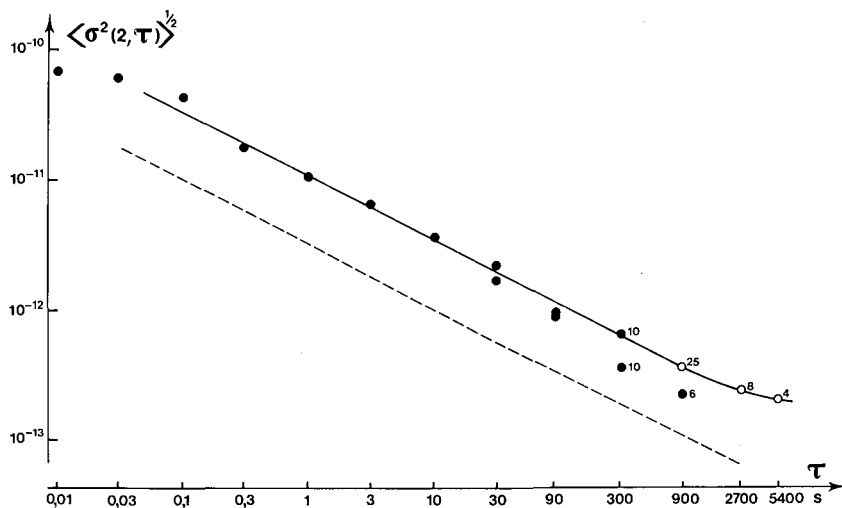


Fig. 1. — Écart-type d'Allan pour les battements entre les lasers BIPM2 et BIPM3 (novembre 1978).

● mesures du 21 novembre, ○ mesures du 30 novembre.

Pour certains points représentatifs, on a indiqué le nombre de mesures.

La pente de la droite en tirets correspond à une décroissance en  $\tau^{-1/2}$ .

c) Du 15 au 24 juin 1979, à l'Institut de Métrologie D. I. Mendéléév, Leningrad, une comparaison a été faite entre un laser de cet Institut (IMM7) et le laser de référence du BIPM (BIPM3). Cinq déterminations comportant chacune la mesure des mêmes douze intervalles de fréquence ont conduit au résultat

$$(IMM7) - (BIPM3) = - 99,3 \text{ kHz} \quad \text{avec} \quad \sigma = 10 \text{ kHz.}$$

Cette différence de fréquence, qui dépend très peu de la puissance du laser, semble provenir principalement de l'emploi de tubes à décharge de construction très différente sur les deux lasers ; en effet, elle est restée inchangée après avoir connecté sur IMM7 un asservissement du BIPM, mais elle a été ramenée à  $- 56,4$  kHz en installant sur IMM7 un tube à décharge du type de ceux utilisés par le BIPM.

Cet écart systématique entre les lasers de l'IMM et ceux du BIPM n'avait pas été observé au BIPM en décembre 1978, lors de la première comparaison entre les deux laboratoires ; à cette époque, la reproductibilité du laser de l'IMM était insuffisante. C'est la première fois que l'on observe un écart de fréquence aussi important ne provenant pas d'un effet de puissance ou d'une modification du réglage optique de la cavité du laser. Il faut rappeler que, lors des comparaisons internationales précédentes, les laboratoires nationaux et le BIPM utilisaient des tubes à décharge du même type. Des études systématiques concernant les mélanges gazeux et la géométrie des tubes à décharge devraient donc être entreprises.

Nous avons déterminé aussi les coefficients moyens de variation de la fréquence de IMM7 en fonction de l'amplitude de modulation ( $(-9,4 \pm 2,7)$  kHz par MHz de modulation crête à creux), de la pression d'iode ( $(-8,3 \pm 0,4)$  kHz/Pa) et de la puissance du laser ( $(-0,34 \pm 0,16)$  kHz/ $\mu$ W).

*Lasers asservis sur l'absorption saturée de l'iode 127 ( $\lambda = 612$  nm)*

*Caractéristiques*

Les résultats prometteurs obtenus au Laboratoire de l'Horloge Atomique (LHA), Orsay <sup>(2)</sup>, nous ont conduits à construire un laser dont la particularité est de pouvoir émettre des radiations de différentes longueurs d'onde et particulièrement à  $\lambda = 612$  nm.

Les caractéristiques de ce laser, appelé BIOR1, sont :

- cavité : longueur 72 cm, miroirs (Spectra-Physics) de facteurs de transmission 0,000 4 et d'absorption  $< 0,002$ , rayon de courbure 60 cm ; l'un des miroirs est lié mécaniquement à un prisme (Oriel, type A-75-544-40) ; la rotation de l'ensemble permet de sélectionner la longueur d'onde choisie ;
- tube CW Radiation, type LT7P ;
- translateurs piézoélectriques : type PZT4 tubulaire (Brusch-Clevite) pour la modulation sinusoïdale de la longueur de la cavité et type P-68 à empilement de disques (Quartz et Silice) pour l'asservissement ;
- cuve à iode N° 13, remplie au BIPM et munie d'un chauffage permettant de porter les parois à une température de l'ordre de 100 °C ;
- récepteur : photodiode au silicium avec amplificateur intégré, type SDA004 (Electro Nuclear Laboratory) ;
- électronique d'asservissement identique à celle des lasers asservis sur l'iode à  $\lambda = 633$  nm.

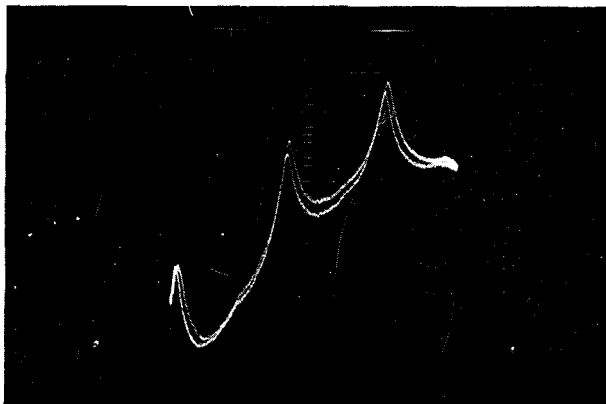


Fig. 2. – Composantes hyperfines h, i, j de la raie (9-2)R47 de l'iode 127.

Température du point froid de la cuve à iode environ  $-11$  °C ( $p \approx 1,5$  Pa) ; en ordonnées : puissance rayonnée par le laser, échelle arbitraire ; en abscisses : tension utilisée pour la modulation sinusoïdale de la longueur de la cavité ( $f = 50$  Hz), l'excursion en fréquence du laser est d'environ 100 MHz.

<sup>(2)</sup> BENNETT (S. J.) and CÉREZ (P.), Hyperfine structure in iodine at the 612-nm and 640-nm helium-neon laser wavelengths, *Optics Comm.*, **25**, 1978, pp. 343-347.

La puissance obtenue à  $\lambda = 612$  nm est d'environ  $100 \mu\text{W}$  et le contraste des pics d'environ 5 % pour une pression de l'iode d'environ  $1,5$  Pa (fig. 2).

A faible saturation, on peut localiser sur la courbe de gain les 21 composantes de structure hyperfine de la raie (9-2)R47 et quelques composantes de la raie (11-3)P48, de l'iode 127.

#### *Comparaison avec le LHA (France)*

Une comparaison avec le LHA a été effectuée au BIPM du 28 mai au 1<sup>er</sup> juin 1979. Quatre déterminations ont été faites; le résultat obtenu est

$$(\text{LHA}) - (\text{BIOR1}) = - 2,5 \text{ kHz} \quad \text{avec} \quad \sigma = 8,4 \text{ kHz.}$$

Seuls les pics o, p, q, r de la raie (9-2)R47 ont été utilisés. L'enregistrement, en dérivée troisième, de l'intensité en fonction de la longueur de la cavité a montré que des composantes parasites (peut-être celles d'une troisième raie) se trouvent à proximité de presque toutes celles de la raie (9-2)R47. Ces composantes parasites peuvent produire des décalages systématiques qui peuvent atteindre  $100$  kHz ( $\approx 2 \times 10^{-10}$ ). C'est ce que l'on peut craindre, en particulier, pour la composante i qui avait antérieurement été prise comme référence pour les mesures de longueur d'onde (voir p. 32).

#### *Étalonnage de lasers asservis sur le « Lamb-dip »*

Les deux lasers Spectra-Physics, type 119, utilisés aux sections interférométrie et longueurs ont été réétalonnés par battement avec un laser asservi sur l'iode.

Laser N° 3734-512 (Interférométrie)	{	$\lambda = 632\,991\,412,3$ fm mai 1979
		411,6 novembre 1978
		(413,6 mars 1978)
Laser N° 418 (Longueurs)	{	$\lambda = 632\,991\,429,4$ fm février 1979
		(426,3 janvier 1978)

Nous avons observé que lorsque la puissance du laser N° 3734-512 varie de  $100$  à  $200 \mu\text{W}$ , sa longueur d'onde augmente de  $2$  fm ( $3 \times 10^{-9}$ ).

#### *Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée du méthane ( $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$ )*

##### *Généralités*

La méthode de comptage réversible, utilisant le déphasage entre les signaux de battement obtenus sur les deux faisceaux transmis et réfléchi par une lame mélangeuse légèrement absorbante, a été essayée avec succès. Nous n'avons pas constaté de différence significative entre les résultats des mesures faites avec ce système et ceux qui ont été obtenus par la technique du décalage de fréquence avec un laser esclave.

Des mesures de fréquence de battement ont été faites entre les lasers BICH4.3 et BICH4.6 en fonctionnement ininterrompu pendant six jours. Le dépouillement est en cours.

La stabilité des lasers du BIPM, donnée par l'écart-type d'Allan, est actuellement de  $2,6 \times 10^{-13}$  sur  $100$  s.

Le tube de BICH4.2 a été ouvert afin de modifier la composition du mélange gazeux de manière à centrer le pic du méthane sur le sommet de la courbe de gain.

#### *Comparaison avec l'IMPR (U.R.S.S.)*

Une comparaison entre les lasers de l'Institut des Mesures Physicotechniques et Radiotechniques (IMPR), Moscou, et ceux du BIPM a eu lieu à Moscou du 25 juin au

5 juillet 1979. Le résultat obtenu avec les lasers de référence de chaque laboratoire est

$$(IMPR2) - (BICH4.6) = + 1,85 \text{ kHz} \quad \text{avec} \quad \sigma = 0,66 \text{ kHz.}$$

Notre laser témoin BICH4.3 a été également comparé à IMPR2, d'abord avec son tube laser d'origine, ensuite avec un tube de fabrication soviétique rempli de gaz sous une pression relativement forte, ce qui a pour effet d'aplatir la courbe de gain. Nous avons obtenu respectivement

$$\begin{aligned} (IMPR2) - (BICH4.3) &= + 4,80 \text{ kHz} \quad \text{avec} \quad \sigma = 1,16 \text{ kHz,} \\ (IMPR2) - (BICH4.3) \text{ modifié} &= - 1,64 \text{ kHz} \quad \text{avec} \quad \sigma = 0,23 \text{ kHz.} \end{aligned}$$

Il faut noter que tous les asservissements utilisaient la technique de la modulation sinusoïdale de la longueur de la cavité avec détection de la dérivée première (lasers de l'IMPR) ou troisième (lasers du BIPM).

Nous avons déterminé sur ces lasers les coefficients moyens de variation de fréquence en fonction de l'amplitude de modulation. Les résultats sont

BICH4.3	: - 630 Hz	} pour une variation de l'amplitude de modulation crête à creux de 100 kHz.
BICH4.3 modifié	: + 120 Hz	
BICH4.6	: + 560 Hz	
IMPR2	: + 350 Hz	

Cette comparaison fut très intéressante : elle a montré que la fréquence émise par un laser asservi sur le méthane peut, comme c'est le cas pour les lasers asservis sur l'iode, être fonction de la géométrie du tube à décharge et de la composition du mélange gazeux.

#### Comparaison de longueurs d'onde de lasers (J. Hamon)

— F. Spieweck a transporté de la PTB au BIPM un laser à argon ionisé stabilisé sur le pic s de la raie de rotation P(13) de la bande (43-0) de l'iode 127.

La longueur d'onde de la radiation verte très brillante émise par ce laser a été comparée à celle de la radiation rouge émise par un laser à hélium-néon du BIPM asservi sur la composante g de l'iode 127 ( $\lambda = 633 \text{ nm}$ ) dont la longueur d'onde est déduite de celle de la composante i et de la valeur de l'intervalle entre ces deux composantes <sup>(3)</sup>. Six séries de mesures ont été faites à l'interféromètre de Michelson, sous vide, réglé successivement aux différences de marche + 375 et - 375 mm.

Le résultat moyen est

$$\text{composante s} : \lambda = 514\,673\,466,9 \text{ fm,}$$

avec un écart-type, calculé d'après la dispersion des six mesures,  $\sigma_m = 0,22 \text{ fm}$  soit  $4,3 \times 10^{-10}$  en valeur relative.

— La longueur d'onde de la radiation orangée émise par notre laser BIOR1 (voir p. 30) asservi sur la composante i de la raie (9-2)R47 de l'iode 127 a été mesurée par comparaison à celle de la composante i de la raie (11-5)R127 de l'iode 127 d'un autre de nos lasers à He-Ne. Le résultat moyen de six séries de mesures faites à l'interféromètre de Michelson, sous vide, réglé aux différences de marche + 375 et

<sup>(3)</sup> CCDM, 5<sup>e</sup> session, 1973, p. M 25.



- 375 mm est

composante  $i$  :  $\lambda = 611\,970\,459,0$  fm,

avec un écart-type  $\sigma_m = 0,22$  fm soit  $3,6 \times 10^{-10}$  en valeur relative.

Ce résultat peut être comparé à celui que nous avons obtenu en 1978 avec un laser semblable du LHA :  $\lambda = 611\,970\,458,6$  fm ( $\sigma_m = 0,2$  fm).

### Masses (G. Girard)

#### *Kilogrammes prototypes*

La masse des Kilogrammes prototypes N° 12 (U.R.S.S.) et N° 17 (Service des Instruments de Mesure, France) 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

54  $\mu$ g pour le N° 12  
et 91  $\mu$ g pour le N° 17.

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

	1948	1950	nov. 1978	janv. 1979
N° 12 (U.R.S.S.)	+ 85 $\mu$ g		+ 88 $\mu$ g	
N° 17 (SIM, France)		+ 128 $\mu$ g		+ 124 $\mu$ g

#### *Balances Ruelprecht*

Les balances Ruelprecht de portée 20 et 50 g, envoyées pour révision chez Chyo Balance Corporation au Japon en mars 1978, sont revenues respectivement en mai et juillet 1979.

Des essais ont été effectués sur la balance Ruelprecht de portée 1 kg dont le fléau est maintenu en position fixe par un asservissement. Les premiers résultats sont très encourageants. Les vibrations transmises par le sol devenant gênantes, le montage mécanique du détecteur capacitif et de la commande électrostatique de cet asservissement doit être modifié.

#### *Polissage des étalons de masse*

Cette étude, déjà mentionnée dans le Rapport de 1978 (p. 37), a été poursuivie sur l'acier inoxydable et sur le platine iridié.

Des essais de polissage de surfaces de platine iridié et d'acier inoxydable par bombardement au moyen de très petites billes de verre ont été effectués au BIPM ; l'examen de la rugosité de la surface obtenue a été effectué à la PTB.

Des essais utilisant la technique de « superfinition » sur de l'acier inoxydable « Nimonic 105 » (alliage fourni par le NPL) ont donné de bons résultats. L'appareillage correspondant a été acheté.

En ce qui concerne le platine iridié, des essais ont été effectués avec différents outils à pointe de diamant sur un cylindre qui présentait une petite cavité le rendant impropre à la réalisation d'un étalon de masse de 1 kg. Ces essais ont été possibles grâce à l'obligeance de la Société Hardinge-France, fabricant de machines-outils.

Après l'achat d'un tour Hardinge, des essais plus nombreux pourront être effectués à notre atelier et nous pensons qu'il sera inutile de parfaire avec un abrasif le poli obtenu avec l'outil à pointe de diamant. Les figures 3 a et 3 b montrent le poli obtenu actuellement. A titre de comparaison, la figure 3 c montre le poli de la face supérieure de notre Kilogramme prototype d'usage courant N° 9 ; ce poli, réalisé avant 1889, peut être considéré comme bon pour l'époque.

#### *Études courantes et divers*

— La masse du cylindre en « Zerodur » que nous utilisons dans l'étude de la masse volumique de l'eau, a été déterminée après des séjours prolongés du cylindre dans l'eau ; aucune variation significative n'a été décelée. Dans le cadre de cette même étude, nous avons acheté un tube à parois épaisses en « Zerodur », ayant même volume que le cylindre ci-dessus mais dont l'aire de la surface est environ 1,8 fois plus grande. Ce tube nous permettra de nous assurer qu'aucun effet de surface n'affecte nos résultats.

— La masse des deux étalons (INM2 et INM4) que l'Institut National de Métrologie (Paris) nous avait confiés (Rapport 1977, p. 32), a été de nouveau déterminée ; aucune variation significative n'a été décelée.

— Le National Physical Laboratory nous a fait don de la quantité d'acier inoxydable (Nimonic 105,  $\rho \approx 8\,000\text{ kg/m}^3$ ) nécessaire à la fabrication de deux étalons de masse de 1 kg.

#### Achats effectués :

- deux étalons de masse de 1 kg en acier inoxydable (25 % Ni, 20 % Cr) ayant une masse volumique proche de  $8\,000\text{ kg/m}^3$ , chez Chyo Balance Corporation, Japon ;
- une balance Mettler PL1200 de portée 1 200 g, à lecture numérique (résolution 0,01 g) ;
- un analyseur de  $\text{CO}_2$  à infrarouge pour déterminer la teneur de l'air en ce gaz ;
- un éclairage à lumière froide Schott (pour examens au microscope) ;
- pour le polissage des étalons de masse, un tour Hardinge, un dispositif de superfinition, une prépolisseuse et une polisseuse Struers, et quatre outils à pointe de diamant ;
- pour positionner les outils à pointe de diamant et suivre l'état de surface en cours de polissage, un microscope Wild + Leitz à faible grossissement (de 3 à 40).

#### *Suite donnée à la réunion internationale sur les masses (novembre 1976)*

Les activités des Groupes de travail créés à cette réunion (Rapport 1977, p. 32) sont les suivantes :

*Groupe de travail 1 : Formule pour le calcul de la correction de poussée de l'air.* — Un rapport a été établi par ce Groupe de travail auquel participe P. Carré pour le BIPM. Ce rapport comporte une formule pour le calcul de la masse volumique de l'air humide ainsi que des tableaux et formules auxiliaires pour l'application de cette formule. Il a été soumis aux participants à la réunion sur les masses. Il est actuellement présenté sous la forme d'un rapport interne (Rapport BIPM-79/10). Si ce rapport est approuvé par le CIPM, la formule proposée pourra être recommandée pour l'usage international.

*Groupe de travail 2 : Mesure directe de la poussée de l'air.* — Nous n'avons aucun renseignement nouveau sur les travaux de ce Groupe.

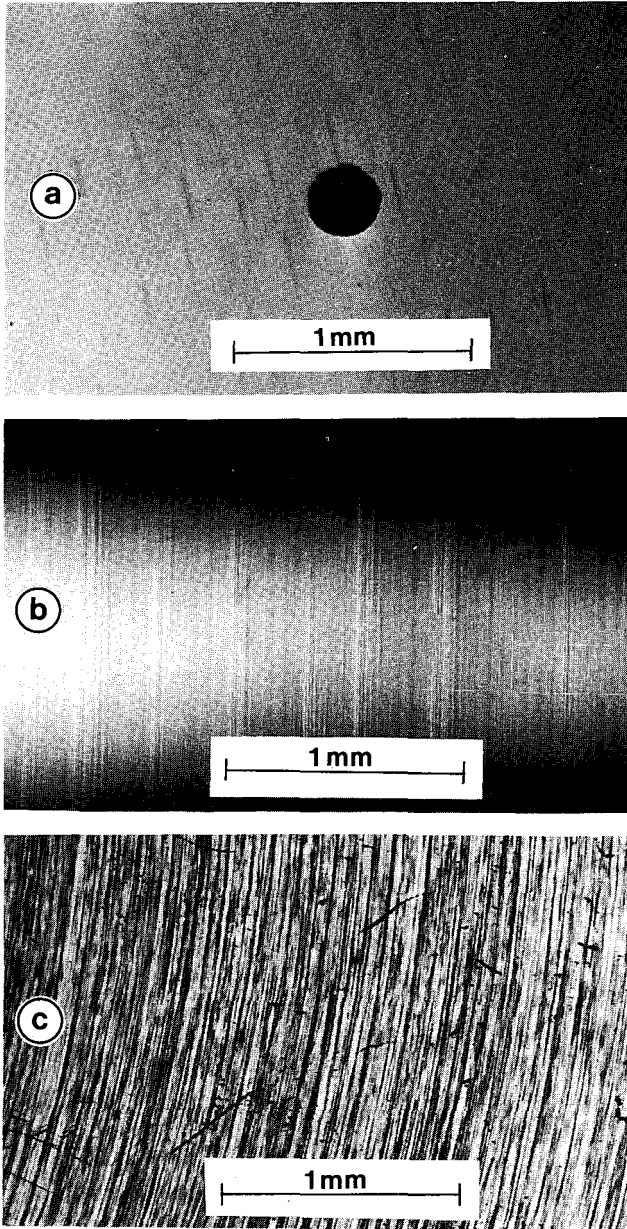


Fig. 3. — Surfaces polies de platine iridié.

- a) L'une des faces planes du cylindre JM14; la tache circulaire représente un défaut (cavité).
- b) Surface cylindrique du cylindre JM14.
- c) Face supérieure du Kilogramme prototype N° 9 (BIPM). Cette surface est considérée comme bonne et représentative des meilleures surfaces polies avant 1889.

*Groupe de travail 3 : Conservation des étalons de masse.* — G. Girard participe à ce Groupe de travail pour le BIPM. Un résumé des réponses au questionnaire envoyé en novembre 1977 a été diffusé à un grand nombre de laboratoires en même temps qu'une liste des études que le Groupe de travail estime nécessaire d'entreprendre. Quelques laboratoires ont donné leur accord pour effectuer une ou plusieurs de ces études.

#### *Enquête sur les mesures de force*

Le BIPM a adressé en avril 1979, à une quarantaine de laboratoires nationaux, un questionnaire sur les mesures de force. Un bref résumé des réponses sera donné à la prochaine session du CIPM (octobre 1979).

### **Échelles de temps (J. Azoubib)**

#### *Temps Atomique International (TAI)*

Le TAI est toujours établi à partir de l'Échelle Atomique Libre (EAL) au moyen d'une méthode de pilotage. Aucune modification de fond n'a été apportée à la méthode de calcul. Cependant, les liaisons horaires redondantes ont été supprimées. Elles apportaient en effet dans la solution par la méthode des moindres carrés des contraintes dont les conséquences étaient difficiles à évaluer lors d'un changement dans le réseau des comparaisons de temps. Sur deux liaisons horaires rattachant le

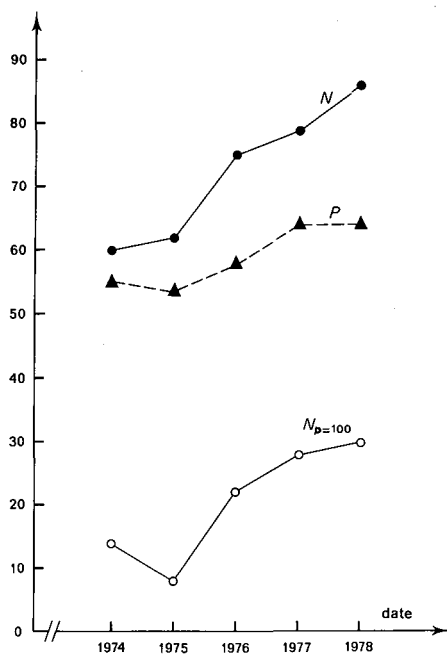


Fig. 4.

$N$ , nombre moyen annuel d'horloges ayant contribué au calcul du TAI;

$P$ , poids moyen annuel affecté à ces horloges, le poids maximal étant 100;

$N_{p=100}$ , nombre moyen annuel d'horloges affectées du poids maximal qui ont contribué au calcul du TAI.

même laboratoire au réseau d'horloges qui forment le TAI, seule la liaison de meilleure qualité a été conservée. Une conséquence directe a été la réduction d'environ 80 % du temps de calcul nécessaire au programme ALGOS.

A part les trois étalons à césium de laboratoire : NBS-4 du NBS, NRC Cs V du NRC et PTB CS1 de la PTB, et un maser à hydrogène de l'U.S. Naval Observatory, les horloges qui contribuent au TAI sont des horloges à césium fabriquées dans l'industrie. Leur nombre s'est accru au cours des années. La figure 4 montre cet accroissement ainsi que l'amélioration progressive de la stabilité des horloges. Celles-ci sont situées dans vingt-trois laboratoires nationaux.

Les données du maser à hydrogène de l'U.S. Naval Observatory, fonctionnant de façon continue, sont utilisées dans le programme ALGOS. Ce maser ne contribue pas encore à la formation du TAI puisque le poids zéro lui est volontairement affecté. En effet, sa marche par rapport au TAI montre une dérive de l'ordre de  $5,8 \times 10^{-12}$  par an. Pour l'inclure dans l'ensemble des horloges qui forment le TAI, il est nécessaire d'attendre quelques mois afin d'avoir une meilleure estimation de sa dérive pour pouvoir la compenser.

Les réceptions de signaux du LORAN-C et de la télévision restent actuellement les méthodes courantes pour comparer les horloges. Les incertitudes de ces méthodes sont les obstacles fondamentaux à l'amélioration de la stabilité à court terme du TAI. Il semble cependant que cette situation doive s'améliorer dans les années à venir grâce aux liaisons par satellites.

#### *Exactitude du TAI*

Rappelons que l'EAL sert de référence pour les étalonnages par les étalons primaires du NBS, du NRC et de la PTB. Après estimation de la durée de l'intervalle unitaire de l'EAL, des ajustements de fréquence lui sont appliqués pour obtenir le TAI. Dans le Rapport de 1978 (tableau I, p. 40) nous avons donné les différences de fréquences normées entre l'EAL et le TAI jusqu'à octobre 1977. Nous pouvons compléter ce tableau ainsi :

novembre 1977 - octobre 1978	$f(\text{EAL}) - f(\text{TAI}) = 9,2 \times 10^{-13}$
novembre 1978 - ...	9,0

Le tableau II donne la durée moyenne de l'intervalle unitaire du TAI pour 1977 et 1978.

Des différences entre la prédiction et l'estimation de la durée de l'intervalle unitaire du TAI ont été observées ; elles peuvent parfois atteindre  $0,7 \times 10^{-13}$  s. Leur origine est due au fait que l'estimation est effectuée avec des étalonnages se situant de part et d'autre de l'intervalle d'estimation, alors que la prédiction est effectuée avec des étalonnages se situant uniquement avant le début de l'intervalle de prédiction. La modélisation des bruits du TAI n'étant pas parfaite, celle-ci peut contribuer aussi à l'existence des différences mentionnées ci-dessus. Pour ces raisons, la méthode de pilotage a été légèrement modifiée en donnant une plus grande importance aux valeurs brutes des étalonnages.

#### *Liaison horaire par satellite*

Les comparaisons de temps entre le Canada et la France à l'aide du satellite géostationnaire Symphonie, commencées en juillet 1978 au rythme de cinq comparaisons par semaine, se poursuivent actuellement au rythme de deux comparaisons par semaine. Le Centre National d'Études Spatiales (CNES) a la

TABLEAU II

*Durée moyenne de l'intervalle unitaire du TAI  
par rapport à la durée de la seconde prise au niveau de la mer*

L'incertitude de cette durée moyenne est égale à  $0,5 \times 10^{-13}$  s pour chacune des périodes considérées.

Période	Durée moyenne
1977	
janvier-février	$1 + 0,8 \times 10^{-13}$ s
mars-avril	+ 1,0
mai-juin	+ 0,9
juillet-août	+ 0,8
septembre-octobre	+ 0,7
novembre-décembre	+ 0,6
1978	
janvier-février	$1 + 0,5 \times 10^{-13}$ s
mars-avril	+ 0,5
mai-juin	+ 0,7
juillet-août	+ 0,8
septembre-octobre	+ 0,9
novembre-décembre	+ 0,6

maîtrise d'œuvre de cette expérience qui est un programme commun à divers laboratoires dont le Conseil National de Recherches (NRC), Canada, et le Laboratoire Primaire du Temps et des Fréquences (LPTF), France. La réduction des mesures est effectuée au BIH.

Le satellite est utilisé comme relais au cours de la comparaison entre la station du Communication Research Center (CRC) à Ottawa et le Centre de Télécommunications de Pleumeur-Bodou. Les comparaisons entre le NRC et le CRC d'une part et entre Pleumeur-Bodou et l'Observatoire de Paris d'autre part sont effectuées par télévision. L'incertitude globale de la liaison NRC-Observatoire de Paris a été estimée à 20 ns; la contribution de la liaison par satellite proprement dite n'excède pas quelques nanosecondes.

#### **Gravimétrie (A. Sakuma)**

Nous avons déjà signalé (Rapport 1976, p. 50) que le premier prototype du gravimètre absolu transportable BIPM-IMGC a été mis en service en 1976, pour l'établissement du réseau gravimétrique international. Grâce à la méthode de la chute symétrique (mouvement ascendant puis descendant d'un corps) employée dans ce prototype, l'exactitude de la mesure de l'accélération due à la pesanteur, obtenue à chaque station, est meilleure que  $1 \times 10^{-8}$  en valeur relative, ce qui correspond à une amélioration d'un facteur 10 à 20 par rapport à celle du Réseau Gravimétrique International Unifié (IGSN-71). Cet appareil, construit à un seul exemplaire et qui est le seul gravimètre transportable utilisant la méthode de la chute symétrique, a été employé très fréquemment à la demande de plusieurs institutions métrologiques et géophysiques; à l'heure actuelle, il a permis d'établir une trentaine de nouvelles stations dans les réseaux d'Europe et d'Amérique du Nord.

Les premiers résultats obtenus avec ce gravimètre<sup>(4)</sup> ont été présentés à la 8<sup>e</sup> Commission Gravimétrique Internationale (septembre 1978, Paris); ils ont été accueillis avec admiration<sup>(5)</sup> par les géophysiciens. On peut maintenant considérer que la gravimétrie absolue est enfin devenue un nouvel outil puissant en géophysique, notamment pour l'étude des variations géodynamiques séculaires.

Encouragé par ce succès, le BIPM a poursuivi la réalisation d'un second prototype du gravimètre, peut-être encore plus précis et plus facile à manipuler que le premier.

Les Établissements Jaeger, qui avaient entrepris des études pour la fabrication commerciale de tels appareils (Rapport 1974, p. 48), ont reçu en 1978 d'un laboratoire de géophysique de Tokyo une première commande d'un gravimètre absolu commercial BIPM-Jaeger. Après plusieurs entretiens et grâce à l'assistance technique du BIPM, les Éts Jaeger ont lancé la fabrication d'une petite série de gravimètres absolus et envisagent de livrer le premier appareil en 1980 après vérification de son fonctionnement aux points de référence gravimétriques du BIPM.

L'un des projets envisagés pour l'emploi futur de notre second prototype est d'établir quelques stations gravimétriques « satellites » de la station principale Sèvres point A. Des liaisons périodiques de haute exactitude entre ces satellites et la station principale permettront d'éclaircir les causes de la variation séculaire de l'accélération due à la pesanteur, et montreront si un tel phénomène, dont l'influence est très importante pour la géophysique et la métrologie, est à l'échelle locale, régionale ou mondiale. Ce projet a été accueilli très favorablement par le Comité National Français de Géodésie et Géophysique. Comme première étape, une station gravimétrique satellite a été mise à notre disposition dans un laboratoire de géophysique du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) à Orléans, environ 130 km au sud de Paris. Des mesures préliminaires effectuées sur place ont montré que cette station semble être satisfaisante pour notre projet : le niveau des vibrations industrielles est très faible (amplitude inférieure au dixième de celle que l'on constate au BIPM), un puits permet de mesurer les variations du niveau de l'eau souterraine, la différence d'accélération due à la pesanteur entre Sèvres et cette station (environ  $1,05 \times 10^{-3} \text{ m.s}^{-2}$ ) sera utilisable après liaisons gravimétriques comme une excellente échelle absolue pour l'étalonnage de la sensibilité des gravimètres à ressort. Nous prévoyons d'amorcer ce projet en 1980-1981 avec la collaboration technique et financière du BRGM.

### **Thermométrie** (J. Bonhoure)

On a, pour l'essentiel, poursuivi l'étude des points triples de l'argon et du méthane. Le BIPM, qui participe à la comparaison internationale de cellules scellées organisée par l'IMGC (Italie) à la demande du CCT, a proposé une cellule de méthane de sa fabrication : il était donc indispensable de bien connaître les caractéristiques de cette cellule avant de la mettre en circulation.

L'étude des températures thermodynamiques entre 419 et 630 °C par pyrométrie infrarouge, longtemps retardée, a fait l'objet des premiers essais. On a aussi commencé les préparatifs nécessaires à l'étude, au-dessus de 630 °C, de thermomètres à résistance de platine et de thermocouples platine/platine rhodié chemisés.

---

<sup>(4)</sup> L. CANNIZZO *et al.*, Absolute gravity measurements in Europe. *Il Nuovo Cimento*, **1 C**, N° 1, 1978, pp. 39-85.

<sup>(5)</sup> *Bulletin Géodésique*, **53**, N° 1, 1979, p. 86.

*Échelle Internationale Pratique de Température*

*Cellules scellées pour la réalisation des points triples de l'argon et du méthane.* — On rappelle que ces cellules, qui sont destinées à l'étalonnage des thermomètres à résistance du type capsule, sont utilisées dans les mêmes conditions que la chambre de mesure classique : en régime adiabatique dans un cryostat.

On dispose maintenant d'un nombre suffisant de résultats pour en tirer des conclusions : dix paliers pour l'argon et quatorze paliers pour le méthane. Les mesures, qui portent sur une cellule d'argon (BIPM3) et deux cellules de méthane (BIPM6 et BIPM7), ont été effectuées avec deux thermomètres à résistance de platine (T226322 et T226321) et deux ponts de mesure (ASL et Guildline).

Les résultats moyens, exprimés sous la forme de la résistance réduite des thermomètres, sont comparés à ceux obtenus précédemment dans la chambre de mesure (tableau III).

TABLEAU III

*Résistances réduites de deux thermomètres aux points triples de l'argon et du méthane*

BIPM3, cellule scellée d'argon ; BIPM6 et BIPM7, cellules scellées de méthane.  
Deux ponts de mesure (ASL et Guildline) ont été utilisés.  
Une unité de la dernière décimale correspond à 23  $\mu$ K environ.

	T226322		T226321	
	ASL	Guildline	ASL	Guildline
BIPM3	0,216 071 8	0,216 070 0	0,216 039 2	0,216 038 2
chambre de mesure	070 5	069 2		
BIPM6	0,245 968 5	0,245 966 8	0,245 938 0	0,245 936 3
BIPM7	968 8	967 4	937 9	936 0
chambre de mesure	970 0	968 1		

Ces résultats confirment les observations déjà formulées dans le Rapport de 1978 (p. 42), observations qu'il est aujourd'hui possible de compléter ou de préciser.

– La reproductibilité des points triples est meilleure dans les cellules scellées ( $\pm 0,1$  mK) que dans la chambre de mesure ( $\pm 0,2$  mK).

– La stabilité dans le temps est excellente : au cours de dix-neuf mois pour la cellule d'argon, de treize et seize mois respectivement pour les deux cellules de méthane, il n'apparaît aucune dérive.

– Les cellules BIPM6 et BIPM7 sont en très bon accord ; l'écart maximal entre les valeurs individuelles est inférieur à 0,3 mK.

– Pour le méthane comme pour l'argon, l'accord entre les cellules scellées et la chambre de mesure est satisfaisant ; les écarts sont en effet de l'ordre de 0,2 à 0,3 mK.

En attribuant la valeur 83,798 K à la température du point triple de l'argon pris pour référence, on peut calculer la température du point triple du méthane (tableau IV).

On observe une différence de 0,5 à 0,6 mK entre les cellules scellées et la chambre de mesure. Cette différence sur l'intervalle de température entre les points triples de l'argon et du méthane n'est pas véritablement significative compte tenu des incertitudes indiquées ci-dessus.



TABLEAU IV

*Température du point triple du méthane*

La température du point triple de l'argon est prise comme référence.  
Deux thermomètre à résistance de platine et deux ponts de mesure ont été utilisés.

		ASL	Guidline	
cellules scellées	{	T226322	90,685 6 K	90,685 7 K
		T226321	685 6	685 4
chambre de mesure		T226322	90,686 2	90,686 1

*Point triple de l'eau.* — A deux reprises déjà (Rapports 1977, p. 37 et 1978, p. 43), on a indiqué qu'à chaque fois que le  $R_0$  d'un thermomètre à résistance de platine doit être contrôlé, on utilise au moins deux cellules à point triple de l'eau d'origines différentes. On peut ainsi voir s'il existe des différences de température systématiques entre ces cellules.

Avec des cellules de fabrication italienne (IMGC17), anglaise (NPL52) et américaine (Jarrett 767 et 768), les différences, exprimées en millikelvins, observées au cours de l'année écoulée sont les suivantes :

N° 768 — N° 17	N° 767 — N° 52	N° 768 — N° 52
+ 0,03 ± 0,05 (21)	+ 0,13 ± 0,08 (17)	+ 0,11 ± 0,10 (8)

Toutes les mesures ont été faites avec le pont Guidline; on a indiqué entre parenthèses, après l'écart-type, le nombre de valeurs utilisées pour le calcul de la moyenne.

Il semble maintenant bien établi que, si on admet pour incertitude 0,1 mK, les cellules fabriquées à l'IMGC, au NPL et par Jarrett fournissent la même température.

*Thermocouples et thermomètres à résistance pour hautes températures.* — Des travaux réalisés dans plusieurs laboratoires ont montré que la réponse du thermocouple normal platine/platine rhodié s'écartait nettement de la loi quadratique. Pour vérifier si les écarts observés sont dus à l'oxydation du platine, le BIPM a fait l'acquisition de thermocouples chemisés dont les fils sont maintenus sous atmosphère d'argon; ces nouveaux thermocouples seront comparés aux anciens qui sont montés dans des gaines non étanches d'alumine pure. On désire aussi commencer l'étude des deux thermomètres à résistance de platine pour hautes températures de fabrication soviétique qui sont déjà au BIPM.

Dans la perspective de ces mesures, on a réalisé trois creusets de graphite munis d'un puits rentrant de diamètre approprié et remplis de zinc, d'argent et d'or.

*Températures thermodynamiques : étude par pyrométrie infrarouge*

La comparaison des luminances des deux cavités « corps noir » à des températures comprises entre 419 et 630 °C nécessite l'emploi d'un récepteur très sensible : un photomultiplicateur à cathode Ga-In-As refroidi à - 90 °C.

Les premiers essais ont montré que ce récepteur n'était pas parfaitement linéaire; ce défaut était attendu et on avait déjà prévu d'y remédier en utilisant une méthode d'addition. Les essais ont aussi montré l'existence d'un phénomène d'hystérésis : quand l'éclairement énergétique est brutalement modifié, puis ramené à son niveau initial, la réponse du récepteur ne reprend sa valeur de départ qu'après un laps de

temps assez long. Pour faire face à un accroissement important de la durée des mesures, on s'oriente vers une certaine automatisation du système de mesure.

Le BIPM a en outre fait l'acquisition d'un pont ASL automatique à sept décades : associé à un convertisseur numérique-analogique et à un enregistreur potentiométrique, il sera utilisé à la lecture des thermomètres à résistance de platine placés dans les cavités « corps noir ».

#### *Études courantes*

En plus de la vérification de plusieurs instruments appartenant au BIPM, on a étudié des thermomètres à résistance de platine et des thermocouples platine/platine rhodié pour la Belgique, le Danemark, la Hongrie, la Norvège et la Suisse.

On a aussi déterminé la position du point zéro de deux thermomètres à mercure appartenant à la Société Anonyme Belge de Constructions Aéronautiques.

#### **Manométrie** (J. Bonhoure)

##### *Instrument de transfert de pression*

Dans le Rapport de 1978 (p. 45), on indiquait notre intention d'utiliser le point triple de l'argon comme point fixe de pression. Sa valeur, de l'ordre de 69 kPa, est intéressante et on espérait réaliser un instrument de transfert facilement transportable d'un laboratoire à un autre.

On a construit le cryostat et réalisé l'équipement complet de l'appareil, y compris le montage du capteur différentiel qui permet de comparer la pression du point triple à celle du manomètre à contrôler. Les essais n'ont malheureusement pas donné les résultats attendus. La stabilité de la pression n'est pas très satisfaisante. Les petites variations de température de la phase gazeuse placée hors du cryostat entraînent en effet des fluctuations de pression ; cela est la conséquence de la mauvaise conductivité thermique de l'argon. En revanche, on a pu vérifier que le changement de température le long du tube vertical qui relie la chambre de mesure (84 K) au réservoir extérieur au cryostat (300 K) s'effectuait sur une longueur très courte ; l'incertitude sur la correction de pression due à la colonne de gaz au-dessus du point triple est ainsi très faible.

Pour remédier au défaut constaté, on va modifier l'appareil en ne conservant à l'extérieur du cryostat que l'élément indispensable : la liaison (de très petit diamètre) avec le capteur différentiel.

##### *Réunion internationale sur la mesure des pressions*

A la suite de l'enquête effectuée en 1978 auprès de vingt-cinq laboratoires, le BIPM a organisé une réunion de spécialistes qui s'est tenue les 20 et 21 mars 1979 au Pavillon de Breteuil. Lors de cette réunion, on a constitué quatre Groupes de travail chargés de l'organisation de comparaisons internationales dans les domaines suivants : pressions moyennes (1 kPa à 1 MPa), très basses pressions ( $10^{-4}$  Pa à 1 Pa), basses pressions (1 Pa à 1 kPa), hautes pressions (1 MPa à 100 MPa). Le BIPM participera aux comparaisons dans le domaine des pressions moyennes.

#### *Études courantes*

On a contrôlé l'étalonnage de deux jauges de pression MKS Baratron au voisinage de la pression atmosphérique. L'une de ces jauges, acquise par la section des masses,

servira à mesurer la pression à l'intérieur de l'enceinte où est placée la balance NBS-2. En vue de ses étalonnages ultérieurs *in situ*, on a installé une canalisation reliant cette jauge au manobaromètre interférentiel.

## Électricité (G. Leclerc, T. Witt)

### *Comparaisons de représentations nationales de l'ohm*

*Rattachement de  $\Omega_{ASMW}$  à  $\Omega_{69-BI}$*  — Les résultats des comparaisons des étalons voyageurs de l'ASMW (Rép. Dém. Allemande) aux étalons de référence du BIPM (Rapport 1978, p. 46) ont été les suivants :

$$\text{en juin 1978} \quad \begin{cases} \Omega_{ASMW} = \Omega_{69-BI} + 2,16 \mu\Omega, \text{ pour la moyenne des étalons de } 1 \Omega, \\ \Omega_{ASMW} = \Omega_{69-BI} + 2,40 \mu\Omega, \text{ pour l'étalon de } 10^4 \Omega. \end{cases}$$

A la suite de ces comparaisons, l'ASMW a corrigé la valeur de sa représentation de l'unité SI de résistance pour l'ajuster sur celle du BIPM (juin 1978).

*Rattachement de  $\Omega_{PTB}$  à  $\Omega_{69-BI}$*  — Ce rattachement a été fait par l'intermédiaire de trois étalons voyageurs de 1  $\Omega$  appartenant à la PTB (Rép. Féd. d'Allemagne). On a trouvé

$$\text{au 28 septembre 1978} : \Omega_{PTB} = \Omega_{69-BI} + 0,91 \mu\Omega.$$

*Rattachement de  $\Omega_{NIM}$  à  $\Omega_{69-BI}$*  — Quatre étalons voyageurs de 1  $\Omega$  appartenant au NIM (Rép. Pop. de Chine), transportés à la main, ont été utilisés pour effectuer cette comparaison qui a conduit au résultat suivant

$$\text{au 10 septembre 1978} : \Omega_{NIM} = \Omega_{69-BI} + 0,55 \mu\Omega.$$

*Rattachement de  $\Omega_{NPRL}$  à  $\Omega_{69-BI}$*  — Comme à l'époque des comparaisons internationales périodiques, le NPRL (Afrique du Sud) envoie toutes les trois années au BIPM un groupe d'étalons de résistance voyageurs pour contrôler l'évolution de sa référence nationale. L'étude des deux étalons de 1  $\Omega$  apportés en mai 1979 est en cours.

### *Installations pour la comparaison des étalons de résistance*

Ces installations comprennent deux ponts doubles de Thomson et un pont à comparateur de courants continus. Les ponts doubles ont été reconstruits en utilisant des résistances ESI très stables et à faible coefficient de température.

Le pont N° 1 (pont principal), qui sert à la comparaison des étalons de 1  $\Omega$  et de 10  $\Omega$ , est maintenant immergé tout entier dans le bain d'huile à 20 °C, thermorégulé à 1 mK près, qui contient les étalons en cours de mesure. Sa résolution est de l'ordre de  $4 \times 10^{-8} \Omega$  lorsque le courant de mesure est de 0,1 A. La température des étalons est déterminée au moyen de thermomètres à résistance de platine et d'un pont thermométrique Tinsley.

Le pont double N° 2, utilisé pour la comparaison des étalons de 100, 1 000 et 10 000  $\Omega$ , a aussi été immergé dans le bain d'huile qui contient les étalons en cours de mesure ; mais ce bain, dont l'huile peut être mise en circulation pour uniformiser sa température, n'est pas thermorégulé.

Le pont à comparateur de courants continus sert essentiellement à la mesure des étalons sous-multiples de l'ohm et aux études spéciales (mesure des coefficients de pression des étalons de résistance et des sondes thermométriques ; détermination de températures à  $1 \times 10^{-4}$  K près).

*Détermination du coefficient de pression des principaux étalons de résistance du BIPM*

Les résultats des mesures effectuées, entre 86 500 et 113 000 Pa environ, au moyen de l'appareil décrit dans le Rapport de 1978 (p. 48) sont donnés au tableau V.

TABLEAU V  
*Coefficient de pression  
 des principaux étalons de résistance de 1 Ω du BIPM*

Numéro de l'étalon	Constructeur	Coefficient de pression
85	NBS	+ 9,2 × 10 <sup>-11</sup> /Pa
86	NBS	+ 9,2
87	NBS	+ 8,8
65	Leeds and Northrup	+ 0,1
722	NPL	0,0
725	NPL	0,0
52	ETL	+ 1,1

Ces coefficients ont les ordres de grandeur attendus, sauf celui de l'étalon N° 65. Ils peuvent cependant être entachés d'une erreur systématique car, dans ces premières expériences, les mesures de température ont été faites sans tenir compte de l'influence possible des variations de pression sur le comportement des sondes thermométriques en platine. Les mesures seront donc reprises lorsque nous aurons étudié cette influence.

*Dispositif pour la détermination du coefficient de pression des thermomètres étalons et des sondes en platine*

Afin d'étudier le comportement, sous différentes pressions, de thermomètres à résistance de platine conservés à une température constante, nous avons réalisé une enceinte en acier inoxydable dans laquelle nous pouvons faire varier la pression de l'air entre 0 et 2 × 10<sup>5</sup> Pa; cette pression est mesurée au moyen d'un manomètre à mercure. Dans cette enceinte de 0,90 m de hauteur et de 0,35 m de diamètre, on peut placer un récipient rempli de glace râpée contenant trois cellules à « point triple de l'eau » pour étudier simultanément trois thermomètres. Les liaisons électriques entre les thermomètres et le pont de mesure sont effectuées à travers des passages étanches. Les premières mesures sont en cours.

*Comparaison de représentations nationales du volt*

*Rattachement de V<sub>ASMW</sub> à V<sub>76-BI</sub>.* — Ce rattachement a été effectué durant le printemps et l'été 1978 au moyen de six piles nues maintenues à 20 °C, même pendant leur transport; on a obtenu

$$\text{au 22 juin 1978 : } V_{\text{ASMW}} = V_{76\text{-BI}} - 2,30 \mu\text{V.}$$

*Rattachement de V<sub>NIM</sub> à V<sub>76-BI</sub>.* — Ce rattachement a été effectué par l'intermédiaire de six piles de fabrication chinoise définies à 20 °C.

A la date moyenne du 26 juillet 1978 on avait :

$$V_{\text{NIM}} = V_{76\text{-BI}} - 1,99 \mu\text{V.}$$

*Rattachement de  $V_{\text{NPRL}}$  à  $V_{76\text{-BI}}$*  — En même temps que les étalons de résistance voyageurs du NPRL, quatre piles conservées à 30 °C dans une enceinte à air ont été apportées au BIPM. Les comparaisons sont en cours.

#### *Conservation de l'unité de force électromotrice*

En moyenne, nous effectuons toutes les six semaines un contrôle de la force électromotrice de nos piles primaires par comparaison à la tension Josephson.

Nous n'avons pas apporté de modification notable à notre installation de mesure Josephson, mais contrôlé soigneusement une nouvelle fois ses divers éléments pour rechercher d'éventuelles causes d'erreurs systématiques. Nous avons en particulier :

- vérifié l'exactitude du rapport du comparateur de tensions (constitué, rappelons-le, de deux dispositifs de Hamon) en contrôlant l'ajustage des résistances principales et auxiliaires et l'importance des coefficients de température et de puissance de ces résistances ;

- réétalonné le potentiomètre qui sert à comparer les piles des groupes BIRD (groupe primaire) et BINS (groupe de piles non saturées) aux piles déterminées directement en fonction de la tension Josephson. Ce réétalonnage a confirmé que les défauts de linéarité et d'exactitude du potentiomètre sont négligeables dans notre domaine d'utilisation.

#### *Enceintes pour la conservation des piles*

Afin de pouvoir conserver, dans les conditions d'utilisation ultérieures, un nombre important de piles parmi lesquelles on choisira, après une étude prolongée, celles qui constitueront les étalons de premier ordre, nous avons construit une enceinte pour 24 piles, thermorégulée à 30 °C (dérive journalière attendue de l'ordre de  $1 \times 10^{-4}$  K).

A titre expérimental, nous avons aussi construit une enceinte plus petite, sans régulation de température mais à grande inertie thermique, que nous avons placée momentanément dans notre cabine climatisée à 20 °C (à quelques  $10^{-2}$  K près), pour contrôler l'évolution de sa température et le comportement des six piles qu'elle contient. Accessoirement, cela nous a obligés à réaliser un dispositif de commande à distance d'un commutateur à douze positions.

En ce qui concerne les enceintes de type commercial, nous avons constaté que les piles qu'elles contenaient étaient presque toujours traversées par un courant alternatif parasite quand elles étaient alimentées par le secteur. Il en résulte une erreur sur la valeur de la force électromotrice attribuée aux piles, erreur qui peut d'ailleurs être différente d'une pile à l'autre. Pour s'affranchir de ce défaut, nous souhaiterions donc pouvoir, dans un proche avenir, alimenter en courant continu toutes les enceintes que nous recevrons pour étude. Certaines enceintes ne pouvant être ainsi alimentées qu'après une légère modification, nous demanderons aux laboratoires propriétaires d'effectuer celle-ci.

#### *Équipement*

Les multiples interventions du fabricant de la cage de Faraday n'ayant pas permis d'obtenir une amélioration durable, la porte et le dormant de la cage ont finalement été remplacés.

La section Électricité s'est par ailleurs procuré :

- un second « bain d'huile » (Guildline) permettant d'obtenir, à quelques millikelvins près, toute température comprise entre 0 et 65 °C (ce bain remplace celui

acquis en 1977, qui est désormais réservé à la mesure des étalons de 1  $\Omega$  et dans lequel on a installé le pont double principal);

- trente-six piles de diverses provenances;
- un multimètre numérique (Data Precision) pour lequel nous avons réalisé un système d'enregistrement des mesures;
- un enregistreur (Sefram) à double voie dont une à décalage d'échelle automatique;
- quatre-vingts commutateurs (Stackpole et Tettex) à faible résistance de contact et très faible force thermoélectrique, pour remplacer les instruments défectueux et renouveler les réserves.

#### *Études courantes*

Au cours de l'année écoulée, le BIPM a étudié 28 étalons de résistance (de valeurs comprises entre 0,001 et  $10^4 \Omega$ ) et 48 piles définies à 20 °C ou à 30 °C appartenant à l'Argentine, l'Autriche, la Belgique, la Bulgarie, la Finlande, la Hongrie, la Norvège, la Pologne, la Suisse, la Tchécoslovaquie et la Yougoslavie.

#### **Photométrie** (J. Bonhoure)

##### *Comparaison internationale de récepteurs $V(\lambda)$*

Cette comparaison, organisée par la PTB sous les auspices du CCPR, porte sur trois récepteurs commerciaux (cellules au silicium, précédées de filtres en verre) qui doivent être étalonnés en « ampère par lux ». Trois étalons d'intensité lumineuse à 2 800 K accompagnent les récepteurs et servent de témoins.

Le BIPM a participé à cette comparaison dont les résultats devraient être connus en 1980.

##### *Installations de mesure*

On a poursuivi la modernisation des équipements utilisés pour le contrôle électrique des lampes. Deux voltmètres numériques remplacent maintenant le potentiomètre précédemment employé pour la lecture de la différence de potentiel aux bornes des lampes ou de la résistance étalon. On a, du même coup, supprimé le réducteur de tension qui était une source de complication et d'incertitude.

#### *Études courantes*

On a effectué le contrôle d'étalons d'intensité lumineuse, de flux lumineux et de température de répartition pour les laboratoires nationaux de Hongrie, de Suisse et de Yougoslavie. On a aussi participé à l'étude de la stabilité de nouvelles lampes, plus robustes, présentées par le NPL. On a enfin vérifié les valeurs d'étalonnage des groupes d'usage du BIPM, par comparaison aux groupes primaires établis lors des comparaisons internationales de 1961 et de 1969.

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

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

##### *Rayons X de faible énergie*

Dans le domaine de 10 à 50 kV, deux comparaisons directes d'étalons d'exposition ont été effectuées en novembre 1978 avec le NPL (Royaume-Uni) et en janvier 1979

avec l'OMH (Hongrie). Les étalons de ces deux laboratoires sont des chambres d'ionisation à plaques parallèles dont l'espacement est de 6 cm. Une première comparaison avait eu lieu avec l'OMH en 1972 avec un étalon dont les dimensions étaient trop grandes (espacement de plaques 13 cm) pour le point de référence 10 kV. C'est pourquoi ce laboratoire a construit un deuxième étalon de dimensions plus réduites.

On donne dans le tableau VI les résultats de ces comparaisons. Si l'accord est très bon entre les étalons du BIPM et du NPL, par contre il semble y avoir un écart systématique avec l'étalon de l'OMH, cet écart variant avec l'énergie.

TABLEAU VI

*Comparaison entre les étalons d'exposition du NPL, de l'OMH et du BIPM*

	Rayonnement	$\dot{X}_{NPL}/\dot{X}_{BIPM}$	$\dot{X}_{OMH}/\dot{X}_{BIPM}$
10 kV	CDA = 0,04 mm Al	0,998 5	0,991 5
30	0,176	0,998 8	0,994 2
25	0,25	0,998 6	0,995 0
50 (b)	1,02	0,998 9	0,998 0
50 (a)	2,26	0,998 7	1,000 7

Les diaphragmes des étalons ont également été comparés par la méthode ionométrique. Les résultats sont donnés au tableau VII. On note une variation du rapport des courants d'ionisation par unité de surface du diaphragme en fonction de l'énergie. Des expériences faites en changeant la distance de mesure ou en changeant la filtration n'ont pas modifié ces résultats. Le diaphragme du BIPM a été envoyé au NPL, où des expériences analogues seront exécutées dans le faisceau du NPL.

TABLEAU VII

*Comparaison des diaphragmes des étalons d'exposition du NPL, de l'OMH et du BIPM*

( $I/S$  est le courant d'ionisation par unité de surface du diaphragme)

Rayonnement	$(I/S)_{NPL}/(I/S)_{BIPM}$	$(I/S)_{OMH}/(I/S)_{BIPM}$
10 kV	0,997 0	0,992 9
30	0,998 4	0,993 7
50 (b)	0,999 5	0,998 1

Enfin, des comparaisons du coefficient d'atténuation de l'air ont été faites entre le BIPM et le NPL. Pour mesurer ce coefficient, le BIPM utilise un tuyau placé entre le tube à rayons X et la chambre d'ionisation, la pression dans le tuyau étant variable ; le NPL utilise une chambre d'ionisation avec deux plaques de mesure séparées par une distance d'environ 9 cm. Les résultats consignés dans le tableau VIII sont en bon accord. Il est possible que la petite différence observée à 10 kV soit due en partie à une variation du rayonnement diffusé, selon qu'on utilise l'une ou l'autre des plaques de mesure de la chambre d'ionisation du NPL.

TABLEAU VIII

Comparaison des déterminations du coefficient d'atténuation  $\mu$  de l'air  
( $l = 91$  mm)

Rayonnement	$\mu_{\text{BIPM}}$	$\mu_{\text{NPL}}$	$\exp [(\mu_{\text{BIPM}} - \mu_{\text{NPL}}) \cdot l]$
10 kV	1,689 m <sup>-1</sup>	1,674 m <sup>-1</sup>	1,001 4
30	0,413	0,408	1,000 5
50 (b)	0,090 9	0,089 8	1,000 1

Rayons X d'énergie moyenne

Une chambre d'ionisation de transfert de l'ISS (Italie) avait été étalonnée en 1977 dans le faisceau de rayons X d'énergie moyenne du BIPM. L'ISS étant maintenant en mesure de fournir les facteurs d'étalonnage de cette même chambre dans leur propre faisceau, on peut en déduire les rapports de l'étalon d'exposition de l'ISS à celui du BIPM. Les résultats de cette comparaison indirecte sont donnés dans le tableau IX.

Dans ce même domaine d'énergie, une comparaison indirecte d'étalons d'exposition a été effectuée en juin 1979 avec l'ARL (Australie) à l'aide de deux instruments de transfert, une chambre d'ionisation type NEL (diamètre 8,4 mm, hauteur 13 mm) et une chambre d'ionisation type Victoreen (diamètre 25 mm, hauteur 60 mm). L'étalon de l'ARL est une chambre d'ionisation à plaques parallèles dont l'espacement est de 20 cm. On donne dans le tableau IX les résultats préliminaires de ces comparaisons.

TABLEAU IX

Comparaison indirecte entre les étalons d'exposition  
de l'ISS, de l'ARL et du BIPM

( $M$  est le facteur d'étalonnage de l'instrument de transfert)

Rayonnement	$M_{\text{ISS}}/M_{\text{BIPM}}$	$M_{\text{ARL}}/M_{\text{BIPM}}$	
		chambre NEL	chambre Victoreen
100 kV	1,004	0,998	0,991
135	1,005	0,999	0,985
180	0,999	0,999	0,985
250		0,999	0,986

Alors que la comparaison faite à l'aide de la chambre d'ionisation NEL semble donner de bons résultats, il apparaît un écart de 1,5 % environ avec la chambre d'ionisation Victoreen. Cet écart peut s'expliquer par les grandes dimensions de cet instrument de transfert. En effet, sur une aussi grande surface, le faisceau n'est pas homogène. Des mesures faites antérieurement à l'aide d'une chambre de transfert Shonka ont montré que, pour un déplacement latéral du tube à rayons X n'excédant pas 10 mm de part et d'autre de l'axe de la chambre, la réponse de celle-ci ne varie pas de plus de 0,1 % environ (fig. 5). Cependant, pour des déplacements de 25 et 30 mm, les variations obtenues sont respectivement de 0,4 % et 3,1 %. Cela explique donc le désaccord obtenu avec la chambre Victoreen.



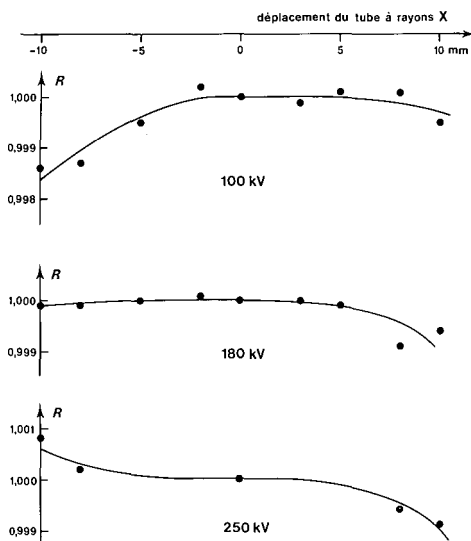


Fig. 5. — Variation de la réponse  $R$  d'une chambre de transfert du type Shonka en fonction du déplacement latéral du tube à rayons X.

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

##### *Enregistrement automatique de données*

Le système automatique de mesure des courants d'ionisation décrit dans le Rapport de 1978 (p. 54), permettant d'enregistrer les données sur cassettes à bande magnétique, a été construit. La mesure du courant d'ionisation s'effectue de manière satisfaisante ainsi que l'enregistrement et la relecture des données. Dès que les programmes d'utilisation seront mis au point, les mesures ne nécessiteront plus que de rares interventions de l'expérimentateur, par exemple quand il s'agira de changer un paramètre de l'expérience.

##### *Mesure de la dose absorbée dans le graphite*

a) *Variation de la dose absorbée avec la profondeur dans le fantôme.* — La courbe expérimentale de variation de la dose absorbée avec la profondeur a été corrigée pour l'atténuation du rayonnement incident par les différents disques de graphite. Dans la figure 6, cette courbe expérimentale corrigée de l'atténuation est comparée à la courbe théorique de M. Boutillon donnant l'accumulation des photons diffusés. L'écart observé, qui croît avec la profondeur, reste compatible avec les incertitudes estimées. De plus, même si un tel écart existe, l'erreur systématique qui en résulte pour la correction de perturbation, et par conséquent pour la valeur de la dose absorbée, reste inférieure à  $10^{-3}$  en valeur relative pour les « profondeurs » jusqu'à  $17 \text{ g/cm}^2$ .

b) *Comparaisons internationales d'étalons de dose absorbée.* — L'étalon calorimétrique du RIV (Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Pays-Bas) a été comparé à l'étalon ionométrique du BIPM. Les résultats sont présentés dans la figure 7 en même temps que ceux de comparaisons antérieures pour trois autres laboratoires. Ces résultats sont donnés pour deux valeurs de la constante  $W/e$  qui est

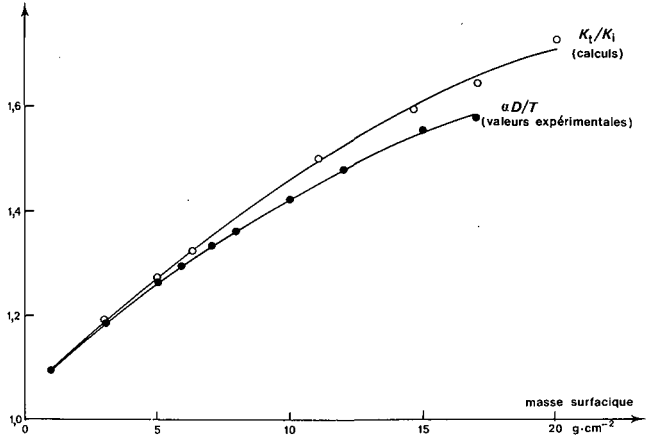


Fig. 6. — Accumulation des photons diffusés en fonction de la « profondeur » dans le fantôme de graphite du BIPM.

$K_i$ , kerma dans le graphite du rayonnement incident ;  $K_1$ , kerma total (dû aux photons incidents et aux photons diffusés) dans le graphite à la même « profondeur » ;  $D$ , dose absorbée ;  $T_i$ , transmission du rayonnement incident.

On a choisi le coefficient  $\alpha$  pour faire coïncider les deux courbes à l'abscisse  $1 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-2}$ .

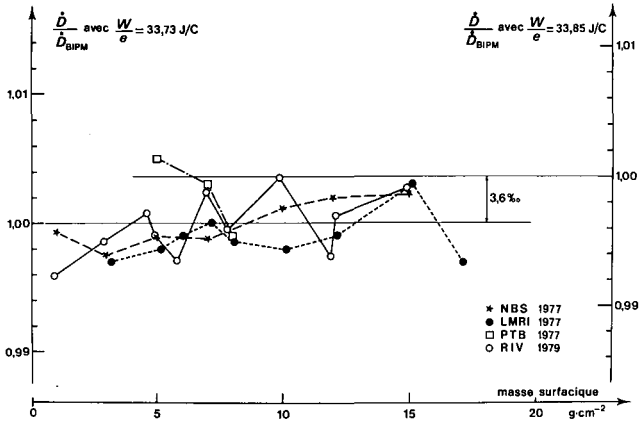


Fig. 7. — Comparaisons d'étalons de dose absorbée dans le graphite.

$\dot{D}/\dot{D}_{\text{BIPM}}$ , rapport des débits de dose absorbée mesurés avec l'étalon calorimétrique du laboratoire national concerné et avec l'étalon ionométrique du BIPM. On a donné deux échelles correspondant à deux valeurs de la constante physique  $W/e$ . En abscisses, masses surfaciques correspondant aux profondeurs de mesure.

utilisée pour la mesure ionométrique :  $33,73 \text{ J/C}$  (ICRU 1964) et  $33,85 \text{ J/C}$  (ICRU 1979) ( $W$  est l'énergie moyenne pour produire une paire d'ions dans l'air et  $e$  la charge élémentaire).

La comparaison RIV-BIPM a permis de mettre à nouveau en évidence l'influence de la masse volumique du graphite. La figure 8 montre des exemples de variation, pour une masse surfacique donnée, de la dose absorbée en fonction de la masse volumique

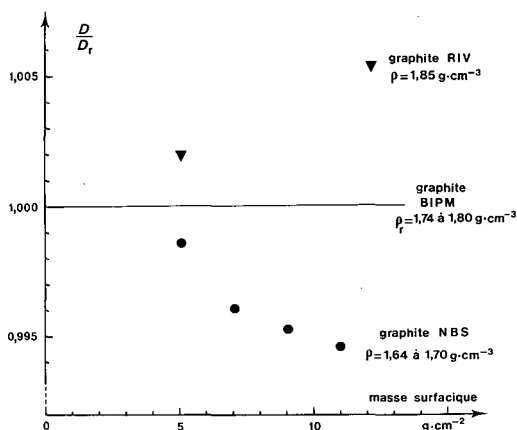


Fig. 8. — Influence de la masse volumique du graphite sur les mesures de dose absorbée.  
 $D, D_r$ , doses absorbées mesurées, pour une même masse surfacique, avec des disques de graphite de masses volumiques respectives  $\rho$  (graphite RIV ou NBS) et  $\rho_r$  (graphite BIPM).

du graphite. Cela confirme que, dans les comparaisons d'étalons de dose absorbée, il est important d'utiliser les mêmes disques de graphite devant le détecteur (calorimètre ou chambre d'ionisation), ou à défaut des disques ayant des masses volumiques aussi proches que possible.

Un étalonnage de deux chambres de graphite du Statens Strålskyddsinstitut (Stockholm) destinées à servir d'étalons secondaires de dose absorbée dans le graphite est actuellement en cours.

#### *Détermination de la dose absorbée dans l'eau*

Cette grandeur est d'une importance primordiale en radiothérapie. Elle est en général mesurée avec des chambres d'ionisation étalonnées en termes d'exposition avec le rayonnement  $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$ . Les valeurs des facteurs de conversion qui permettent de passer de l'exposition à la dose absorbée sont encore assez incertaines, surtout pour les rayonnements de photons ou d'électrons de haute énergie qui sont très différents du rayonnement d'étalonnage. On a étudié les publications traitant de ce sujet et essayé de mettre au point les relations fondamentales concernant ces facteurs. Pour ce faire, on s'est appuyé sur les précédentes analyses du BIPM concernant la détermination de l'exposition et celle de la dose absorbée. Le document qui en a résulté (Rapport BIPM-79/2) a été présenté à la 5<sup>e</sup> réunion de la Section I du CCEMRI (mai 1979).

#### **Électrons (A.-M. Perroche\*)**

##### *Préparation de la mesure de $W$*

Poursuivant la préparation de la mesure de  $W$ , on a construit un canon à électrons du type Steigerwald. Ce type de canon permet d'obtenir une focalisation du faisceau à une distance variable du filament, grâce à la configuration de l'électrode de Wehnelt.

Le canon a été construit en acier inoxydable; la cathode est un filament de tungstène de diamètre 0,1 mm. L'ensemble est réglable en direction et ce réglage est commandé de l'extérieur de l'enceinte.

On a étudié la variation de la distance de focalisation et les dimensions du faisceau dans le plan de focalisation en fonction de différents paramètres (dimensions du Wehnelt, distances filament-Wehnelt et Wehnelt-anode, tension de polarisation du Wehnelt et potentiel accélérateur), et on a déterminé les meilleures valeurs de ces paramètres pour obtenir une bonne focalisation (surface de la tache  $< 1 \text{ mm}^2$ ).

Des phénomènes transitoires et instables ont été observés dans la mesure du courant d'électrons. Ces phénomènes, probablement dus à des champs électriques ou magnétiques parasites, ont disparu lors de l'installation de l'appareillage dans le laboratoire nouvellement aménagé.

Différentes études ont été effectuées concernant la mesure du courant d'électrons,  $I$ , avec le collecteur de Faraday :

— On a relevé les caractéristiques  $I = f(U_W)$  en fonction de la tension de polarisation  $U_W$  du Wehnelt par rapport à la cathode. Le courant d'électrons peut atteindre  $10 \text{ } \mu\text{A}$  lorsque le Wehnelt est faiblement polarisé, mais dans ce cas la section minimale du faisceau atteint plusieurs millimètres carrés. On travaillera avec un courant d'environ  $1 \text{ } \mu\text{A}$ , pour lequel la section minimale correspondante est de l'ordre de  $1 \text{ mm}^2$ .

— L'efficacité du collecteur de Faraday a été étudiée en faisant varier la longueur du collecteur et la tension appliquée à l'écran placé devant lui. On mesure la totalité du courant  $I$  avec le collecteur de 2 cm de longueur et une différence de potentiel entre l'écran et l'anode égale à 2 % de la tension accélératrice (fig. 9).

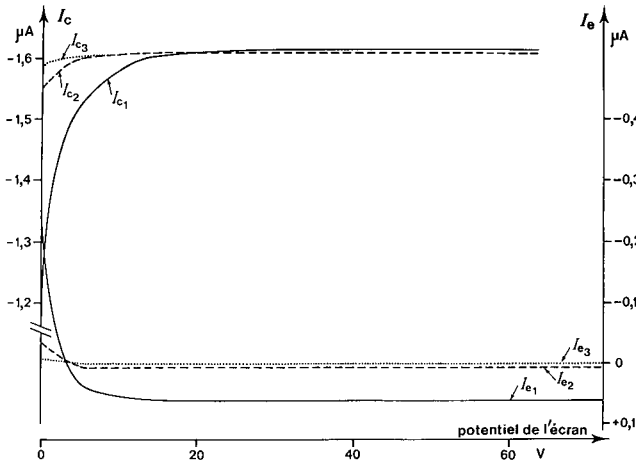


Fig. 9. — Courant d'électrons mesuré sur le collecteur ( $I_c$ ) et sur l'écran placé devant lui ( $I_e$ ) en fonction du potentiel de l'écran (tension accélératrice 2 kV, anode à la masse).

Les indices 1, 2 et 3 correspondent à des longueurs de collecteur égales à 0,5, 2 et 4 cm.

— On a observé des évolutions du courant d'électrons en fonction du temps ainsi qu'une variation de ce courant en fonction de la pression résiduelle dans l'enceinte. Pour les réduire, une régulation du courant est effectuée par une contre-réaction agissant sur la tension de polarisation. Les évolutions (2 % par heure) sont réduites à 0,1 % par heure. La diminution du courant  $I$ , qui est d'environ 20 % lorsque la pression varie de  $3,3 \times 10^{-5}$  à  $1,3 \times 10^{-4}$  Pa (par entrée d'azote dans l'enceinte), n'est plus que de 0,3 % avec la régulation.

## Radionucléides

### Étalonnage de sources radioactives (A. Rytz, J. W. Müller)

La quantité de travail considérable que les laboratoires nationaux investissent dans les comparaisons de mesures d'activité confirme l'intérêt soutenu qu'ils portent au rattachement de leurs résultats et à la recherche des erreurs systématiques. Depuis plusieurs années, les grandes comparaisons internationales, nécessairement peu fréquentes, sont complétées par le système international de référence qui permet des comparaisons rapides et permanentes.

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

$^{134}\text{Cs}$ . — Cette comparaison a bénéficié d'une préparation minutieuse et de l'expérience acquise au cours d'une comparaison préliminaire organisée en 1974. Comme d'habitude, les participants (dont le BIPM) ont consigné leurs résultats dans un formulaire soigneusement étudié. Des extraits de cette information ont été rassemblés dans un rapport préliminaire (Rapport BIPM-79/5) qui a été distribué aux vingt-quatre participants. Il faut souligner que, pour la première fois, tous les participants ont terminé leurs mesures et soumis leurs résultats qui ont, malgré la complexité du schéma de désintégration de ce radionucléide, une dispersion de 0,68 % seulement. La plupart des résultats ont été obtenus par la méthode de comptage par coïncidences  $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$ , c'est-à-dire en utilisant un compteur proportionnel comme détecteur  $\beta$ . Une analyse approfondie est en cours.

$^{137}\text{Cs}$ . — Ce radionucléide se transforme par émission  $\beta^-$  en  $^{137}\text{Ba}$ , stable. Cependant, environ 95 pour cent des transitions passent par un état métastable d'une vie moyenne d'environ quatre minutes et qui se désexcite par émission d'un photon de 662 keV. La vie très longue efface toute corrélation entre les émissions  $\beta$  et  $\gamma$ ; c'est pourquoi la méthode des coïncidences n'est applicable que par l'adjonction d'un indicateur d'efficacité, comme par exemple le  $^{134}\text{Cs}$ . La méthode de l'indicateur peut paraître simple; en pratique, elle pose de nombreux problèmes délicats qui risqueraient de brouiller une grande comparaison internationale. Il a donc été décidé de limiter à une dizaine le nombre de participants, parmi lesquels figure aussi le BIPM. Une solution de  $^{137}\text{Cs}$  très pure a été fournie par le NBS, tandis que la solution de  $^{134}\text{Cs}$  de la comparaison qui avait précédé pouvait servir d'indicateur. Les résultats, encore incomplets, feront l'objet d'une analyse ultérieure.

$^{55}\text{Fe}$ . — Ce radionucléide à capture d'électrons n'émet que des photons et électrons d'Auger de très faible énergie. En outre, des complications chimiques sont à craindre et l'étalonnage se heurte à des difficultés sérieuses. Le NPL a organisé une comparaison avec douze participants pour le compte du BIPM qui, faute d'équipement adapté à ces mesures, n'y prend pas part. Les résultats seront analysés par le NPL.

#### *Mesures avec l'ensemble de comptage par coïncidences $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$*

Pour assurer un bon fonctionnement de cet équipement assez complexe, il est nécessaire de le garder constamment en état de marche et d'effectuer de fréquentes mesures de contrôle. L'entretien concerne en premier lieu le système électronique, mais aussi l'équipement annexe : balances, matériel pour préparer et métalliser les supports, conditionnement des locaux, etc.

*Mesures de sources de référence.* — Un stock de quelques dizaines de sources solides minces de  $^{60}\text{Co}$  et de  $^{54}\text{Mn}$  est complété et contrôlé périodiquement. Pendant l'année écoulée, le Centre d'Étude de l'Énergie Nucléaire (Mol, Belgique) nous a adressé une demande de trois sources relativement fortes de  $^{60}\text{Co}$  qui a pu être satisfaite sans délai. Pour des radionucléides moins communs ou à période courte, il sera plus difficile de répondre à de telles demandes.

*Dosage du  $^{56}\text{Mn}$ .* — L'étalonnage de cet émetteur  $\beta$ - $\gamma$  ( $T_{1/2} \approx 2,6$  h) fait partie de la mesure des taux d'émission de sources de neutrons par la méthode du bain de manganèse (voir aussi *Mesures neutroniques*). Les mesures relatives par chambre d'ionisation  $4\pi\gamma$  (voir ci-après *Mesures relatives d'activité...*) rendent possible la comparaison entre elles des quatre mesures absolues effectuées, par coïncidences  $4\pi\beta$ - $\gamma$ , entre mai et novembre 1978. Trois résultats concordent à mieux que 0,1 % près, tandis que le dernier s'en écarte de 0,27 %.

Une expérience supplémentaire a montré qu'aucune correction due au schéma de désintégration n'est nécessaire.

*Mesure du temps mort.* — Quand on détermine le temps mort imposé à la voie  $\beta$  ou  $\gamma$  en utilisant la méthode dite des deux oscillateurs, le résultat s'exprime à l'aide de trois fréquences. Un appareil a été construit qui effectue ces mesures, détermine le temps mort et l'affiche numériquement ; des expériences ont montré que son utilisation est commode et précise.

*Étude sur des compteurs proportionnels.* — Les compteurs proportionnels à angle solide proche de  $4\pi$  sr utilisés dans les ensembles  $4\pi\beta$ - $\gamma$  ont des dimensions assez diverses, comme il ressort des rapports des comparaisons internationales. Bien qu'une étude systématique des très nombreuses possibilités ne s'impose pas, on peut attendre des résultats utiles si l'on étudie le comportement du compteur pour un nombre restreint de variations de certaines dimensions. Dans ce but, on a construit deux compteurs du type « pillbox » de tailles différentes et dont certaines parties sont variables. Les mesures sont en cours.

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

L'intérêt de ces mesures réside dans leur simplicité et leur haute précision. Elles offrent de nombreuses possibilités de comparer et de conserver des résultats de mesures absolues effectuées en des lieux et à des dates différents. Cependant, les comparaisons de résultats qui concernent des radionucléides différents sont plus difficiles à interpréter.

*Reproductibilité des résultats; sources de référence.* — Le courant d'ionisation produit par une source introduite dans le puits de la chambre charge un condensateur dont la capacité se situe normalement entre 500 et 30 000 pF. Si les variations de capacité sont suffisamment lentes et suffisamment petites, elles n'affectent pratiquement pas les mesures relatives de courant d'ionisation. Elles suivent les variations de l'humidité ambiante et disparaissent pour un condensateur en atmosphère sèche (fig. 10). Il sera donc avantageux de garder les condensateurs au sec.

Des contrôles effectués périodiquement avec des sources de référence ( $^{226}\text{Ra}$  ou  $^{60}\text{Co}$ ) et avec l'une ou l'autre des deux chambres identiques mettent en évidence l'étanchéité parfaite des enveloppes des sources aussi bien que celle des chambres remplies d'azote sous une pression de 2 MPa.

Toutes les sources liquides introduites dans les chambres sont contenues dans des ampoules du même type dont l'influence sur les mesures a été étudiée avec soin. Le

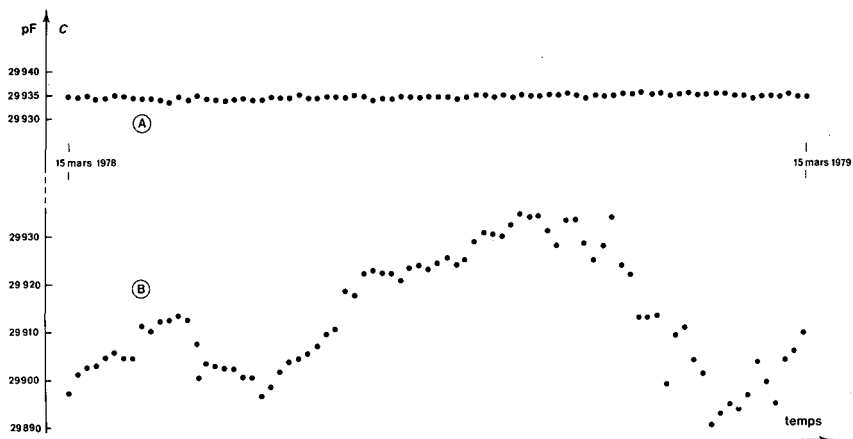


Fig. 10. — Variations de la capacité de deux condensateurs utilisés en parallèle avec la chambre d'ionisation à puits.

A, condensateur étanche et séché; B, condensateur dans l'air ambiant. Les valeurs sont ramenées à 20 °C.

remplissage des ampoules peut être reproduit avec haute précision, grâce à un appareil spécial permettant d'observer quand le niveau du liquide a atteint la cote désirée.

De nombreuses mesures ont été effectuées afin de déterminer leur répétabilité quand, d'une part, une source est laissée dans la chambre et, d'autre part, quand on la retire entièrement après chaque lecture (fig. 11). Les résultats montrent que le centrage des sources n'introduit aucune incertitude supplémentaire.

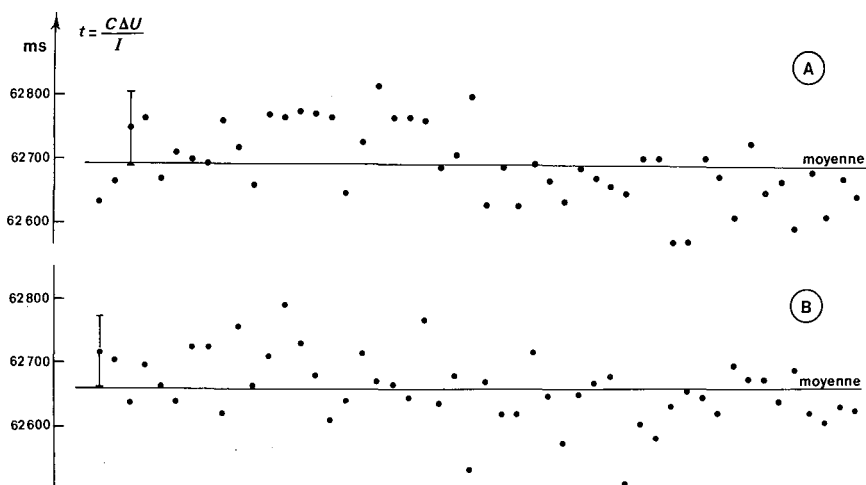


Fig. 11. — Répétabilité des mesures du courant d'ionisation  $I$  dans une chambre à puits pressurisée.

Ce courant d'ionisation est exprimé par la durée  $t$  nécessaire pour charger un condensateur de capacité  $C = 1\,000$  pF à une tension  $\Delta U = 0,2$  V.

A, la source reste en place dans la chambre durant toutes les mesures.

B, entre les mesures, la source est retirée de la chambre et de son support.

*Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons  $\gamma$ .* — Grâce à l'intérêt et au concours des laboratoires nationaux, l'importance et la fiabilité de ce système augmentent continuellement. Pendant l'année écoulée, environ 50 nouveaux résultats ont été inscrits aux tableaux d'enregistrement. Depuis le début (1975), 18 laboratoires ont envoyé 215 ampoules contenant des solutions de 34 radionucléides différents.

Il est évident que les arrivées d'échantillons ne peuvent être coordonnées dans le temps. Les dédouanements exigent une trentaine de déplacements par an et quelques formalités administratives.

L'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (AIEA), Vienne, Autriche, entretient un système de référence analogue au nôtre et a adopté le même type d'ampoules. Afin de comparer les deux systèmes, l'AIEA a envoyé seize échantillons au BIPM qui, en échange, a envoyé à l'Agence sept autres échantillons. Les mesures ont mis en évidence que les résultats des deux systèmes ne diffèrent pas entre eux de manière significative.

Les calculs simples mais fastidieux que demande le système de référence sont maintenant effectués à l'aide de l'ordinateur. La mise au point de ce programme représente un premier pas vers une exploitation automatique des données.

*Courbes de sensibilité de la chambre d'ionisation.* — La réponse de la chambre en fonction de l'énergie des photons peut être déterminée à l'aide de sources monoénergétiques d'activité et de taux d'émission  $\gamma$  connus. Les détails de cette dépendance presque linéaire ressortent particulièrement bien d'un diagramme qui représente le quotient de la réponse de la chambre par une fonction linéaire de l'énergie des photons. Des courbes peuvent ainsi être établies pour deux domaines d'énergie où ces écarts restent faibles (fig. 12). Elles permettent de prévoir des résultats par interpolation ou de déceler la présence d'impuretés, à condition que les schémas de désintégration soient suffisamment bien connus.

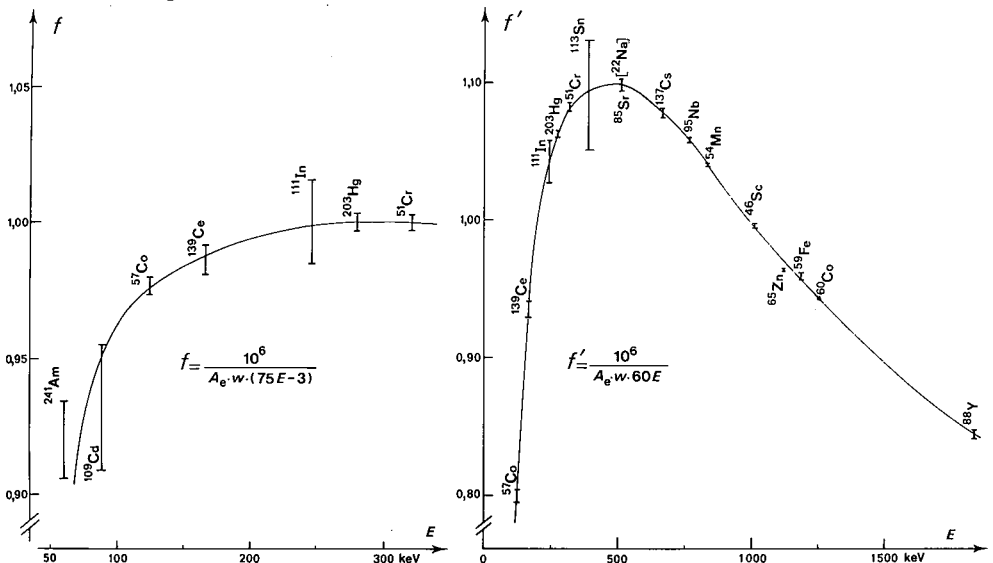


Fig. 12. — Courbes de sensibilité de la chambre d'ionisation à puits, établies pour deux domaines d'énergie.

$A_e$ , activité équivalente, en kBq;  $E$ , énergie des photons, en MeV;  $w$ , taux d'émission  $\gamma$ .



**Statistiques de comptage (J. W. Müller)**

L'application de procédés statistiques qui ont déjà montré leur utilité pratique se poursuit en parallèle avec l'élaboration de méthodes permettant une meilleure exploitation de mesures habituelles ainsi que l'interprétation de résultats acquis par un nouveau type de mesure. Pour illustrer ces deux dernières catégories, nous donnons dans ce qui suit un exemple pour chacune d'elles.

*Influence de la décroissance sur la loi de Poisson*

Dans la plupart des expériences où l'on mesure, pendant une durée fixe, le nombre de particules émises par un radionucléide, la décroissance de la source radioactive, si elle n'est pas négligeable, peut être prise en considération en utilisant pour l'espérance mathématique  $\mu$  une valeur corrigée. Ainsi, le résultat suivra toujours la simple loi de Poisson

$$P_{\mu}(k) = \frac{\mu^k}{k!} \cdot e^{-\mu}, \quad k = 0, 1, 2, \dots$$

Par contre, si la durée totale  $T$  de la mesure est subdivisée en un grand nombre  $n$  d'intervalles égaux de durée  $t_0 = T/n$  et si pour chaque intervalle le nombre  $k$  d'événements observés est enregistré, l'ensemble de ces résultats peut avoir une allure qui diffère sensiblement d'une distribution de Poisson. De telles mesures peuvent être effectuées par exemple en utilisant le dispositif décrit récemment par P. Bréonce (Rapport BIPM-78/6) où la répartition de  $k$ , obtenue par accumulation, est constamment visible sur l'écran d'un sélecteur multicanaux. Puisque la déformation de la distribution est due à la décroissance du radionucléide observé, il doit être possible d'en déduire la période.

Admettons donc que le taux de comptage moyen  $\rho$  en fonction du temps  $t$  soit décrit par la simple loi exponentielle

$$\rho(t) = \rho_0 \cdot e^{-\lambda t},$$

où  $1/\lambda$  est la vie moyenne du nucléide considéré. Pour tenir compte de cette évolution temporelle, il convient de remplacer  $\mu$  dans la formule précédente par  $\mu(t) = \rho(t) \cdot t_0$  et d'intégrer l'expression qui en découle sur la durée totale  $T$  occupée par les mesures. Cela nous amène à la probabilité modifiée

$${}_{\lambda}P(k) = {}_0P(k) \cdot \frac{1}{T} \int_0^T \exp[-\lambda kt + \mu_0(1 - e^{-\lambda t})] dt,$$

où  $\mu_0 = \rho_0 \cdot t_0$  et  ${}_0P(k) = P_{\mu_0}(k)$ .

Le facteur de correction à appliquer à la probabilité de Poisson  ${}_0P(k)$  qui ne tient pas compte de la décroissance est peu pratique sous cette forme d'une intégrale. Or, il est possible de le transformer dans les expressions suivantes

— pour  $k = 0$  :

$${}_{\lambda}P(0) = {}_0P(0) \cdot \frac{e^{\mu_0}}{\theta} [E_1(\mu_1) - E_1(\mu_0)],$$

— pour  $k \geq 1$  :

$${}_{\lambda}P(k) = {}_0P(k) \cdot \frac{e^{\mu_0}}{\theta \cdot \mu_0^k} [\gamma(k, \mu_0) - \gamma(k, \mu_1)],$$

où l'on a utilisé les notations

$$\theta = \lambda T \quad \text{et} \quad \mu_1 = \rho(T) \cdot t_0 = \mu_0 e^{-\theta},$$

tandis que

$$E_1(\mu) = \int_{\mu}^{\infty} \frac{e^{-x}}{x} dx$$

et

$$\gamma(k, \mu) = \int_0^{\mu} e^{-x} x^{k-1} dx$$

sont les définitions habituelles de la fonction exponentielle intégrale et de la fonction gamma incomplète.

Les calculs nécessaires pour arriver aux expressions indiquées pour les facteurs de correction sont décrits en détail dans le Rapport BIPM-79/11.

On peut également déterminer l'espérance ( $E$ ) et la variance ( $V$ ) de  $k$ . Elles sont liées entre elles par la relation

$$R \equiv \frac{\lambda V(k) - \lambda E(k)}{\lambda E^2(k)} = \frac{\theta}{2} \frac{1 + e^{-\theta}}{1 - e^{-\theta}} - 1.$$

Puisque le rapport  $R$  ne dépend que de  $\theta$ , sa valeur expérimentale permet une première estimation de  $\lambda$ .

Il a été possible d'arranger le calcul numérique de façon à l'incorporer dans un programme d'ordinateur où l'on évalue toutes les fonctions nécessaires.

Dans l'application de ces résultats à des données expérimentales, on est confronté avec deux complications supplémentaires car les distributions peuvent être modifiées par la présence d'un mouvement propre  $p$  et d'un temps mort  $\tau$ . Dans cette situation plus générale, le taux de comptage moyen est décrit par

$$\rho(t) = \frac{p + \rho_0 e^{-\lambda t}}{1 + (p + \rho_0 e^{-\lambda t})\tau},$$

si  $\tau$  est supposé du type non cumulatif. L'évaluation des expressions correspondantes pour  $\lambda P(k)$  se complique beaucoup. Néanmoins, il est toujours possible d'arriver à des résultats numériques par des procédés voisins d'une simulation du comportement temporel. Leur fiabilité se vérifie à l'aide des deux premiers moments que l'on peut évaluer exactement (voir BIPM WPN-217). A titre d'exemple nous avons analysé les résultats publiés récemment <sup>(6)</sup> concernant la désintégration du premier niveau excité du <sup>116</sup>In qui est métastable. Grâce à l'information supplémentaire fournie par les auteurs, nous avons pu faire les calculs nécessaires pour les paramètres expérimentaux appropriés, c'est-à-dire

$$t_0 = 0,2 \text{ s}, \quad T = 4\,067,6 \text{ s}, \quad \tau = 16 \text{ } \mu\text{s} \text{ et } p = 0.$$

Le nombre total de mesures est  $N = 10\,169$ .

Le taux de comptage initial  $\rho_0$  a été choisi de manière que l'espérance mathématique de  $k$  corresponde à la valeur moyenne expérimentale. La variance est déterminée et comparée à la valeur déduite des observations. Le procédé est contrôlé par l'évaluation de la grandeur  $\chi^2$ , formée à l'aide des écarts entre valeurs calculées et valeurs mesurées. Le meilleur ajustement, représenté à la figure 13, correspond à une

---

<sup>(6)</sup> JORDAN (D. R.) and McBETH (G. W.), *Nucl. Instr. and Meth.*, **155**, 1978, pp. 551-555.

période  $T_{1/2} = 3\,245$  s. Cependant, la précision de cette valeur n'est sans doute pas très élevée et elle est difficile à estimer ; compte tenu de la qualité médiocre des résultats expérimentaux (statistiquement parlant) et du bon accord avec la meilleure valeur actuellement admise,  $T_{1/2} = (3\,249 \pm 4)$  s <sup>(7)</sup>, cette première mise en œuvre d'une nouvelle méthode est très encourageante.

Les applications les plus prometteuses pourraient bien se situer dans le domaine des nouveaux éléments transuraniens à vie courte qui ne sont disponibles qu'en quantité infime.

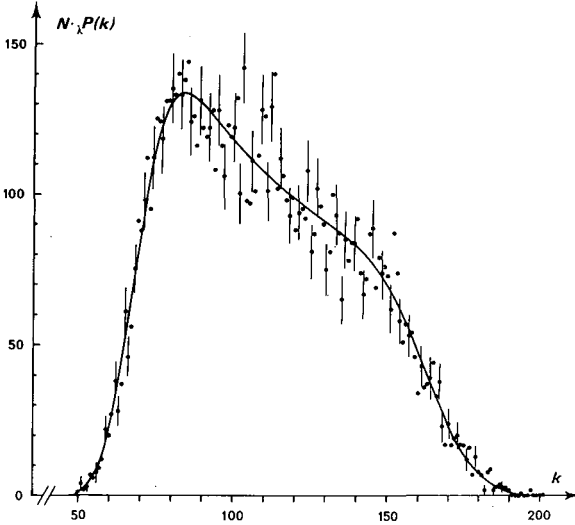


Fig. 13. — Distribution de Poisson modifiée par décroissance.

Aux valeurs expérimentales pour une source de  $^{116}\text{In}^m$ , fournies par les auteurs cités, est superposée la courbe théorique qui donne le meilleur ajustement. Elle correspond à une période de 3 245 s. A titre indicatif, pour quelques résultats, on a représenté les incertitudes statistiques.

#### Ajustements simultanés

La mesure de l'activité d'une source radioactive à l'aide de la méthode  $4\pi\beta\text{-}\gamma$  peut se faire de différentes façons dans le cas où il y a plusieurs rayonnements gamma (et bêta) émis. Toutefois, il faut que ceux-ci se séparent bien expérimentalement. En choisissant une fenêtre gamma en énergie qui ne contient qu'une seule transition, on obtient par exemple pour la représentation graphique de la grandeur  $y = N_\beta N_\gamma / N_c$  en fonction de  $x = N_\gamma / N_c - 1$  (où  $N_\beta$ ,  $N_\gamma$  et  $N_c$  sont les taux de comptage corrigés des effets expérimentaux connus) une série de points (avec incertitudes statistiques  $s$ ) plus ou moins bien alignés. Puisque  $N_c / N_\gamma$  est une mesure de l'efficacité bêta de l'enregistrement, l'extrapolation à  $x = 0$  correspond à  $\varepsilon_\beta = 1$  et dans ce cas  $y(0) = N_0$  est l'activité recherchée de la source. Pour chaque transition gamma, on obtient ainsi une courbe dont cette extrapolation donne une estimation de l'activité  $N_0$ . En pratique, cela s'effectue par l'ajustement d'un polynôme d'ordre donné aux mesures expérimentales.

(7) *Nuclear Data Sheets*, 14, 1975, p. 278.

Puisqu'il nous faut arriver à une valeur de l'activité qui soit indépendante de la branche de désintégration utilisée, on s'attend à ce que les différents résultats qui découlent de l'ajustement de chaque courbe soient compatibles entre eux. D'autre part, on peut aussi prendre la situation à l'envers et imposer comme condition supplémentaire que, pour  $x = 0$ , les différentes courbes se rencontrent en un seul point d'ordonnée  $A$ .

Si l'on a affaire à  $K$  courbes ( $k = 1, 2, \dots, K$ ) et à des polynômes ne dépassant pas le deuxième degré, la courbe  $k$  reliant les ordonnées théoriques correspondant aux abscisses  $x_{k,j}$  est donnée par l'expression

$$y_k(x_{k,j}) = A + B_k \cdot x_{k,j} + C_k \cdot x_{k,j}^2,$$

où  $j$  distingue les différentes mesures. Si les valeurs  $Y_{k,j} \pm s_{k,j}$  désignent les résultats expérimentaux, la somme des carrés des écarts pondérés est donnée par

$$Q = \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^{j_k} g_{k,j} [y_k(x_{k,j}) - Y_{k,j}]^2,$$

où  $g_{k,j} = s_{k,j}^{-2}$  est le poids statistique et  $j_k$  le nombre de points de la courbe  $k$ .

En imposant la condition des moindres carrés, on obtient comme d'habitude le système des équations normales

$$\frac{\partial Q}{\partial A} = 0, \quad \frac{\partial Q}{\partial B_k} = 0 \quad \text{et} \quad \frac{\partial Q}{\partial C_k} = 0,$$

ce qui donne  $2K + 1$  conditions pour déterminer  $A$ ,  $B_k$  et  $C_k$ .

Écrit de façon plus explicite, le système est donc

$$A \sum_k [g_k] + \sum_k B_k [g_k x_k] + \sum_k C_k [g_k x_k^2] = \sum_k [g_k Y_k],$$

$$A [g_k x_k] + B_k [g_k x_k^2] + C_k [g_k x_k^3] = [g_k x_k Y_k]$$

et

$$A [g_k x_k^2] + B_k [g_k x_k^3] + C_k [g_k x_k^4] = [g_k x_k^2 Y_k],$$

où [...] indique une sommation sur  $j$ .

Pour plus de détails sur les calculs intermédiaires, voir le Rapport BIPM-79/12.

Afin de réduire numériquement ce système et d'obtenir les coefficients  $A$ ,  $B_k$  et  $C_k$ , toujours avec leurs écarts-types respectifs, on fait avantageusement appel aux sous-programmes disponibles sur notre ordinateur IBM 1130. Un programme écrit en Fortran IV, qui peut traiter jusqu'à  $K = 4$  branches et effectuer les ajustements successifs du premier au troisième degré, est disponible. Il a été largement utilisé pour faire les calculs que les récentes comparaisons internationales de  $^{134}\text{Cs}$  et de  $^{137}\text{Cs}$  ont nécessités.

Si les branches individuelles donnent des valeurs incompatibles pour l'activité, il est évident que ce n'est pas par un tel ajustement que l'on accordera des résultats contradictoires; il vaudra alors mieux chercher la cause de l'échec. En revanche, dans le cas d'un accord raisonnable, ce procédé fournit de manière naturelle une valeur moyenne et un écart-type pour  $N_0$  qui tiennent compte de l'ensemble des données. Si les mesures des différentes transitions ont été effectuées en même temps, il faudra appliquer la technique d'extrapolation multidimensionnelle développée à cet effet <sup>(8)</sup> qui tient compte des corrélations et aboutit généralement à des extrapolations linéaires.

<sup>(8)</sup> SMITH (D.) and STUART (L. E. H.), *Metrologia*, **11**, 1975, pp. 67-72.

### *Autres travaux*

Parmi les études non encore décrites, mentionnons une autre tentative d'aborder les problèmes dus à la décroissance d'une source en déterminant la répartition des intervalles de temps qui séparent les impulsions enregistrées (voir BIPM WPN-211). Elle a donné lieu à quelques problèmes mathématiques délicats, entre autres à l'évaluation d'un certain type de somme infinie. L'établissement d'une solution générale a finalement été possible grâce à une exploitation minutieuse de calculs numériques faits sur ordinateur avec grande précision. Cette approche est décrite dans le Rapport BIPM-79/1.

Dans le cadre de la section II du CCEMRI, un groupe de travail s'est occupé, entre autres, de l'établissement de deux nouvelles bibliographies qui portent respectivement sur les problèmes d'empilement d'impulsions et le comptage par corrélation. Les préparatifs d'une nouvelle édition augmentée et mise à jour de la bibliographie sur les problèmes de temps mort de 1975 sont bien avancés.

### **Spectrométrie alpha (A. Rytz)**

#### *Amélioration des installations*

La partie haute tension de l'alimentation stabilisée de l'électro-aimant a été remplacée, après avoir fonctionné pendant 20 000 heures au total, afin de prévenir une panne au pire moment et pour éliminer une source de bruit gênant. Une canalisation a été aménagée pour refroidir le transformateur de puissance par de l'air frais sans que la porte du local doive rester ouverte.

Une nouvelle pompe turbomoléculaire a permis d'améliorer le vide du spectromètre et de faire disparaître les vibrations de la chambre.

La fente et plusieurs marqueurs de la position des plaques dans le spectrographe ont été remplacés, ce qui a demandé de nouvelles mesures des distances entre le bord intérieur de la fente et les vingt-quatre marqueurs. En même temps, on a redéterminé le coefficient de dilatation thermique du spectrographe entre 18 et 25 °C. Le comparateur universel, récemment réinstallé à la salle 103 de l'Observatoire, a permis d'effectuer ces mesures dans d'excellentes conditions.

#### *Mesures d'énergie de particules alpha*

De nouvelles mesures ont été effectuées avec des sources de  $^{239}\text{Pu}$  et de  $^{243}\text{Am}$  récemment préparées par J. Van Audenhove (Bureau Central de Mesures Nucléaires d'Euratom, Geel, Belgique), que le BIPM remercie. Deux poses de  $^{239}\text{Pu}$  d'environ vingt jours chacune ont permis d'obtenir des résultats satisfaisants et en accord avec les quatre résultats, moins précis, obtenus en 1977 avec une source semblable. La moyenne pondérée des six valeurs d'énergie de particules alpha émises dans la transition du  $^{239}\text{Pu}$  est

$$E_{\alpha} = (5\,156,70 \pm 0,14) \text{ keV,}$$

avec une incertitude systématique de 0,25 keV. En outre, on a pu montrer qu'un rayonnement d'une période double de celle du  $^{239}\text{Pu}$  ne pourrait plus être mesuré.

Une autre expérience concerne la redétermination de l'énergie des particules  $\alpha$  émises par le  $^{212}\text{Po}$ . Une mesure indépendante, publiée en 1974 par un groupe de

l'Université Technique de Munich, avait donné une valeur significativement plus élevée. On espère maintenant pouvoir clarifier cette situation en utilisant à Munich et au BIPM des sources de même provenance.

#### *Valeurs recommandées d'énergie et d'intensité de rayonnements $\alpha$*

La nouvelle version de la liste contient les valeurs de l'énergie et de l'intensité relative de 459 rayonnements concernant 244 émetteurs de particules  $\alpha$ , ce qui correspond, par rapport à la première publication, à une augmentation de 37 et 51 %, respectivement. Le manuscrit a été soumis à *Atomic Data and Nuclear Data Tables* pour publication.

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

##### *Comparaison internationale des mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques*

Nous avons reçu les commentaires de tous les laboratoires participants sur le rapport final de cette comparaison internationale. Lors de sa dernière réunion (23-25 avril 1979), la Section III du CCEMRI a décidé que la version complète et corrigée de ce rapport doit être soumise à *Metrologia* pour publication.

##### *Comparaison internationale des mesures du taux d'émission d'une source de $^{252}\text{Cf}$*

Lors de sa réunion de mai 1977, la Section III du CCEMRI a chargé son président, Mr R. S. Caswell, d'organiser une comparaison internationale du taux d'émission d'une source de neutrons par fission spontanée de  $^{252}\text{Cf}$ . Onze laboratoires se sont inscrits pour participer à cette comparaison : ASMW (Berlin, Rép. Dém. Allemande), BIPM, CEA (Bruyères-le-Châtel, France), CNEN (Rome, Italie), ETL (Tokyo, Japon), IMM (Leningrad, U.R.S.S.), KRI (Leningrad, U.R.S.S.), LMRI (Saclay, France), NBS (Washington, États-Unis d'Amérique), NPL (Teddington, Royaume-Uni) et PTB (Braunschweig, Rép. Féd. d'Allemagne).

La source de  $^{252}\text{Cf}$ , dont le taux d'émission est d'environ  $4 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$ , a été fournie par le NBS. Chaque laboratoire peut la garder deux mois pour la mesure et dispose de quinze jours pour le transport. Une chambre d'ionisation  $4\pi\gamma$  du type IG12 (avec une source de  $^{226}\text{Ra}$  de 3,7 MBq comme référence), fournie par le NPL, accompagne la source de  $^{252}\text{Cf}$  de laboratoire en laboratoire, afin de contrôler la mesure absolue d'activité du  $^{56}\text{Mn}$  par la méthode  $4\pi\beta\text{-}\gamma$ . La source est arrivée au BIPM, premier laboratoire à effectuer la mesure après le NBS, le 4 octobre 1978 et a été expédiée au laboratoire suivant (PTB) le 28 novembre 1978.

*Préparation d'une nouvelle solution de sulfate de manganèse.* — En vue de la mesure du taux d'émission de la source de  $^{252}\text{Cf}$ , nous avons préparé une nouvelle solution de sulfate de manganèse, car l'ancienne solution, préparée en 1962, contient des impuretés dont on ne connaît pas la nature exacte mais dont on sait qu'elles absorbent 1,2 % des neutrons émis par une source de Ra-Be( $\alpha$ , n). La nouvelle solution a été préparée en faisant dissoudre environ 275 kg de  $\text{MnSO}_4$  dans de l'eau déminéralisée ; le volume total de la solution de sulfate de manganèse étant de 548 litres, la concentration en  $\text{MnSO}_4$  de la solution est voisine de 0,5 kg/l. Le rapport  $n_{\text{H}}/n_{\text{Mn}}$  des nombres d'atomes par unité de volume d'hydrogène et de manganèse est obtenu par pesée d'une masse de solution et du résidu après élimination de l'eau qu'elle contient par chauffage prolongé

à 400 °C. Pour la nouvelle solution, nous obtenons

$$\frac{n_{\text{H}}}{n_{\text{Mn}}} = 35,000 \pm 0,014.$$

*Mesure de l'activité à saturation de la solution de sulfate de manganèse.* — La source de  $^{252}\text{Cf}$  est placée durant environ 16 heures au centre d'une sphère de 1 m de diamètre contenant la nouvelle solution concentrée de sulfate de manganèse. Après retrait de la source (temps zéro), la solution active est mélangée à l'aide d'un agitateur, puis on plonge un cristal de NaI au centre de la sphère pour mesurer son activité (rayonnements  $\gamma$  émis par  $^{56}\text{Mn}$ ). Afin d'estimer l'importance de l'auto-absorption dans les matériaux constituant la source et ses enveloppes, nous avons effectué deux séries de quatre mesures : l'une avec la source placée au centre d'une cavité délimitée par une enveloppe en polystyrène de 8,9 cm de diamètre extérieur et 1 mm d'épaisseur de paroi et l'autre avec la source logée dans une petite boîte en plexiglas sans cavité.

Dans les mesures de l'activité de la solution de sulfate de manganèse, le problème de la détermination précise du temps mort mérite d'être souligné ici à cause du fort taux de comptage ( $\approx 45\,000\text{ s}^{-1}$ ). Nous appliquons à notre cas expérimental les formules établies par J. W. Müller<sup>(9)</sup>, en supposant qu'il s'agit d'un temps mort  $\tau_1$  cumulatif dû au détecteur et aux différents éléments de la chaîne électronique et d'un temps mort  $\tau_2$  non cumulatif imposé par nous et inséré dans le circuit juste après le discriminateur. Nous connaissons les valeurs  $\tau_2 = (7,680 \pm 0,005)\ \mu\text{s}$ , mesurée par la méthode des deux oscillateurs, et  $\tau_1 = (1,6 \pm 0,1)\ \mu\text{s}$ , déterminée par la distribution des intervalles de temps entre impulsions successives pour un processus de Poisson déformé par un temps mort cumulatif. J. W. Müller donne entre le taux de comptage  $\rho$  avant les temps morts  $\tau_1$  et  $\tau_2$  et le taux de comptage  $R$  après ces temps morts, la relation

$$\rho = \frac{R}{T_1 T_2}.$$

Les facteurs de transmission  $T_1$  et  $T_2$  ont pour expression, en posant  $x = \rho\tau_2$ ,

$$T_2 = \frac{1}{1 + \rho\tau_2} = \frac{1}{1 + x},$$

$$T_1 = \frac{1 + x}{(1 - a)x + \exp(ax)},$$

où  $a = \tau_1/\tau_2 \leq 1$ .

Si  $\tau_1 = 0$ , on a

$$R = R_0 \quad \text{et} \quad \rho = \rho_0 = \frac{R_0}{1 - R_0\tau_2},$$

ce qui est la correction habituelle de temps mort. En prenant au départ  $x = \rho_0\tau_2$ , on obtient une première valeur de  $\rho$  (soit  $\rho_1$ ); puis on prend  $x = \rho_1\tau_2$ , on obtient une deuxième valeur de  $\rho$  (soit  $\rho_2$ ) et ainsi de suite. La valeur finale de  $\rho$  est le résultat de cinq itérations successives.

A titre d'information, mentionnons que dans nos mesures une correction de temps mort de 56 % a été appliquée à un taux de comptage de  $45\,000\text{ s}^{-1}$ , tandis que pour un

<sup>(9)</sup> MÜLLER (J. W.), *Nucl. Instr. and Meth.*, **112**, 1973, pp. 47-57.

taux de comptage de  $10\,000\text{ s}^{-1}$  la correction de temps mort n'était que de 8 %. Si l'on n'avait pas tenu compte du premier temps mort ( $\tau_1 = 0$ ), une différence de 0,6 % serait apparue pour un taux de comptage de  $45\,000\text{ s}^{-1}$ . Les résultats concernant l'activité à saturation de la solution de sulfate de manganèse activée par la source de  $^{252}\text{Cf}$  sont résumés dans le tableau X. Nous avons pris la date de la première mesure (13 octobre 1978) comme date de référence. La source de  $^{252}\text{Cf}$  décroît avec une période de 2,638 a (soit d'environ  $7 \times 10^{-4}$  par jour en valeur relative). Nous avons calculé à partir de cette valeur de la période et de  $N$ , activité à saturation mesurée, la grandeur  $A$ , activité à saturation corrigée de la décroissance de la source.

Une différence de 0,07 % apparaît entre les mesures faites avec cavité et sans cavité. D'autre part, au moyen d'un long compteur du type De Pangher placé contre la sphère, nous avons mesuré la fraction de neutrons qui s'échappent de celle-ci ; nous avons trouvé que cette fraction est de 0,30 % lorsque la source de  $^{252}\text{Cf}$  est placée dans la cavité et qu'elle est de 0,23 % sans cavité. Il semble donc que, dans le cas où la source est placée dans la cavité, l'auto-absorption soit inférieure de 0,14 % à cette même grandeur dans le cas où la source n'a pas été placée dans une cavité (activité à saturation de la solution plus grande de 0,07 % et fraction de neutrons qui s'échappent plus grande aussi de 0,07 %).

TABLEAU X

*Activité à saturation de la solution de sulfate de manganèse*

Source de  $^{252}\text{Cf}$

$N$ , activité à saturation mesurée.

$A$ , activité à saturation corrigée de la décroissance de la source.

	Date	$N$ ( $\text{s}^{-1}$ )	$A$ ( $\text{s}^{-1}$ )	
	1978			
source avec cavité	13 octobre	88 160	88 160	} moyenne : 88 151 $\text{s}^{-1}$
	9 novembre	86 461	156	
	14	86 134	140	
	21	85 711	150	
source sans cavité	25 octobre	87 271	88 027	} moyenne : 88 090 $\text{s}^{-1}$
	27	87 252	135	
	31	86 944	077	
	3 novembre	86 799	120	

*Constante d'étalonnage du détecteur.* — La constante d'étalonnage  $\varepsilon$  du détecteur (rapport du taux de comptage à l'activité) est déterminée par l'introduction dans la sphère d'une petite quantité d'une solution de  $^{56}\text{Mn}$  dont l'activité massique est étalonnée par la méthode  $4\pi\beta\gamma$ .

Nous avons effectué une mesure de  $\varepsilon$  le 18 octobre 1978. Pour cela, un grain d'environ 5 mg de  $^{55}\text{Mn}$  métal est irradié durant 5 minutes dans un canal de la pile EL3 du Centre d'Études Nucléaires (Saclay). Le grain est ensuite dissous dans 5  $\text{cm}^3$  d'acide nitrique dilué (5 mol/l) et on y ajoute 25  $\text{cm}^3$  d'eau distillée pour obtenir la solution de  $^{56}\text{Mn}$ . En même temps, six ampoules de solution de  $^{56}\text{Mn}$  (de 3 g chacune) ont été préparées pour être mesurées avec la chambre d'ionisation  $4\pi\gamma$  du NPL et une



ampoule (de 3,818 g) a été préparée pour la chambre d'ionisation  $4\pi\gamma$  du BIPM (Système international de référence). Les résultats sont résumés dans le tableau XI.

TABLEAU XI

*Détermination de la constante d'étalonnage du détecteur*

On indique aussi dans ce tableau les résultats obtenus au BIPM avec la chambre d'ionisation  $4\pi\gamma$  du NPL ; ces résultats permettront ultérieurement de comparer les mesures absolues d'activité du  $^{56}\text{Mn}$  (méthode  $4\pi\beta\text{-}\gamma$ ) effectuées par les laboratoires participants.

Date	18 octobre 1978
Activité massique mesurée (solution de $^{56}\text{Mn}$ ) par la méthode $4\pi\beta\text{-}\gamma$	$1,259\ 982 \times 10^6$ Bq/g
Masse de la solution de $^{56}\text{Mn}$ introduite dans la sphère	1,961 695 g
Taux de comptage mesuré par le détecteur NaI dans la sphère	$10\ 536,77\ \text{s}^{-1}$
Constante d'étalonnage du détecteur, $\epsilon$	$4\ 262,96 \times 10^{-6}$
Courant massique mesuré par la chambre $4\pi\gamma$ du NPL pour la solution de $^{56}\text{Mn}$	58,245 4 pA/g
Courant mesuré par la chambre $4\pi\gamma$ du NPL pour la source de $^{226}\text{Ra}$	171,218 pA

*Source de neutrons de 14,68 MeV du BIPM*

Rappelons que le débit de fluence de neutrons de 14,68 MeV produits par la réaction  $^3\text{H}(d,n)^4\text{He}$  est mesuré au BIPM par la méthode de la particule associée. Dans la comparaison internationale des mesures de débit de fluence, en utilisant une chambre à fission comme instrument de transfert, notre mesure donne une valeur d'environ 2,0 % plus élevée que la valeur moyenne obtenue par l'ensemble des sept laboratoires participants. En outre, en mars 1978, nous avons comparé notre mesure à celle de l'IRK (Vienne, Autriche) qui utilise la méthode d'activation à l'aide de la réaction  $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$  pour mesurer le débit de fluence (Rapport 1978, p. 71). Un écart d'environ 2,5 % est encore apparu ; notre valeur est toujours plus élevée. Afin de rechercher une erreur systématique éventuelle dans notre détermination du débit de fluence, nous avons effectué une nouvelle série de mesures en mettant un absorbeur (écran d'aluminium de 0,2 mm d'épaisseur) entre la cible et le détecteur de particules  $\alpha$ . L'absorbeur est suffisamment épais pour arrêter toutes les particules  $\alpha$  associées à l'émission des neutrons dans la réaction  $^3\text{H}(d,n)^4\text{He}$  et est transparent pour les neutrons. Ainsi, les neutrons directs ou diffusés atteignant le détecteur, qui est une jonction à barrière de surface au silicium, peuvent produire les particules chargées par les réactions  $(n,\alpha)$  et  $(n,p)$  sur les matériaux (surtout le silicium) constituant le détecteur. L'expérience consiste à déterminer la contribution de ces particules chargées parasites dans le comptage des particules  $\alpha$  associées à l'émission des neutrons. Les conditions expérimentales sont les suivantes :

- la jonction est placée à  $150^\circ$  par rapport à la direction du faisceau de deutons et à 99,39 cm de la cible ;

TABLEAU XII

*Résultats de mesure des particules chargées parasites* $N_J$ , comptage de la jonction (particules chargées) ;  $N_{LC}$ , comptage du long compteur (neutrons).

Numéro de la mesure	Numéro de la cible	Écran (0,2 mm Al)	Distance cible-écran (cm)	Diamètre du diaphragme (mm)	Durée de la mesure (s)	$N_J$	$N_{LC}$	$\frac{N_J}{N_{LC}}$
1	10 FD	sans		3,967	2 000	204 698	1 131 551	0,181
2	"	avec	99,39	"	16 000	11 996	6 776 357	$0,177 \times 10^{-2}$
3	"	sans		"	14 000	617 681	3 435 756	0,180
4	9 TG	avec	99,39	"	6 000	39 007	21 767 252	$0,179 \times 10^{-2}$
5	"	sans		"	6 000	2 241 472	12 418 028	0,180
6	"	sans		3,031	6 000	826 674	7 933 528	0,104
7	"	avec	99,39	"	6 000	8 543	4 794 930	$0,178 \times 10^{-2}$
8	"	sans		3,967	4 687	313 727	1 721 884	0,182
9	"	avec	20	"	4 896	3 422	1 923 623	$0,178 \times 10^{-2}$

- un long compteur du type De Pangher, placé à 27° et à 2 m de la cible, sert comme moniteur de neutrons ;
- un écran en aluminium de 0,2 mm d'épaisseur (absorbeur) est placé soit à 20 cm de la cible, soit juste devant la jonction ;
- le diaphragme qui définit l'angle solide de détection de la jonction a un diamètre soit de 4 mm, soit de 3 mm ;
- toutes les autres conditions sont identiques à celles qui sont décrites dans le Rapport BIPM-76/2.

Toutes les mesures ont été effectuées avec un faisceau de deutons de 140 keV et un courant cible de 20  $\mu$ A. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau XII.

On constate, d'une part, que pour le diaphragme de 4 mm de diamètre que nous utilisons habituellement, la contribution des particules chargées parasites est de 1 % et reste inchangée quelle que soit la position de l'absorbeur et, d'autre part, que cette contribution devient 1,7 % si le diamètre du diaphragme passe à 3 mm ; elle varie donc exactement dans le rapport inverse des angles solides pour la détection des particules  $\alpha$ . On peut donc conclure que ces particules chargées parasites sont bien créées par les neutrons, directs ou diffusés, par les réactions  $(n, \alpha)$  et  $(n, p)$  sur les matériaux constituant la jonction. Soulignons que ces réactions n'interviennent d'une façon non négligeable que pour les neutrons dont l'énergie est supérieure à 6 MeV. Ainsi, une correction supplémentaire de - 1 % doit être appliquée à toutes nos mesures précédentes de débits de fluence de neutrons de 14,68 MeV pour tenir compte de cet effet des particules chargées parasites.

## Publications

### *Publications du BIPM* (H. Moreau)

Depuis octobre 1978 ont été publiés :

- 1° *Comité Consultatif des Unités*, 6<sup>e</sup> session (1978), 62 pages.
- 2° *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants*, 7<sup>e</sup> session (1977), 43 pages ;
  - Section I (Rayons X et  $\gamma$ , électrons), 4<sup>e</sup> réunion (1977), 74 pages.
  - Section II (Mesures des radionucléides), 4<sup>e</sup> réunion (1977), 66 pages.
  - Section III (Mesures neutroniques), 3<sup>e</sup> réunion (1977), 23 pages.
- 3° *Procès-verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures*, tome 46 (67<sup>e</sup> session, septembre 1978), 178 pages.
- 4° *Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures*, volume 6 (1977-1978), 39 articles.

### *Publications extérieures*

BONHOURS (J.) and PELLO (R.), Temperature of the triple point of methane. *Metrologia*, **14**, 1978, pp. 175-177.

GIACOMO (P.), News from the BIPM. *Metrologia*, **15**, 1979, pp. 51-54.

MENACHÉ (M.), BEAUVERGER (C.) et GIRARD (G.), Étude de la variation de la masse volumique de l'eau (eau pure et eau de mer) en fonction de la composition isotopique et de la teneur en gaz atmosphériques dissous. *Annales Hydrographiques*, Paris, **6**, fasc. 3, N° 750, pp. 37-78.

DUVALL (K. C.), MEIER (M. M.), WASSON (O. A.) and HUYNH (V. D.), Neutron flux intercomparison at NBS. *J. Res. Nat. Bur. Stand.*, **83**, 1978, pp. 555-561.

MOREAU (H.), La Convention du Mètre et le Bureau International des Poids et Mesures. *Technikatörténeti Szemle* (Hongrie), X.1978, pp. 63-68.

MÜLLER (J. W.), Some second thoughts on error statements. *Nucl. Instr. and Meth.*, **163**, 1979, pp. 241-251.

COLCLOUGH (A. R.), QUINN (T. J.) and CHANDLER (T. R. D.), An acoustic redetermination of the gas constant. *Proc. Roy. Soc.*, **A 368**, N° 1732, 1979.

RYTZ (A.), International comparisons of measurements in the field of ionizing radiations organized by the BIPM. INSYMET'78, Dom Techniky ČSVTS, Bratislava 1978, pp. 5-19.

RYTZ (A.), New catalogue of recommended alpha energy and intensity values (en cours de publication dans *Atomic Data and Nuclear Data Tables*, 1979).

TERRIEN (J.), Étalons métrologiques fondamentaux. *Techniques de l'ingénieur*, **R 63** nov. 1978, pp. 1-12.

TERRIEN (J.), Mesure de l'accélération due à la pesanteur. *Bulletin d'Information du Bureau National de Métrologie*, **10**, N° 35, jan. 1979, pp. 25-29.

TERRIEN (J.), Will the definition of the candela be changed in 1979 ? *Bulletin de la Commission Internationale de l'Éclairage*, N° 36, avril 1979, pp. 27-31.

TERRIEN (J.), En collaboration avec André Maréchal : Optique théorique, Coll. Que Sais-je, N° 615, Presses Universitaires de France, 5<sup>e</sup> éd. remise à jour, juil. 1979, 128 pages.

TERRIEN (J.), Vers une nouvelle définition du mètre. *Pour la Science*, N° 24, oct. 1979, pp. 12-13.

### Rapports internes

Ces rapports peuvent être fournis sur demande.

— Statistiques de comptage, par J. W. Müller (Rapport BIPM-78/7, octobre 1978, 6 pages).

— Note sur l'incertitude de la formule pour la détermination de la masse volumique de l'air, par P. Carré (Rapport BIPM-78/8, décembre 1978-mai 1979, 11 pages).

— Quelques problèmes liés à la décroissance d'une source, par J. W. Müller (BIPM WPN-211, décembre 1978, 4 pages).

— Numerical deduction of a formula for some infinite sums, par J. W. Müller (Rapport BIPM-79/1, janvier 1979, 12 pages).

— The conversion factors  $C_E$  and  $C_\lambda$  revisited, par M.-T. Niatel (Rapport BIPM-79/2, mars 1979, 15 pages).

— Rapport sur la mini-comparaison des étalons nationaux de résistance électrique (octobre-décembre 1976), par G. Leclerc (Rapport BIPM-79/3, février 1979, 10 pages).

— Rapport sur la mini-comparaison des étalons nationaux de force électromotrice (18 octobre-22 décembre 1976), par G. Leclerc (Rapport BIPM-79/4, février 1979, 7 pages).

— International comparison of a solution of  $^{134}\text{Cs}$  (October 1978). Preliminary report, par A. Rytz (Rapport BIPM-79/5, mars 1979, 12 pages).

— Perturbation correction in the ionometric determination of absorbed dose in a graphite phantom, par M. Boutillon (Rapport BIPM-79/6, juillet 1979, 12 pages).

- Comparaison internationale NPL-BIPM de lasers He-Ne asservis sur le méthane ( $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$ ), par R. Felder, B. Jolliffe et J.-M. Chartier (Rapport BIPM-79/7, mars 1979, 6 pages).
- Mesure du rapport des sections efficaces d'absorption de neutrons thermiques pour l'hydrogène et le manganèse, par V. D. Huynh, L. Lafaye, C. Colas et C. Veyradier (Rapport BIPM-79/8, avril 1979, 7 pages).
- Comparaison internationale IMM (U.R.S.S.) – BIPM de lasers He-Ne asservis sur l'iode, par J.-M. Chartier et R. Felder (Rapport BIPM-79/9, avril 1979, 9 pages).
- Formule pour la détermination de la masse volumique de l'air humide, par le Groupe de travail 1 constitué au cours de la réunion internationale concernant les masses, 23 et 24 novembre 1976, avec la participation de P. Carré pour le BIPM (Rapport BIPM-79/10, mai 1979, 19 pages).
- Counting statistics of a decaying source, par J. W. Müller (Rapport BIPM-79/11, mai 1979, 16 pages).
- Espérance et variance pour une source décroissante avec temps mort non cumulatif, par J. W. Müller (BIPM WPN-212, juillet 1979, 3 pages).
- Simultaneous curve fitting, par J. W. Müller (Rapport BIPM-79/12, septembre 1979, 6 pages).
- Note sur l'écriture de certaines équations, par P. Carré (Rapport BIPM-79/13, septembre 1979, 5 pages).

## Bibliothèque

Une réorganisation partielle de la bibliothèque est en cours, réorganisation rendue nécessaire par le manque de place actuel. Quelques collections sans intérêt pour le BIPM ont été supprimées, en partie ou en totalité, ainsi qu'un certain nombre de livres scientifiques et techniques périmés ne présentant aucun intérêt historique.

Des rayonnages roulants (137 m de rangement) ont été installés dans l'ancienne salle des accumulateurs aux combles de l'Observatoire.

Au sous-sol de la Salle de Conférences, on a aménagé une salle de lecture avec un présentoir pour la consultation des revues récentes avant leur classement, et installé 95 m de rayonnages qui, ajoutés aux rayonnages ci-dessus, offrent ainsi des possibilités de rangement pour plusieurs années.

Dans les combles de l'Observatoire, on devra aussi prévoir prochainement une remise en ordre des publications entreposées : suppression de certaines collections, ainsi que d'une partie des publications anciennes du BIPM en surnombre.

**Certificats et Notes d'étude**

Du 16 septembre 1978 au 15 septembre 1979, 70 Certificats et 3 Notes d'étude ont été délivrés.

CERTIFICATS

1978

N°	
25.	Quatre fils géodésiques de 24 m N <sup>OS</sup> 65 à 68 ; un fil de 8 m N° 60 (addition) ..... Survey of Egypt, Giza, Orman, Egypte.
26.	Trois fils géodésiques de 24 m N <sup>OS</sup> 560, 562 et 563 ; un fil de 8 m N° 61 (addition) ..... Id.
27.	Deux rubans en invar de 4 m N <sup>OS</sup> 98 et 99 (addition) ..... Id.
28.	Règle de 1 m N° 5729 en invar ..... Institut National de Métrologie, Pékin, République Populaire de Chine.
29.	Six étalons de force électromotrice N <sup>OS</sup> 1, 2, 3, 4, 5, 6 (addition) ..... Id.
30.	Trois étalons de 1 Ω N <sup>OS</sup> 124BZ13, 127BZ13 et 407BZ13 ..... Id.
31.	Quatre étalons de force électromotrice N <sup>OS</sup> 40235, 40237, 40251, 40279 (addition) Det Norske Justerveresen, Oslo, Norvège.
32.	Etalon de 1 Ω N° 6905C2 ..... Electrotechnical Laboratory, Tokyo, Japon.
33.	Etalon de 1 Ω N° 203BZ13 (addition) ..... Institut National de Métrologie, Pékin, République Populaire de Chine.
34.	Etalon de 1 Ω N° 1590569 (addition) ..... Instituto Nacional de Tecnologia Industrial, Buenos Aires, République d'Argentine.
35.	Quatre étalons de force électromotrice N <sup>OS</sup> 1, 2, 3 et 4 ..... Id.
36.	Règle de 1 m en invar N° 7316 ..... Institut National de Métrologie, Pékin, République Populaire de Chine.
37.	Cinq étalons secondaires d'intensité lumineuse (2353 K) N <sup>OS</sup> 612 à 616 ..... Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade, Yougoslavie.
38.	Cinq étalons secondaires d'intensité lumineuse (2853 K) N <sup>OS</sup> 617 à 621 ..... Id.
39.	Etalon de 1 Ω N° 225312 ..... Det Norske Justerveresen, Oslo, Norvège.
40.	Trois étalons de 1 Ω N <sup>OS</sup> 1692273, 1730950, 1730951 ..... Physikalisch- Technische Bundesanstalt, Braunschweig, République Fédérale d'Allemagne.

1978 (suite)

N°		
41.	Deux étalons de 1 $\Omega$ N° 1617922 et 134900MF01 (addition) .....	Société Anonyme Belge de Constructions Aéronautiques, Bruxelles, Belgique.
42.	Etalon de 0,1 $\Omega$ N° 134899MF01 (addition) .	Id.
43.	Quatre étalons de force électromotrice N° 42208, 42400, 42401 et 42472 .....	Id.
44.	Trois étalons de force électromotrice N° 378322, 378351 et 6337 (addition) ...	Id.
45.	Ruban en invar de 24 m N° 10058 (addition)	Det Norske Justervesen, Oslo, Norvège.
46.	Etalon secondaire d'intensité lumineuse (2353 K) N° 63 (addition) .....	Office Fédéral de Métrologie, Wabern, Suisse.
47.	Etalon secondaire de flux lumineux (2787 K) N° 100603 (addition) .....	Id.
48.	Deux étalons secondaires d'intensité lumineuse (2353 K) N° 2487 et 2635 (addition) .....	Institut Métrologique Tchécos- lovaque, Bratislava, Tchécoso- vaquie.
49.	Deux étalons secondaires de flux lumineux (2787 K) N° A8 et A9 (addition) .....	Id.
50.	Deux étalons secondaires de flux lumineux (2787 K) N° B1 et B8 (addition) .....	Id.
51.	Deux étalons secondaires de flux lumineux (2353 K) N° 6 et 7 (addition) .....	Id.
52.	Deux étalons secondaires d'intensité lumineuse (2853 K) N° 2381 et 2383 (addition) .....	Id.
53.	Quatre étalons secondaires de températures de couleur N° 2489, 2681, 2331, 2371 (addition) .....	Id.
54.	Quatre fils géodésiques de 24 m N° 306, 307, 308 et 564 ; un fil de 8 m N° 317 (addition) .....	Institut Géographique National, Paris, France.

1979

1.	Kilogramme prototype N° 12 (addition) ....	U.R.S.S.
2.	Kilogramme prototype N° 17 (addition) ....	Service des Instruments de Mesure, Paris, France.
3.	Thermomètre à résistance de platine N° 231997 .....	Laboratoriet For Fundamental Metrologi, Lingby, Danemark.
4.	Thermomètre à résistance de platine N° 1435 .....	Id.
5.	Quatre étalons de force électromotrice N° 6652, 6653, 6656 et 6670 .....	Polski Komitet Normalizacji i Miar, Warszawa, Pologne.
6.	Quatre étalons de force électromotrice N° 42493, 42495, 42502 et 42523 .....	Centre de Recherches Techniques, Finlande.

1979 (suite)

N°		
7.	Deux calibres en acier de 100 mm .....	Institut National de Métrologie, Pékin, République Populaire de Chine.
8.	Trois calibres en acier de 300, 400 et 500 mm .....	Id.
9.	Cinq calibres en acier de 700, 800, 900, 1000 et 1000 mm .....	Id.
10.	Quatre fils géodésiques de 24 m N <sup>OS</sup> 676, 679, 680 et 684 ; un fil de 8 m N° 591 (addition) .....	Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade, Yougoslavie.
11.	Quatre fils géodésiques de 24 m N <sup>OS</sup> S50, S51, S52, S53 ; un fil de 8 m N° S49 (addition) .....	Id.
12.	Quatre étalons secondaires d'intensité lumineuse (2042 K) N <sup>OS</sup> 78006, 78010, 78011 et 78016 .....	Institut National de Métrologie, Pékin, République Populaire de Chine.
13.	Quatre étalons secondaires d'intensité lumineuse (2353 K) N <sup>OS</sup> 78005, 78012, 78017 et 75151 .....	Id.
14.	Règle en acier nickelé N° 4399 (addition)	Société Genevoise d'Instruments de Physique, Genève, Suisse.
15.	Règle de 1 m en acier nickelé N° 12929 (addition) .....	Id.
16.	Trois étalons secondaires de flux lumineux (2353 K) N <sup>OS</sup> 950, 963 et 968 .....	Institut National de Métrologie, Pékin, République Populaire de Chine.
17.	Trois étalons secondaires de flux lumineux (2787 K) N <sup>OS</sup> 1225, 1233, 1058 .....	Id.
18.	Cinq étalons de force électromotrice N <sup>OS</sup> R6, 63267, 64091, 64092 et 71086 (addition) .....	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien, Autriche.
19.	Etalon de 1 $\Omega$ N° 1844940 .....	Centre de Recherches Techniques de la Finlande.
20.	Etalon secondaire d'intensité lumineuse (2353 K) N° 311 (addition) .....	Office Fédéral de Métrologie, Wabern, Suisse.
21.	Deux étalons de 1 $\Omega$ N <sup>OS</sup> 1816192 et 1816196 (addition) .....	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
22.	Thermomètre à résistance de platine N° 1846615 .....	Id.
23.	Mètre prototype en platine iridié VIL-100	Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Leningrad, U.R.S.S.
24.	Règle de 1 m en acier N° 7497 .....	Office Fédéral de Métrologie, Wabern, Suisse.



1979 (suite)

N°		
25.	Règle de 1 m en invar N° 5729 .....	Institut National de Métrologie, Pékin, République Populaire de Chine.
26.	Règle de 1 m en invar N° 7316 .....	Id.
27.	Etalon de 10000 $\Omega$ N° 225446 .....	Det Norske Justervesen, Oslo, Norvège.
28.	Etalon de 100 $\Omega$ N° 226750 .....	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
29.	Etalon de 10000 $\Omega$ N° 718011 .....	Id.
30.	Six étalons de force électromotrice N° <sup>OS</sup> 41042, 41045, 41347, 41351, 41353, 41690 (addition) .....	Id.
31.	Quatre étalons de force électromotrice N° <sup>OS</sup> 33317, 33307, 33289 et 33288 .....	Id.
32.	Thermomètre à résistance de platine N° S/N1805 .....	Office Fédéral de Métrologie, Wabern, Suisse.
33.	Thermomètre à résistance de platine N° 218002 .....	Office National des Mesures, Budapest, Hongrie.
34.	Etalon de 1 $\Omega$ N° 144487 (addition) .....	Institut de Métrologie Tchécoslo- vaque, Bratislava, Tchécoslo- vaquie.
35.	Deux étalons de 1 $\Omega$ N° <sup>OS</sup> 222017 et 222327 .	Id.
36.	Deux étalons de 10000 $\Omega$ N° <sup>OS</sup> 117720 et 148058 .....	Id.
37.	Deux étalons de 1 $\Omega$ N° <sup>OS</sup> 1624034 et 1844266 (addition) .....	Office Fédéral de Métrologie, Wabern, Suisse.
38.	Deux étalons de 1 $\Omega$ N° <sup>OS</sup> 076080 et 076124 (addition) .....	Office National des Mesures, Budapest, Hongrie.
39.	Neuf calibres en acier de 5, 15, 25, 40, 50, 60, 75, 90 et 100 mm (addition) .....	Office Fédéral de Métrologie, Wabern, Suisse.
40.	Règle de 1 m en acier nickelé N° 14584 ...	Institut National des Poids et Mesures, Rio de Janeiro, Brésil.

NOTES D'ÉTUDE

1978

3.	Thermomètres Prolabo N° <sup>OS</sup> 304 et 305, position du point zéro (addition) .....	Société Anonyme Belge de Cons- tructions Aéronautiques, Bruxelles, Belgique.
4.	Dilatabilité de deux longueurs de 24 m de fil en invar .....	Cabinet Albenque, Orléans, France.
5.	Dilatabilité d'un ruban de 25 m en invar .	Polski Komitet Normalizacji i Miar, Warszawa, Pologne.

#### IV. — ACTIVITÉS ET RELATIONS EXTÉRIEURES

##### **Documentation ; Système International d'Unités** (H. Moreau)

En dehors des renseignements techniques et historiques que le BIPM est toujours amené à fournir, tant sur les organes de la Convention du Mètre que sur les unités et les étalons de mesure, une enquête a été effectuée sur les progrès de l'adoption et de l'implantation des mesures métriques (SI) dans le monde. Les résultats de cette enquête feront l'objet d'un rapport qui sera présenté à la 16<sup>e</sup> CGPM en octobre 1979.

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

La participation du BIPM aux travaux de diverses organisations scientifiques, métrologiques, techniques et de normalisation est toujours aussi active. A signaler notamment le travail poursuivi par H. Moreau, en tant que secrétaire du Comité technique 1.1 « Terminologie » (TC-1.1) de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), pour la préparation de la 4<sup>e</sup> édition du Vocabulaire International de l'Éclairage dont le directeur honoraire J. Terrien assure la coordination en tant que président du TC-1.1.

Participation régulière de plusieurs membres du personnel aux réunions du Comité de direction ou de divers Groupes de travail du Bureau National de Métrologie français.

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

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

P. Giacomo s'est rendu :

— à Marseille, le 27 octobre 1978, pour faire une conférence sur « La Métrologie de haute exactitude » aux journées de Physique de l'Union des Physiciens ;

— accompagné de A. Rytz, à Bratislava<sup>+</sup>, du 31 octobre au 2 novembre 1978, pour participer au Symposium International de Métrologie INSYMET 78 ; ils y ont donné deux conférences, P. Giacomo sur « Le rôle du BIPM pour la mise en pratique du SI » et A. Rytz sur « International comparisons of measurements in the field of ionizing radiations organized by the BIPM » ; à l'occasion de ce voyage, A. Rytz a discuté d'une expérience future avec Mr Vonach, à l'Institut für Radiumforschung und Kernphysik, Vienne (Autriche) ; au retour, ils se sont rendus à l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique, à Vienne, pour rencontrer Mr Houtermans au laboratoire de Seibersdorf, le 3 novembre ;

— à Gif-sur-Yvette, le 22 novembre 1978, pour présider une journée d'études de la Société des Électriciens, Électroniciens et Radioélectriciens et faire une conférence sur « L'impact métrologique des recherches sur les fréquences optiques » ;

— à Sydney, du 17 au 25 janvier 1979, à l'occasion de l'inauguration des nouveaux laboratoires du National Measurement Laboratory ; il a visité en détail ces laboratoires et discuté avec les principaux responsables des problèmes communs, en particulier ceux concernant les masses, l'électricité, la photométrie et l'optique ;

— à Moscou, du 21 au 26 mai 1979, à la Conférence Générale IMEKO, où il a présenté un exposé sur « Accuracy in length measurement »; il a profité de cette occasion pour rencontrer les responsables du Comité des Normes, Mesures et Instruments de Mesure d'U.R.S.S.;

— accompagné de A. Allisy<sup>++</sup>, à Berne, les 31 mai et 1<sup>er</sup> juin 1979, pour une réunion du Club de Métrologie de l'Europe de l'Ouest; il a visité à cette occasion les laboratoires de l'Office Fédéral de Métrologie Suisse;

— à Montréal, du 14 au 23 août 1979, pour participer à l'Assemblée Générale de l'Union Astronomique Internationale et présenter à sa commission 31 un exposé sur « Les problèmes communs au CCDS et au CCDM »;

— à Buenos Aires<sup>++</sup>, du 4 au 6 septembre 1979, pour assister à une réunion du Système Interaméricain de Métrologie et y donner une conférence sur l'état actuel des mesures de masse.

T. J. Quinn a effectué les voyages suivants :

— du 26 au 29 mars 1979, il a rendu visite successivement à Mr K. Birkeland, Directeur du Norske Justervesen, Oslo, au Prof. H. H. Jensen de l'Oersted Institute, Université de Copenhague, et à Mr J. Thomas, Directeur du Laboratoire de Métrologie Fondamentale, Lyngby (Danemark);

— le 14 juin 1979, il a discuté de questions de gravimétrie avec le Prof. A. H. Cook, au Cavendish Laboratory, Université de Cambridge (Grande-Bretagne);

— les 19 et 20 juillet 1979, il a participé à la réunion du Conseil scientifique de l'Istituto di Metrologia « G. Colonnetti », Turin.

En outre, il s'est rendu plusieurs fois au NPL, Teddington, 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 2 au 6 octobre 1978<sup>++</sup> : « ICRU », Committee on Quantities and Units, Teddington;

— du 1<sup>er</sup> au 8 juin 1979<sup>++</sup> : « Main Commission ICRU », Vienne.

Sur l'invitation de l'Institut de Radiophysique Appliquée du Centre universitaire de Lausanne, il s'est rendu en Suisse les 20 et 21 septembre 1979<sup>++</sup>. Le 20 septembre, il a animé un séminaire de radiophysique sur la « Détermination ionométrique de la dose absorbée dans un fantôme de graphite irradié par un faisceau de photons (<sup>60</sup>Co) ». Le 21 septembre, il a fait un exposé à la Réunion annuelle 1979 de la Société suisse de radiobiologie sur les « Concepts importants, unités et étalons en dosimétrie et en radiométrie ».

A. Rytz a rendu visite à Mr Gostely, le 8 janvier, aux nouveaux laboratoires de l'Institut d'Électrochimie et Radiochimie de l'École polytechnique fédérale à Dorigny-Lausanne (Suisse).

Du 17 au 21 juin, il a pris part à la réunion annuelle de l'International Committee for Radionuclide Metrology à la PTB, Braunschweig.

Du 18 au 21 septembre 1979, il a participé à la 6<sup>e</sup> Conférence internationale sur les masses atomiques (AMCO VI) à East Lansing (Michigan, USA) où il a présenté un exposé intitulé « Absolute measurement of the energy of alpha particles emitted by <sup>239</sup>Pu ». Il s'est rendu ensuite à l'Oak Ridge National Laboratory<sup>+</sup> (Oak Ridge, Tennessee) où il a fait une conférence sur « Absolute determinations of alpha-particle energies at the BIPM ». Le voyage s'est terminé par une visite, le 27 septembre, de la Section de radioactivité du NBS (Gaithersburg).

G. Leclerc, invité à participer au 8<sup>e</sup> Symposium Yougoslave sur les Mesures électriques (Maribor<sup>++</sup>, 16 au 20 octobre 1978), a fait une conférence sur « Le rôle du BIPM dans le domaine des unités électriques ».

Du 23 juillet au 31 août 1979, A. Sakuma s'est rendu successivement :

- à Gaithersburg, où il a visité le NBS et s'est particulièrement intéressé à une mesure en cours de la constante de gravitation et à une réalisation absolue de l'ampère;
- à Boulder, où il a visité le JILA et a eu, avec les spécialistes responsables des États-Unis, un échange de vues sur la haute métrologie, notamment la gravimétrie;
- à Honolulu, où il a visité l'Hawai Institute of Geophysics en vue d'obtenir la collaboration de cet Institut pour l'extension dans cette région du réseau gravimétrique absolu;
- à Tsukuba<sup>+</sup> (Japon), où il a visité le Geographical Survey Institute qui a commandé, en 1978, un premier gravimètre absolu BIPM-Jaeger;
- à Mizusawa<sup>+</sup>, où il a dirigé les travaux de mise au point du gravimètre absolu de l'International Latitude Observatory.

J. W. Müller a participé du 25 au 29 septembre 1978 à la réunion du Secrétariat-Pilote SP-21 de l'OIML « Normalisation des caractéristiques métrologiques des moyens de mesure » à Oujgorod (Ukraine, U.R.S.S.).

Du 13 août au 14 septembre 1979, J. Bonhoure s'est rendu successivement :

- à Beijing, où il a visité l'Institut National de Métrologie;
- à Kyoto où, avec J. Terrien<sup>++</sup> et H. Moreau<sup>+</sup>, il a participé aux réunions de la Commission Internationale de l'Éclairage; il a ensuite visité l'Electrotechnical Laboratory et le National Research Laboratory of Metrology à Tokyo;
- à Sydney, où il a visité le National Measurement Laboratory;
- à Pretoria<sup>+</sup>, où il s'est initié au fonctionnement d'un radiomètre absolu gracieusement offert au BIPM par le National Physical Research Laboratory, et qu'il a ensuite transporté à Sèvres.

T. Witt effectue un stage au NML (Australie) dans le département Électricité (groupe de D. Harvey) depuis avril 1979. Au cours de ce stage qui durera jusqu'à la fin de l'année 1979, il doit, en particulier, étudier la construction et la mise en œuvre des comparateurs cryogéniques de courants et des SQUIDS, et se familiariser avec les méthodes de mesure de très haute précision en courant alternatif.

V. D. Huynh et M.-T. Niatel se sont rendus à Rijswijk (Pays-Bas), du 17 au 19 septembre 1979, pour assister à la réunion « Workshop on ion chambers for neutron dosimetry »; V. D. Huynh en a profité pour visiter, les 20 et 21 septembre, le Radiobiological Institute TNO.

G. Girard a participé aux réunions suivantes :

- du 27 au 29 août 1979, à l'Institut Océanographique, Paris, travaux du groupe de travail Symboles, Unités et Nomenclature de l'Association Internationale des Sciences Physiques de l'Océan;
- du 3 au 5 septembre 1979, à Davos (Suisse), travaux de la Commission I.4 (Physicochemical Measurements and Standards) de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée : il a présenté la position actuelle du BIPM sur les mesures de pression, à la suite de la réunion tenue au BIPM en mars 1979; il a rendu compte aussi de l'état d'avancement des travaux en vue d'une nouvelle détermination de la masse volumique de l'eau, étude entreprise dans plusieurs grands laboratoires nationaux.

J.-M. Chartier a participé, du 4 au 9 mai 1979, au Laboratoire de Physique des Lasers (LPL), Université de Paris-Nord, Villetaneuse, à la comparaison de lasers à argon asservis sur l'iode ( $\lambda = 515$  nm) entre la PTB et le LPL.

Accompagné de R. Felder, il s'est rendu à l'IMM, Leningrad, du 14 au 24 juin 1979, pour effectuer une comparaison de lasers à He-Ne asservis sur l'iode ( $\lambda = 633$  nm) et à l'IMPR, Moscou, du 25 juin au 5 juillet 1979 pour effectuer une comparaison de lasers à He-Ne asservis sur le méthane ( $\lambda = 3,39$   $\mu$ m).

J. Azoubib<sup>++</sup> s'est rendu au Conseil National de Recherches, Ottawa, du 6 au 9 août 1979 pour effectuer une comparaison de temps par transport d'horloge.

R. Felder et D. Avrons ont effectué, du 28 au 30 novembre 1978, au siège de la Société Tektronix, Orsay, un stage pour se familiariser avec l'utilisation des appareils de ce constructeur.

### Visites et stages au BIPM

Plusieurs visites ont été organisées pour des groupes d'enseignants (Université de Delft, le 14 décembre 1978), d'étudiants (École Supérieure de Métrologie, Paris, le 26 mars 1979) ou d'ingénieurs (Régie Nationale des Usines Renault, le 7 mai 1979).

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).

Mr X. Z. Wou (Institut National de Métrologie, Beijing) a commencé, le 13 novembre 1978, un stage de perfectionnement dans la mesure des radionucléides.

Mr D. J. E. Knight (NPL, Teddington) a commencé, le 1<sup>er</sup> septembre 1979, un stage d'un an à la section interférométrie; il participera à l'amélioration de la reproductibilité de la fréquence des lasers asservis sur l'absorption du méthane.

MM. A. R. S. Marsh et T. T. Williams (NPL, Teddington) ont participé, du 2 au 10 novembre 1978, à la comparaison des étalons d'exposition du NPL et du BIPM pour les rayons X de faible énergie.

MM. Y. Efremov et V. Kapralov (IMM, Leningrad) ont fait un stage du 16 novembre au 16 décembre 1978 et ont participé, le premier, à des mesures de calibres au comparateur photoélectrique, et le second, aux comparaisons de lasers à He-Ne asservis sur l'iode ( $\lambda = 633$  nm).

Mr J. Blabla (Institut Métrologique Tchécoslovaque, Bratislava), au cours de son stage du 5 au 7 décembre 1978 et à plusieurs autres reprises, s'est particulièrement intéressé aux comparaisons de lasers par battements et a envisagé avec nous une éventuelle comparaison entre des lasers de son laboratoire et du BIPM.

Mr J. Hizo (OMH, Budapest) est venu du 19 au 26 janvier 1979 pour la comparaison des étalons d'exposition de l'OMH et du BIPM, pour les rayons X de faible énergie.

Mr F. Spieweck (PTB, Braunschweig) a apporté un laser à argon ionisé et a participé, du 12 au 16 mars 1979, aux premières mesures de la longueur d'onde de ce laser.

Mr H. P. Layer (NBS, Gaithersburg) a, au cours de son séjour du 18 au 26 avril 1979, participé à la comparaison de fréquences entre lasers du NBS et du BIPM et visité plusieurs autres sections (longueurs, interférométrie, masses).

Mr J. Valdes (Instituto Nacional de Tecnologia Industrial, Buenos Aires), en stage depuis une année à la PTB, a participé, du 18 au 28 avril 1979, aux mesures d'effet

Josephson et à la vérification du comparateur de tensions et de plusieurs autres appareils de notre installation.

MM. G. H. Hofmeester et R. Van Dycke (RIV, Bilthoven) sont venus, du 23 avril au 4 mai 1979, comparer l'étalon calorimétrique de dose absorbée du RIV à l'étalon ionométrique du BIPM (rayons  $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$ ).

Mr N. J. Hargrave (ARL, Melbourne) a apporté deux chambres de transfert de son laboratoire et participé, du 31 mai au 8 juin 1979, à la comparaison d'étalons d'exposition de l'ARL et du BIPM pour les rayons X d'énergie moyenne.

Nous maintenons des relations régulières avec MM. P. Cérez et A. Brilliet (LHA, Orsay), C. Bordé et G. Camy (Laboratoire de Physique des lasers, Villetaneuse), P. Luc (Laboratoire A. Cotton, Orsay), P. Bouchareine et Mme S. Lacroix (INM, Paris), pour nos études sur les lasers, et avec MM. Dutitre, Gain et Colas (Établissements Jaeger, Levallois) pour la construction d'un gravimètre absolu transportable.

Plusieurs réunions ont eu lieu au BIPM pour discuter des problèmes concernant la détermination de la dose absorbée dans l'eau (10 novembre 1978, 5 avril et 11 mai 1979). Y ont participé, en particulier, Mme A. Dutreix (Institut Gustave Roussy, Villejuif) et MM. D. Harder (Göttingen) et H. Svensson (Umeå).

Parmi les visites de courte durée présentant un intérêt indéniable pour les visiteurs ou pour le BIPM, nous mentionnerons celles de :

- MM. Kuan Wei-Yen, Li Hung-Cheng, Yan Pei-Jian (Institut de Physique de l'Académie de Beijing), Chang Chi-Jui (Université d'Hofei) et Guan Chang-Je (Université de Nankin), le 7 septembre 1978 (thermométrie);

- Mr H. Vreys (Service de la Métrologie, Bruxelles) et deux de ses collègues, le 15 septembre 1978 (gravimétrie, longueurs);

- MM. Sung Yung-Lin, Kao Chieh (Institut National de Métrologie, Beijing), le 18 septembre 1978 (thermométrie);

- Mr Park (Institut de Métrologie de la Rép. de Corée), le 26 septembre 1978 (thermométrie);

- MM. E. Casnati et P. Salvadori (Istituto Superiore di Sanità, Rome), les 6 et 9 octobre 1978 (discussion sur des problèmes concernant les comparaisons aux rayons X);

- Mr K. F. Walz (PTB), le 10 octobre 1978 (laboratoire des rayonnements ionisants, discussion des problèmes de mesures d'activité et de statistiques de comptage);

- MM. A. D. Carlson et R. Schrak (NBS), le 10 octobre 1978, Mr H. Vonach (IRK, Vienne), le 4 avril 1979, Mr L. P. Li (Institut National de Métrologie, Beijing), le 27 avril 1979 et Mr S. Tagesen (IRK), le 14 juin 1979 (laboratoire des rayonnements ionisants, discussion des problèmes de mesure de débits de fluence de neutrons);

- Mr Fischer (PTB), le 11 octobre 1978 (lasers, interférométrie, discussion sur le calcul de l'indice de l'air);

- Mmes Amatuni et Smirnova (IMM), du 18 au 20 octobre 1978 (remise au BIPM du Mètre prototype VIL-100 et du Kilogramme prototype N° 12, discussions sur les mesures de longueur et sur les activités du Groupe de travail 3 sur les masses);

- Mr Li Lo-Shan (Institut National de Métrologie, Beijing), le 24 octobre 1978 (thermométrie);

- MM. M. Kochsiek (PTB) et P. Riéty (INM, Paris), les 27 et 30 novembre 1978 (mise au point du Rapport du Groupe de travail 1 sur les masses);

- Mr V. E. Bower (NBS), les 6 et 7 décembre 1978 (masses, discussion sur les activités des Groupes de travail);

- Mr J. Nicolas (Service de la Métrologie, Bruxelles), le 11 décembre 1978

(discussion sur l'effet Josephson et la conservation des étalons de force électromotrice et de résistance);

- Mr Müller (NPRL, Pretoria), le 16 janvier 1979 (masses, interférométrie);
- Mr J. Helmcke (PTB), le 23 janvier 1979 (lasers à  $\lambda = 612$  nm);
- MM. Shih Chang-You et Shyu Kiang-Yung (Institut National de Métrologie, Beijing), le 19 mars 1979, à l'occasion de la réunion sur la mesure des pressions (manobarométrie);
- Mr H. Takasaki (Université de Tokyo), le 20 mars 1979 (stabilité mécanique des lasers);
- Mr McAllan (NML, Lindfield), le 3 avril 1979 (thermométrie, photométrie);
- Mr E. G. Thwaite (NML), le 4 avril 1979 (longueurs, discussion sur les comparaisons internationales de mesure de règles divisées);
- Mr Meerovici (Pérou), les 9 et 12 avril 1979 (lasers);
- Mr J. A. Hall (NBS, Boulder), les 18 et 19 avril 1979 (lasers);
- Mr W. B. Ewbank (Nuclear Data Project, Oak Ridge), le 11 mai 1979 (spectrométrie alpha, visite de plusieurs laboratoires);
- MM. B. Ducarme (Observatoire Royal de Belgique), C. Poitevin (Institut Géographique National de Belgique) et trois ingénieurs, le 28 et le 30 mai 1979 (étalonnage de la sensibilité de cinq gravimètres à ressort);
- Mr R. Turner (NPRL, Pretoria), les 30 et 31 mai 1979 (électricité, lasers, interférométrie, masses, longueurs);
- Mr Y. V. Tarbeev (Directeur de l'IMM, Leningrad), le 6 juin 1979, MM. Guo Youguang et Chu Shiyu (Institut National de Métrologie, Beijing et Chengdu), le 7 juin 1979, à l'occasion de la 6<sup>e</sup> session du CCDM (longueurs, discussions sur les mesures d'étalons à traits);
- Mr W. Beyer (PTB), le 19 juin 1979 (électricité, masses, longueurs, gravimétrie);
- Mr V. Milovanovič (Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade), le 29 août 1979 (base géodésique et quelques autres laboratoires);
- Mr A. H. McIlraith (Chief of Department of Sciences and Industrial Research, Nouvelle-Zélande), le 10 septembre 1979 (longueurs, masses, gravimétrie, thermométrie);
- Mr A. S. Gonçalvez (Directeur Général de la Qualité, Lisbonne), accompagné de Mr Plunian (Service des Instruments de Mesure, Paris), le 24 septembre 1979 (longueurs, masses).

## 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 1978.

### Compte I. — Fonds ordinaires

#### RECETTES

	francs-or
ACTIF AU 1 <sup>er</sup> JANVIER 1978 .....	6 944 249,39
Recettes budgétaires.....	7 285 591,50
	<hr/>
Total .....	14 229 840,89
	<hr/> <hr/>

#### DÉPENSES

	francs-or
Dépenses budgétaires .....	6 348 099,81
Versement au compte « Remboursement aux États » .....	70 614,00
Différences de change .....	613 971,77
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1978 .....	7 197 155,31
	<hr/>
Total .....	14 229 840,89
	<hr/> <hr/>

#### DÉTAIL DES RECETTES BUDGÉTAIRES

##### Versements de contributions :

		francs-or
au titre de l'exercice 1978 .....	5 801 645,00	} 6 413 473,00
au titre des exercices antérieurs .....	574 160,00	
au titre de l'exercice 1979 .....	37 668,00	
Intérêts des fonds .....		568 065,76
Taxes de vérification .....		15 386,33
Remboursements des taxes sur les achats .....		265 677,98
Recettes diverses .....		22 988,43
		<hr/>
Total .....		7 285 591,50
		<hr/> <hr/>



DÉTAIL DES DÉPENSES BUDGÉTAIRES

Chapitres	Dépenses de l'exercice	Prévisions budgétaires	Économies	Dépassements
	francs-or	francs-or	francs-or	francs-or
<i>A. Dépenses de personnel :</i>				
1. Traitements .....	2 854 103,24	3 200 000	345 896,76	—
2. Allocations familiales .....	205 915,61	193 000	—	12 915,61
3. Sécurité sociale .....	179 527,36	187 000	7 472,64	—
4. Assurance-accidents .....	27 757,75	30 000	2 242,25	—
5. Caisse de Retraites .....	500 000,00	500 000	—	—
<i>B. Dépenses de fonctionnement :</i>				
1. Bâtiments (entretien et réparations)	719 652,85	360 000	—	359 652,85
2. Mobilier .....	17 341,95	40 500	23 158,05	—
3. Laboratoires et Ateliers .....	440 316,29	583 000	142 683,71	—
4. Chauffage, eau, énergie électrique ..	129 113,01	160 000	30 886,99	—
5. Assurances .....	19 507,85	20 000	492,15	—
6. Impressions et publications .....	43 054,62	65 000	21 945,38	—
7. Frais de bureau .....	87 475,21	100 000	12 524,79	—
8. Voyages et transports d'appareils ..	68 329,37	125 000	56 670,63	—
9. Bureau du Comité .....	16 500,01	16 500	—	0,01
<i>C. Dépenses d'investissement :</i>				
1. Laboratoires .....	831 131,42	780 000	—	51 131,42
2. Atelier de mécanique .....	67 434,69	50 000	—	17 434,69
3. Atelier d'électronique .....	7 258,59	60 000	52 741,41	—
4. Bibliothèque .....	23 714,64	30 000	6 285,36	—
D. Frais divers .....	109 600,05	350 000	240 399,95	—
E. Utilisation de monnaies non convertibles .....	365,30	100 000	99 634,70	—
Totaux .....	6 348 099,81	6 950 000	1 043 034,77	441 134,58

**Compte II. — Caisse de retraites**

RECETTES	
	francs-or
ACTIF AU 1 <sup>er</sup> JANVIER 1978 .....	1 366 601,28
Intérêts des fonds .....	127 195,87
Retenues sur les traitements .....	149 926,92
Virement du Compte I .....	500 000,00
Total .....	<u>2 143 724,07</u>

DÉPENSES	
	francs-or
Pensions servies .....	482 361,07
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1978 .....	1 661 363,00
Total .....	<u>2 143 724,07</u>

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

Ce compte n'a enregistré en 1978 aucun mouvement en recettes ou dépenses. Comme au 1<sup>er</sup> janvier 1978, il se présente ainsi :

	francs-or
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1978 .....	<u>441 792,00</u>

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

RECETTES	
	francs-or
ACTIF AU 1 <sup>er</sup> JANVIER 1978 .....	11 968,68
Virement budgétaire (11 613 FF) .....	6 400,04
Amortissements partiels des prêts (74 321,31 FF) .....	40 959,21
Total .....	<u>59 327,93</u>

DÉPENSES	
	francs-or
Prêts consentis (73 000 FF) .....	40 231,03
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1978 .....	19 096,90
Total .....	<u>59 327,93</u>

**BILAN**

AU 31 DÉCEMBRE 1978

	francs-or
Compte I « Fonds ordinaires » .....	7 197 155,31
Compte II « Caisse de retraites » .....	1 661 363,00
Compte III « Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique » .....	441 792,00
Compte IV « Caisse de prêts sociaux » .....	19 096,90
	<hr/>
ACTIF NET .....	9 319 407,21
	<hr/> <hr/>

Cet actif se décompose comme suit :

a. Fonds déposés en Banque :

	francs-or
1° En monnaie française .....	1 012 440,96
2° » U.S.A. ....	4 307 036,06
3° » suisse .....	2 303 728,92
4° » britannique .....	2,99
5° » allemande .....	1 772 384,59
6° » hongroise .....	11 069,28
7° » polonaise .....	59 287,30

b. Espèces en caisse .....

	26 671,11
	<hr/>

Total .....

	9 492 621,21
--	--------------

A déduire :

Provision pour remboursement aux États .....	173 214,00
	<hr/>

ACTIF NET .....

	9 319 407,21
	<hr/> <hr/>



---

**RAPPORT**  
DU  
COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA DÉFINITION DU MÈTRE  
(6<sup>e</sup> Session — 1979)

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 sixième session au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les mercredi 6, jeudi 7 et vendredi 8 juin 1979.

Etaient présents :

D. KIND, membre du CIPM, président du CCDM.

Les délégués des laboratoires membres :

Conseil National de Recherches [NRC], Ottawa (K.M. BAIRD).

Joint Institute for Laboratory Astrophysics [JILA], Boulder (J.L. HALL).

National Bureau of Standards [NBS], Washington et Boulder (K.G. KESSLER, D. JENNINGS).

Institut de Métrologie D.I. Mendéléév [IMM], Leningrad (Y.V. TARBEEV).

National Measurement Laboratory [NML], Lindfield (P. HARIHARAN).

National Physical Laboratory [NPL], Teddington (W.R.C. ROWLEY).

National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Tokyo (K. TANAKA).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB],  
Braunschweig (F. BAYER-HELMS, J. HELMCKE).  
Bureau National de Métrologie, Paris : Institut  
National de Métrologie [INM] du Conservatoire  
National des Arts et Métiers [CNAM] (P. BOUCHARINE).

Le directeur du BIPM (P. GIACOMO).

Invités :

National Physical Research Laboratory [NPRL], Pretoria  
(R. TURNER).  
National Institute of Metrology [NIM], Pekin et  
Chengdu (GUO YOUGUANG; CHU SHIYU).  
Istituto di Metrologia G. Colonnetti [IMGC], Turin  
(S. SARTORI).  
Institut Métrologique Tchécoslovaque [CSMU],  
Bratislava (J. BLABLA).

Observateur :

A. BRILLET (Laboratoire de l'Horloge Atomique), Orsay.

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 (BIPM).

Excusés : B. EDLEN (Lund), L. FRENKEL (Lynn, U.S.A.),  
K. SHIMODA (Tokyo), membres nominativement désignés ;  
Union Astronomique Internationale (A.H. COOK).

Absent : Amt für Standardisierung, Messwesen und  
Warenprüfung [ASMW], Berlin.

Le *Président* ouvre la session en accueillant les participants, en particulier les délégués qui assistent au Comité pour la première fois ainsi que ceux qui ont dû faire un long voyage.

Le *Président* rappelle la mémoire de U. Stille qui avait présidé la session précédente et qui est décédé en 1976 après une longue maladie ; une minute de silence est observée.

Mr Rowley (aidé de Mr Hamon comme secrétaire) est nommé rapporteur ; l'ordre du jour est approuvé.

#### PROGRÈS EFFECTUÉS DEPUIS 1973 SUR L'ASSERVISSEMENT DES LASERS

Avant la réunion, les participants ont reçu une quantité considérable de renseignements détaillés portant sur les caractéristiques des lasers asservis et les mesures de leur fréquence ou de leur longueur d'onde. La plus grande partie de cette documentation avait été fournie par les membres du CCDM en réponse à un Questionnaire envoyé par le BIPM en octobre 1977 (Doc. 77-1). Le BIPM avait également préparé et diffusé aux participants un résumé des douze réponses à ce Questionnaire (Doc. 78-27). Dans le courant de 1979, une trentaine de documents donnant de nouveaux résultats ont été distribués soit avant, soit pendant la présente session.

De nombreux documents décrivent le fonctionnement des lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode à 633 nm\*, pour lesquels on obtient une stabilité moyenne de  $2 \text{ à } 3 \times 10^{-12}$ \*\* pour des observations s'étendant sur des intervalles de temps de 10 secondes. On discute d'un certain nombre de facteurs affectant la reproductibilité de ces lasers et on examine dans le détail les résultats des recherches expérimentales. Des comparaisons faites entre le BIPM et d'autres laboratoires sur des lasers de construction différente, mais ayant des conditions de fonctionnement similaires, montrent que des reproductibilités de  $\pm 2 \times 10^{-11}$  sont couramment obtenues. Il a été suggéré que l'on pouvait faire une extrapolation à partir des conditions normales de fonctionnement pour obtenir, avec une incertitude relative de  $1 \times 10^{-10}$ , la fréquence non perturbée de la molécule utilisée comme référence pour l'asservissement (PTB, Doc. 78-10).

---

\* Pour alléger le texte, on indiquera, ici, les valeurs des longueurs d'onde sans s'astreindre à écrire chaque fois  $\lambda =$ .

\*\* Pour la stabilité, la reproductibilité, l'exactitude ou l'incertitude des mesures, les nombres indiqués correspondent aux valeurs relatives.

Pour des lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée du méthane à  $3,39 \mu\text{m}$ , les stabilités indiquées sont comprises entre  $1 \times 10^{-13}$  et  $6 \times 10^{-12}$  pour des intervalles de temps de 1 seconde. Les reproductibilités obtenues lors d'une comparaison faite entre le BIPM et le NPL sont meilleures que  $\pm 3 \times 10^{-11}$  (Doc. 79-12), alors qu'à la PTB des lasers ont donné une reproductibilité et une exactitude de  $\pm 5 \times 10^{-12}$  (Doc. 78-10) ; l'IMM a fait état d'une reproductibilité de  $1 \times 10^{-14}$  (Doc. 78-12).

On a mentionné, pour le laser à  $\text{CO}_2$  dans le domaine de  $9$  à  $11 \mu\text{m}$ , des stabilités de  $1,4 \times 10^{-9}$  (NRLM, Doc. 78-6a) et de  $1 \times 10^{-10}$  (NRC, Doc. 78-7b) pour des lasers asservis sur la fluorescence saturée de  $\text{CO}_2$ . L'IMM a fait état d'une stabilité de  $2 \times 10^{-13}$  pour un intervalle de temps de 1 seconde avec asservissement sur l'hexafluorure de soufre et d'une reproductibilité de  $2 \times 10^{-11}$  pour des lasers asservis sur le tetroxyde d'osmium (Doc. 78-12). Egalement dans l'infra-rouge, le laser à He-Xe à  $3,51 \mu\text{m}$  a été asservi sur  $\text{H}_2 \text{CO}$  et l'on a obtenu au Tokyo Institute of Technology une stabilité de  $1 \times 10^{-12}$  pour des intervalles de temps de 10 secondes (Doc. 79-4).

Du point de vue de la métrologie pratique, la radiation visible à  $515 \text{ nm}$  du laser à argon ionisé asservi sur l'iode est très intéressante. On obtient une stabilité de  $1 \times 10^{-11}$  sur un intervalle de temps de 1 seconde dans un système à cellule externe avec une reproductibilité de  $\pm 2 \times 10^{-11}$  et une exactitude de  $\pm 5 \times 10^{-11}$  (PTB, Doc. 78-10). Au laboratoire de Physique des Lasers, Paris, un système plus complexe d'asservissement a permis d'obtenir une stabilité de  $3 \times 10^{-14}$  avec une reproductibilité d'environ  $1,5 \times 10^{-12}$  (Doc. 78-8a). Le laser à He-Ne asservi sur l'absorption saturée de l'iode à  $612 \text{ nm}$  et à d'autres longueurs d'onde visibles semble constituer aussi une source très pratique et stable ; plusieurs laboratoires commencent des recherches dans cette voie. Une comparaison entre deux laboratoires a déjà montré une reproductibilité de  $2 \times 10^{-11}$  et il est probable qu'une reproductibilité d'au moins  $1 \times 10^{-12}$  sera obtenue avec un système à cellule externe (LHA, Doc. 79-19).

Plusieurs autres types de lasers asservis sont en cours d'étude mais pour lesquels on ne dispose pas encore de



résultats détaillés. Il y a, entre autres, le laser à mercure pompé optiquement, les lasers à dimères pompés optiquement et les lasers à colorants réglables. On étudie ou on envisage aussi d'autres modes d'asservissement faisant appel à des transitions à deux photons, à des techniques d'excitation de Ramsey à deux zones d'interaction, à des faisceaux moléculaires et à d'autres procédés d'affinement du profil de la raie et de réduction de la vitesse. Il est évident qu'on doit s'attendre à des améliorations de la stabilité et de la reproductibilité des étalons de longueur d'onde optique, que les sources dont on dispose actuellement seront améliorées et que de nouveaux dispositifs apparaîtront.

#### MESURES DE FRÉQUENCE ET DE LONGUEUR D'ONDE

On a mesuré, au NPL et au NRC, (Doc. 78-27) la fréquence de la radiation à 88 THz ( $3,39 \mu\text{m}$ ) du laser à He-Ne asservi sur le méthane par rapport à la fréquence de la radiation du laser à  $\text{CO}_2$  à 30 THz. Compte tenu des incertitudes de  $\pm 1 \times 10^{-9}$  avec un niveau de confiance de 95 %, les résultats sont en excellent accord ; ils concordent aussi avec la valeur donnée par le NBS en 1973 : la dispersion totale de ces trois résultats n'est que de  $2 \times 10^{-10}$ . Ainsi, les nouveaux résultats confirment la valeur de la fréquence que l'on a utilisée en 1973 comme base de la valeur recommandée de la vitesse de la lumière.

Dans plusieurs laboratoires on entreprend d'autres mesures de fréquences optiques. Au NPL et à la PTB, des mesures de la chaîne des fréquences allant du césium au méthane (88 THz) sont en cours. Le NBS a réussi à mesurer les fréquences de la radiation du xénon à  $2,03 \mu\text{m}$  et des radiations du laser à He-Ne à  $1,52 \mu\text{m}$  et  $1,15 \mu\text{m}$ . En collaboration avec le NRC, il vient également de doubler, dans un cristal non linéaire, la fréquence de la radiation à  $1,15 \mu\text{m}$  afin de mesurer les fréquences des composantes hyperfines de l'iode dans le visible à 520 THz ( $576 \text{ nm}$ ) (Doc. 79-6). Le NBS propose aussi une chaîne de synthèse de fréquences plus simple atteignant  $576 \text{ nm}$  qui devrait donner une mesure de fréquence très exacte. De plus, le NBS propose un procédé de

mélange de fréquences pour relier les radiations à 576 nm et à 633 nm du laser asservi sur l'iode. Au NRC, la possibilité de passage des basses fréquences à la fréquence du CO<sub>2</sub> en utilisant les combinaisons de quatre radiations du CO<sub>2</sub> a été démontrée. On espère pouvoir déterminer une fréquence du CO<sub>2</sub> avec une exactitude de  $2 \times 10^{-9}$ . Le NRC a aussi l'intention de mesurer la fréquence de la radiation du He-Ne à 1,15  $\mu\text{m}$  en utilisant les radiations du Xe à 2,02  $\mu\text{m}$  et 3,5  $\mu\text{m}$  avec la radiation du laser à CO<sub>2</sub>, en générant des sommes et des différences de fréquences au moyen de cristaux non linéaires (Doc. 79-17).

En mesurant par une méthode interférométrique le rapport des longueurs d'onde des radiations du laser à CO<sub>2</sub> et du laser à 633 nm et en combinant ce rapport avec la fréquence mesurée du CO<sub>2</sub>, le NPL a déterminé la fréquence de l'une des composantes hyperfines de l'iode à 633 nm avec une incertitude de  $\pm 6 \times 10^{-10}$  (Doc. 78-4). La valeur diffère de  $13 \times 10^{-10}$  (Doc. 78-20) d'une valeur fondée sur la mesure interférométrique du rapport des longueurs d'onde des radiations à 3,39  $\mu\text{m}$  et à 633 nm effectuée au NBS avec la même incertitude\* (Doc. 78-27). Le NPL a indiqué une autre valeur provisoire pour la fréquence visible de cette même composante déterminée à partir d'une mesure du rapport de sa longueur d'onde à celle de la radiation à 3,39  $\mu\text{m}$ . Cette valeur est inférieure de  $2 \times 10^{-9}$  en fréquence à celle du NPL mentionnée ci-dessus, avec une incertitude provisoirement estimée à  $2 \times 10^{-9}$ .

Trois laboratoires ont rendu compte de mesures de la longueur d'onde de la radiation du laser à He-Ne asservi sur l'iode à 633 nm par comparaison à celle de l'étalon du krypton 86 (NRLM, NML, IMM). Ces trois résultats (Doc. 78-27)

---

\* Pour comparer ces deux valeurs, on a fait appel à la différence de fréquences  $(^{129}\text{I}_2, k) - (^{127}\text{I}_2, i)$  entre les composantes hyperfines des différents isotopes de l'iode à 633 nm. Des mesures récentes faites au BIPM (Doc. 78-13a) donnent pour cette différence 95,762 1 MHz, plutôt que la valeur 96,039 9 MHz donnée dans l'Appendice au Rapport de 1973 du CCDM. L'écart entre ces valeurs est peut-être en partie dû aux conditions expérimentales différentes. Toutefois, si l'on tient compte de la valeur la plus faible (95,762 1 MHz), l'écart relatif de  $13 \times 10^{-10}$  indiqué plus haut est ramené à  $7 \times 10^{-10}$ .

sont en accord avec la valeur recommandée en 1973, avec une incertitude de  $\pm 4 \times 10^{-9}$ . De plus, la PTB a rendu compte de deux valeurs de la longueur d'onde de la radiation du laser asservi sur le méthane à 3,39  $\mu\text{m}$ , mesurée directement par rapport à l'étalon du  $^{86}\text{Kr}$  à l'aide d'un interféromètre de Michelson. Ces deux valeurs concordent avec celle qui a été recommandée en 1973 dans la limite des incertitudes indiquées (Doc. 78-27). Ultérieurement, le rapport des longueurs d'onde des radiations à 3,39  $\mu\text{m}$  et 633 nm a été mesuré avec une incertitude relative de  $\pm 2 \times 10^{-9}$  (Doc. 79-20).

Un certain nombre de mesures de longueur d'onde ont été faites avec la radiation du laser à argon ionisé asservi sur l'iode à 515 nm ; les résultats ont été rassemblés dans un rapport de la PTB (Doc. 79-21). Les quatre mesures de précision les plus récentes présentent un excellent accord entre elles. (Ces quatre valeurs sont celles que l'on trouve au bas du tableau du Doc. 79-21 ; elles proviennent des documents 79-12, 79-18, 79-20 et 79-21.) Dans les quatre cas, la longueur d'onde de référence est celle du laser à He-Ne asservi sur l'iode à 633 nm ; par rapport à cet étalon, les exactitudes de mesure de deux des résultats sont nettement meilleures que l'incertitude de  $\pm 4 \times 10^{-9}$  de la valeur absolue (Doc. 79-12, 79-20).

Des mesures précises de longueur d'onde ont aussi été faites par le BIPM sur deux lasers à He-Ne asservis sur l'iode à 612 nm (Doc. 79-12). Ces mesures sont confirmées par des valeurs non publiées, de moindre exactitude, obtenues au LHA et au NPL.

Il est vraisemblable que ces deux radiations de lasers dans le visible seront de plus en plus utilisées en tant qu'étalons de longueur d'onde pour les mesures de longueur et les mesures spectroscopiques ; on a donc pensé qu'il serait judicieux de conseiller des valeurs pour les longueurs d'onde obtenues avec ces sources. Toutefois, eu égard à une éventuelle redéfinition du mètre dans les quelques années à venir et aux changements qui deviendraient par conséquent nécessaires dans la spécification des étalons de longueur d'onde, on a estimé inopportun pour le moment de recommander officiellement l'adoption de nouveaux étalons secondaires.

En conséquence, le CCDM s'est mis d'accord sur la déclaration suivante :

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

*considérant* les reproductibilités de fréquence obtenues avec des lasers asservis sur l'absorption saturée de l'iode, et les résultats des mesures des rapports de longueurs d'onde de ces lasers,

*estime* que la radiation  $\lambda = 515$  nm du laser à argon asservi et la radiation  $\lambda = 612$  nm du laser à He-Ne asservi peuvent être considérées comme longueurs d'onde de référence pour les mesures de longueur, en plus des radiations  $\lambda = 3,39$   $\mu\text{m}$  et  $\lambda = 633$  nm recommandées en 1973.

Pour la composante hyperfine\*  $a_3$  de la raie P(13) de la bande 43-0 de  $^{127}\text{I}_2$ , la dispersion des quatre mesures indépendantes de longueur d'onde les plus précises est de  $\pm 1,0$  fm, de telle sorte que la valeur moyenne arrondie  $\lambda(a_3) = 514\,673\,467$  fm présente en fait une incertitude de  $\pm 4 \times 10^{-9}$  ( $\pm 2$  fm) qui provient essentiellement de l'incertitude sur la réalisation du mètre au moyen du  $^{86}\text{Kr}$ . De plus, deux des mesures donnent les valeurs 0,813 081 295 4 (avec une incertitude relative indiquée de  $5 \times 10^{-10}$ ) et 0,813 081 295 8 (avec un écart-type statistique relatif  $\sigma_m$  de  $4 \times 10^{-10}$ ) pour le rapport  $\lambda(a_3)/\lambda(i)$  de la longueur d'onde de cette radiation à la composante hyperfine  $i$  de la raie R(127) de la bande 11-5 de  $^{127}\text{I}_2$  à 633 nm. Ainsi, les résultats permettent de penser que l'incertitude relative du rapport moyen (0,813 081 295 6) est inférieure à  $1 \times 10^{-9}$ .

En ce qui concerne la raie R(47) de la bande 9-2 de  $^{127}\text{I}_2$ , on peut utiliser la longueur d'onde de la composante hyperfine  $o$  :  $\lambda(o) = 611\,970\,771$  fm avec une incertitude relative de  $\pm 4 \times 10^{-9}$  ( $\pm 2,4$  fm). Cette valeur résulte de deux déterminations précises de la longueur d'onde de la composante hyperfine  $i$  qui concordent à 0,4 fm près et d'une mesure de la différence de fréquence entre les composantes  $o$  et  $i$  que l'on estime exacte à  $\pm 50$  kHz (0,06 fm) près.\*\*

(On choisit de préférence la composante  $o$  car elle est moins perturbée par les composantes voisines.)

---

\* La notation utilisée ici pour identifier la composante hyperfine de P(13), 43-0 est celle de L.A. Hackel *et al.*, *Phys. Rev. Lett.*, 35, 1975, p. 568. Des valeurs numériques plus détaillées figurent dans le document CCDM/79-21.

\*\* La différence de fréquence  $f(i) - f(o) = (249,68 \pm 0,05)$  MHz a été déterminée au LHA (Orsay) et communiquée par A. Brilliet.

COMPARAISONS D'ÉTALONS À BOUTS, À TRAITS,  
ET D'ÉTALONS D'ANGLES

*Étalons à bouts*

Le BIPM a rendu compte de mesures faites sur six étalons de forme cylindrique à bouts plans, en acier, de longueurs comprises entre 0,45 et 1,22 m, que le fabricant a fait circuler entre le BIPM, le NBS, le NPL et la PTB. Les résultats (Doc. 79-12) sont satisfaisants et concordants compte tenu des incertitudes des mesures indiquées par chaque laboratoire. On ne juge pas nécessaire que le CCDM organise une comparaison internationale d'étalons à bouts dans un proche avenir ; toutefois, il convient d'encourager des échanges d'étalons de ce type entre des petits groupes de laboratoires.

*Étalons à traits*

Deux étalons à traits ont circulé depuis juillet 1976 dans un certain nombre de laboratoires à la suite d'une proposition faite par le BIPM lors de la session du CCDM en 1973. Le BIPM a fait un rapport préliminaire sur les résultats obtenus jusqu'ici (Doc. 79-12). Après un premier circuit dans cinq laboratoires, les résultats obtenus sur l'une des règles ont été si peu satisfaisants que cette règle a été retirée de la comparaison. La circulation de l'autre règle dans le second groupe de laboratoires est actuellement en cours et l'on pense que le troisième et dernier circuit sera achevé dans le courant de 1981. Les résultats obtenus jusqu'ici sont assez décevants, même pour la meilleure règle. Il se peut que ce soit en partie dû à la mauvaise planéité de la règle, mais comme la dispersion des résultats est forte, même pour les courts intervalles de longueur, il semble que ce soit plutôt la qualité des traits et aussi les méthodes employées pour leur observation qui sont en cause.

Compte tenu de l'importance que les étalons à traits continuent à avoir pour la métrologie, on s'accorde pour dire que de nouvelles recherches dans ce domaine sont souhaitables, en particulier en ce qui concerne la qualité des traits et de la surface qui les porte. On propose que le BIPM

prene contact avec les fabricants de règles à traits pour encourager les améliorations. Il a été suggéré que des règles de courte longueur pourraient suffire pour effectuer des comparaisons destinées à étudier la reproductibilité des mesures : des règles de ce type seraient plus faciles à transporter et demanderaient un moins grand nombre d'observations.

En conclusion, le CCDM adopte la *Recommandation M 1* (1979), p. M 15.

#### *Étalons d'angle*

On discute de l'opportunité, pour le CCDM, d'accepter la responsabilité de certaines études sur les étalons d'angle. On s'accorde pour dire que les étalons d'angle sont assez semblables aux cales étalons et que le CCDM pourrait inclure les mesures d'angle dans ses activités. On note que d'autres Organisations, telles que l'OIML, s'intéressent aussi à la normalisation de ces mesures, mais on convient que les laboratoires qui prennent part aux délibérations du CCDM doivent reconnaître que celui-ci, aidé du BIPM, est l'organisme concerné au premier chef par ce sujet. Il est recommandé que le BIPM se mette en rapport, si nécessaire, avec les autres Organisations intéressées.

On décide que la première opération à entreprendre concernant les étalons d'angle devrait être une comparaison internationale. Onze laboratoires expriment l'intérêt qu'ils portent à une telle comparaison : PTB, CSMU, NIM, NBS, NPL, NRC, NML, NRLM, IMM, IMGC, Institut d'Optique de France. La comparaison sera organisée par le NRLM, le BIPM assurant le secrétariat, et très probablement à l'aide d'un polygone fourni par l'IMM.

#### DÉFINITION DU MÈTRE

En ce qui concerne le problème de savoir si une nouvelle définition du mètre était nécessaire et de quel type elle devrait être, les réponses au Questionnaire envoyé par le BIPM en octobre 1977 n'étaient pas concluantes. En vue d'une éventuelle proposition d'une nouvelle définition à soumettre

à la CGPM de 1979, le BIPM avait sollicité, d'une façon plus précise, l'avis du CCDM par une lettre - questionnaire envoyée en mars 1978. Les douze réponses reçues sont résumées dans le document 78-27. La majorité était en faveur d'une nouvelle définition qui ferait appel à la fréquence des radiations et à une valeur de la vitesse de la lumière adoptée par convention, permettant ainsi de déterminer longueurs d'onde et longueurs ; mais la majorité considérait qu'il était prématuré de proposer une nouvelle définition de ce type à la CGPM en 1979.

La nécessité de changer la définition du mètre dans un proche avenir ne provient pas principalement des besoins de la métrologie des longueurs ; en effet, pour ces besoins, la réalisation pratique du mètre au moyen du  $^{86}\text{Kr}$  reste suffisamment précise et le laser asservi à 633 nm fournit un étalon secondaire bien adapté. Cette nécessité provient surtout du besoin de conserver l'intégrité de l'unité SI ; en plus de la réalisation du mètre au moyen du  $^{86}\text{Kr}$ , il existe, en effet, à l'heure actuelle, trois autres valeurs de référence recommandées qui sont spécifiées avec la même exactitude. Ce sont : la vitesse de la lumière  $c$ , la longueur d'onde du laser asservi sur le méthane à 3,39  $\mu\text{m}$  et la longueur d'onde à 633 nm du laser asservi sur l'iode. Les progrès des techniques pour la mesure des fréquences des radiations visibles et les reproductibilités des étalons lasers dans le visible sont tels

a) qu'il est reconnu que la reproductibilité des longueurs d'onde de ces étalons est plus de cent fois supérieure à la reproductibilité de l'étalon du  $^{86}\text{Kr}$  ;

b) que l'on peut obtenir les valeurs de leur longueur d'onde de différentes façons, ce qui peut conduire à des résultats cohérents dans la limite des incertitudes actuelles de  $\pm 4 \times 10^{-9}$  mais dont les écarts sont supérieurs aux incertitudes expérimentales.

Cela est dû au fait que l'on peut déterminer les valeurs des longueurs d'onde en mesurant leur rapport aux longueurs d'onde étalons de 3,39  $\mu\text{m}$  ou 633 nm, ou bien à partir d'une mesure de fréquence et de la valeur recommandée pour la vitesse de la lumière ( $\lambda = c/f$ ). Les résultats ne seront compatibles et cohérents que dans la limite de l'exactitude

relative des valeurs de référence ( $\pm 4 \times 10^{-9}$ ), alors que les incertitudes de mesure peuvent être nettement meilleures. Cette situation risque de conduire à des incohérences et à une certaine confusion dans la spécification des longueurs d'onde des transitions spectroscopiques et des étalons de longueur d'onde. Des incohérences peuvent également apparaître entre des mesures de longueurs extraterrestres qui sont couramment fondées sur des observations de temps de vol et sur la valeur de la vitesse de la lumière, et des mesures terrestres qui sont généralement fondées sur des étalons de longueur d'onde.

Il ne peut être apporté de solution satisfaisante à ces problèmes qu'en changeant la définition du mètre de telle sorte que : 1° ou bien l'on choisit un étalon unique de longueur d'onde offrant une reproductibilité appropriée comme nouvel étalon primaire de longueur et de longueur d'onde, 2° ou bien l'on opte pour une formulation qui, en fait, fonde le mètre sur une valeur de  $c$  adoptée conventionnellement.

Le nombre de types de lasers asservis susceptibles d'être utilisés comme étalon primaire de longueur d'onde pour définir le mètre croît continuellement ; il est vraisemblable qu'aucun d'entre eux ne se révélera si nettement supérieur aux autres qu'on puisse espérer le voir demeurer longtemps sans rival. D'un autre côté, on peut penser qu'une nouvelle définition fondée sur une valeur fixe de  $c$  restera inchangée dans l'avenir prévisible. C'est la raison pour laquelle le choix se porte sur une définition de ce type. (Le problème d'une dispersion éventuelle de  $c$  a toujours beaucoup intéressé les physiciens, mais les estimations récentes laissent à penser que  $c$  est constant à  $1 \times 10^{-14}$  près pour toutes les radiations comprises entre les basses radiofréquences et les rayons X, de telle sorte qu'il est peu vraisemblable que la dispersion soit une cause de difficultés.)

Un facteur important fait hésiter le CDM à recommander l'adoption immédiate d'une définition de ce type : l'exactitude avec laquelle on peut réaliser des étalons de longueur d'onde dans le visible au moyen d'un laser asservi, bien que plusieurs fois supérieure à l'exactitude que l'on peut atteindre avec le  $^{86}\text{Kr}$ , est encore à l'heure actuelle quelque peu en deçà de la reproductibilité de la fréquence de ces



étalons. Est-il opportun de spécifier, comme une condition préalable à la proposition d'une nouvelle définition dans l'avenir, un certain niveau d'incertitude des mesures de fréquences optiques qu'il conviendrait d'atteindre ? On décide qu'il est préférable de ne pas préjuger des progrès qui pourraient intervenir dans les prochaines années, mais plutôt de laisser à une session ultérieure le soin de décider s'il convient ou non de recommander une nouvelle définition.

En même temps que l'on recommandera une nouvelle définition, il sera nécessaire de préciser la façon dont on pourra réaliser le mètre au laboratoire. Le CCDM devra indiquer quelles radiations de lasers asservis doivent être adoptées comme étalons de longueur d'onde et spécifier la valeur de leurs longueurs d'onde. Ces valeurs peuvent se rapporter soit à des transitions moléculaires non perturbées, soit à certaines conditions de fonctionnement spécifiées. On suggère que soit étudiée une dénomination appropriée pour de tels étalons de longueur d'onde. La définition du mètre elle-même ne fera probablement pas référence à une radiation monochromatique particulière, de telle sorte qu'il n'existera pas d'étalon primaire proprement dit. Il serait donc souhaitable de spécifier plusieurs radiations comme étalons de longueur d'onde.

Ayant décidé de ne faire aucune recommandation en vue de l'adoption d'une nouvelle définition du mètre en 1979, le CCDM envisage la possibilité de recommander une nouvelle définition avant la CGPM qui doit avoir lieu en 1983. En conséquence, il est proposé de réunir le CCDM en 1982 pour étudier à nouveau la situation. Entre-temps, il serait nécessaire que les laboratoires intensifient leurs recherches sur les lasers asservis et la détermination de la fréquence de ceux-ci afin que l'on puisse sélectionner des étalons de travail convenables pour la réalisation pratique du mètre selon la nouvelle définition qui sera proposée. On considère comme important que les laboratoires se communiquent tous les nouveaux résultats ou les nouvelles découvertes dès que possible afin de pouvoir les répéter ou les confirmer ; le BIPM est d'accord pour diffuser tous les renseignements qui lui seront envoyés.

On pense que le CIPM souhaitera étudier soigneusement la formulation de la nouvelle définition et qu'il convient de proposer dès maintenant une formulation afin qu'il reste suffisamment de temps pour qu'elle puisse être discutée et, si nécessaire, modifiée. Les formulations proposées peuvent se classer en deux types : celles qui définissent le mètre comme un nombre donné de longueurs d'onde d'une radiation et celles qui spécifient la distance parcourue par la lumière dans un intervalle de temps donné. Le premier type convient particulièrement pour réaliser le mètre dans les laboratoires d'étalonnage selon les méthodes pratiques habituelles, mais comme il fait appel au concept de la longueur d'onde, ce type de définition est plus difficile à comprendre pour les non-spécialistes. On reconnaît que la définition du mètre est importante pour tous les utilisateurs du SI et pas seulement pour ceux qui s'intéressent essentiellement aux mesures de longueur de haute précision. Après quelques discussions on se met d'accord pour dire que toute formulation suffisamment précise sera interprétée de façon correcte par les spécialistes et qu'il est par conséquent préférable d'avoir une formulation qui, tout en restant précise, soit suffisamment simple pour être largement comprise. On fait remarquer que le rôle du CCDM est de donner son avis sur la définition du mètre plutôt que de spécifier les constantes fondamentales de la physique ; il vaut donc mieux ne pas mentionner de façon explicite, dans la définition, que  $c$  est une constante dont la valeur est désormais fixée par définition. Enfin, on discute de la formulation la plus simple pour exprimer le concept de la propagation d'ondes planes illimitées et de surface infinie dans l'espace libre.

En conclusion, le CCDM adopte la *Recommandation* M 2 (1979), p. M 16.

#### DIVERS

Le NML (Doc. 79-2) fait remarquer qu'il devient difficile de se procurer dans le commerce le type de tube à plasma qui convient pour les lasers à He-Ne asservis sur l'iode. Le

CSMU (Doc. 79-25) signale qu'il peut peut-être apporter son aide sur ce point ; il est aussi mentionné qu'une société à Hambourg a fourni des tubes prototypes à la PTB (Helmcke).

\*  
\* \*

En clôturant la session, le *Président* remercie les participants pour leur contribution aux discussions, en particulier ceux qui ont apporté leur aide dans la rédaction des Recommandations, ainsi que le BIPM pour son hospitalité. Au nom de ses collègues, K.G. *Kessler* remercie le Président pour la façon dont il a dirigé la 6<sup>e</sup> session du CCDM.

(Juin 1979)

RECOMMANDATIONS  
du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre  
présentées  
au Comité International des Poids et Mesures

Étalons à traits

RECOMMANDATION M 1 (1979)

*Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,*  
*reconnaissant que les étalons à traits gardent leur*  
*importance dans la métrologie des longueurs et*  
*tenant compte des résultats de récentes mesures compa-*  
*ratives d'étalons à traits,*

*recommande*

*- que soient poursuivies les recherches pour améliorer*  
*la précision des étalons à traits, pour améliorer en parti-*  
*culier aussi bien la qualité des traits que la surface sur*  
*laquelle ils sont tracés,*

*- qu'une autre comparaison internationale soit entre-*  
*prise lorsque l'on sera en possession d'étalons de meilleure*  
*qualité.*

Sur une nouvelle définition du mètre

RECOMMANDATION M 2 (1979)

*Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,*  
considérant

- que la définition actuelle du mètre ne permet pas une réalisation suffisamment précise pour satisfaire tous les besoins et devra donc être changée,

- que des radiations plus reproductibles et plus commodes que celle de la définition actuelle du mètre existent, qu'elles sont déjà utilisées comme étalons de longueur d'onde, mais que leur liste s'allonge et qu'il serait vain de chercher à en désigner une qui soit préférable,

- qu'on a reconnu qu'il est désirable de ne plus changer la valeur de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide  $c = 299\,792\,458\text{ m s}^{-1}$  dont l'emploi a été recommandé par la Résolution 2 de la 15<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) (1975) conformément à la Recommandation M 2 adoptée en 1973 par le CCDM,

- que la relation entre la longueur d'onde dans le vide d'une radiation, sa fréquence et la vitesse  $c$  laisse la possibilité de choisir par convention deux seulement des trois éléments suivants : définition du mètre, définition de la seconde et valeur de la vitesse  $c$ ,

- que les réalisations de la définition actuelle de la seconde sont extrêmement précises, que la fréquence est une grandeur indépendante des paramètres géométriques et qu'elle se prête donc mieux que la longueur à une réalisation et à des mesures précises,

- que par conséquent il est préférable de fixer par convention la définition de la seconde et la valeur de  $c$  plutôt que de fixer par convention, comme on l'a fait jusqu'à présent, les définitions de la seconde et du mètre,

- qu'on dispose dès maintenant de méthodes expérimentales pour déterminer la longueur d'onde de plusieurs radiations utilisables pour la mesure des longueurs en se fondant sur la

définition de la seconde et la valeur de  $c$ , que ces méthodes fournissent déjà une précision meilleure que l'emploi de la radiation étalon du krypton 86 et que des méthodes encore plus précises sont à l'étude mettant à profit les progrès concernant les lasers et la mesure des très hautes fréquences,

- que, parmi les formes rédactionnelles d'une nouvelle définition du mètre conforme aux considérations qui précèdent, il convient de choisir la plus simple qui ait une signification précise,

- que le CCDM pourra proposer au Comité International des Poids et Mesures (CIPM) l'adoption de recommandations pour la mise en pratique d'une telle définition du mètre,  
recommande

- que les laboratoires poursuivent les recherches en vue d'améliorer les étalons de fréquence optiques et d'obtenir des déterminations plus exactes de leur fréquence afin de disposer d'étalons de travail qui puissent être recommandés par le CCDM pour la mise en pratique de la nouvelle définition du mètre proposée,

- que le CIPM prenne en considération la nouvelle définition du mètre suivante :

"Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par les ondes électromagnétiques planes pendant une durée de  $1/299\,792\,458$  de seconde"

en vue de la proposer à la CGPM en 1983.

---



---

RAPPORT DU PRÉSIDENT  
DU  
COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE  
DES RAYONNEMENTS IONISANTS  
AU  
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES  
(Août 1979)

---

*Résumé.* - L'emploi croissant des rayonnements ionisants (médecine, réacteurs nucléaires, industrie) nécessite des mesures de plus en plus exactes des grandeurs concernant les rayons X et  $\gamma$ , la radioactivité et les neutrons. Le BIPM, organisme centralisateur du système international des mesures dans ce domaine, est assisté dans sa tâche par le Comité Consultatif pour les Etalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI), qui est lui-même divisé en trois sections : Rayons X et  $\gamma$ , électrons ; Mesure des radionucléides ; Mesures neutroniques. On étudie, pour chacune de ces sections, les points suivants : besoin en étalons, programme de travail prévu de 1977 à 1979, réalisations pendant cette même période et travaux futurs envisagés de 1979 à 1983. Dans chaque cas, on décrit les activités correspondantes du BIPM. Le rapport comporte également une recommandation de la Section I concernant l'étude des étalonnages en termes de dose absorbée dans l'eau et une recommandation du CCEMRI au CIPM concernant l'installation au BIPM d'une source intense de neutrons de 14 MeV pour dosimétrie neutronique.

*Abstract.* - The increasing use of ionizing radiations (medicine, nuclear reactors, industry) calls for more and more accurate measurements of X and  $\gamma$  rays, radioactivity and neutrons. The Bureau International des Poids et Mesures, which is the central organization of the international measurements in this field, is assisted in its work by the Comité Consultatif pour les Etalons de Mesure des Rayonnements Ionisants, consisting itself of three sections : X and  $\gamma$  Rays, electrons ; Radionuclide measurements and Neutron measurements. The following points are discussed under each section : need for standards, program of activities planned from 1977 to 1979, accomplishments during the same period and plans for future work from 1979 to 1983. The related BIPM activities are described in the appropriate section. The report includes a recommendation made by Section I concerning the study of calibrations in terms of absorbed dose in water and a recommendation from CCEMRI to CIPM concerning the establishment of an intense 14-MeV neutron dosimetry facility at BIPM.

## INTRODUCTION

L'utilisation des rayonnements ionisants ne cesse de croître en médecine (diagnostic et traitement). On continue à construire de nouvelles centrales nucléaires pour remplacer les sources fossiles d'énergie qui s'amenuisent. L'emploi des rayonnements ionisants croît régulièrement dans l'industrie pour améliorer les propriétés des matériaux et de nouvelles applications sont sans cesse mises au point. Tout cela conduit à un accroissement du nombre et de la variété des sources de rayonnements ionisants.

Cependant, les êtres humains et les nations sont de plus en plus préoccupés par les problèmes de sécurité que pose l'emploi des rayonnements ionisants. Pour assurer cette sécurité, de nombreux gouvernements ont créé des organismes régulateurs qui édictent des règlements nécessitant des mesures exactes des rayonnements ionisants. De plus, afin d'assurer la validité des mesures, ces règlements exigent de plus en plus que les étalonnages des instruments de mesure, ou les mesures elles-mêmes, soient rattachables aux références des laboratoires nationaux. Il est donc très important que ceux-ci disposent d'étalons de mesure exacts et cohérents.

Il en résulte que l'importance des mesures exactes de rayonnements ionisants continue à augmenter. Des mesures de neutrons, de rayons X et gamma et d'activité ayant une exactitude d'environ 1 % sont requises pour projeter des centrales électriques dotées de réacteurs nucléaires. Pour la thérapie du cancer, on considère généralement qu'une exactitude de 5 % dans la mesure de la dose absorbée est requise, ce qui nécessite une exactitude d'environ 3 % pour les mesures physiques et de 1 à 2 % pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants. Dans le domaine des faibles niveaux d'activité, il faut des mesures d'une exactitude quelque peu inférieure pour la protection des travailleurs et de l'ensemble de la population, ainsi que pour le contrôle de l'environnement. Dans le domaine de la sécurité, on peut citer la surveillance du personnel hospitalier, la mesure des rejets radioactifs des centrales nucléaires, les mesures de rayonnements dans les mines d'uranium, l'atmosphère, les fleuves,



les océans et au sol. Des mesures exactes des matériaux radioactifs ont un impact économique sur des domaines tels que les combustibles nucléaires et les produits pharmaceutiques radioactifs. Les nouveaux progrès accomplis dans le domaine des rayonnements ionisants qui entraînent de nouveaux problèmes de mesure concernent la tomographie utilisant un ordinateur, que beaucoup considèrent comme le progrès le plus prometteur en médecine depuis la découverte des rayons X, et le souci mondial de la protection contre les matériaux nucléaires qui soulève des problèmes nombreux et difficiles dans la mesure des matériaux contenant du plutonium et de l'uranium enrichi.

Compte tenu des questions nombreuses et variées mentionnées plus haut, et de la grande difficulté des mesures nécessaires, le problème des mesures de rayonnement et celui du rôle central du CIPM et du BIPM dans le système international de mesure des rayonnements ionisants est un sujet de très grande importance.

Le Comité Consultatif pour les Etalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI) est constitué actuellement de trois Sections : Section I (Rayons X et  $\gamma$ , électrons), Section II (Mesure des radionucléides) et Section III (Mesures neutroniques). Ce rapport comprend donc trois parties. Pour chacune on considère successivement :

- A. Les besoins en étalons,
- B. Le programme de travail prévu pour la période de 1977 à 1979,
- C. Les réalisations pendant la période de 1977 à 1979,
- D. Les travaux futurs envisagés de 1979 à 1983.

Les activités du BIPM qui sont directement liées aux activités du CCEMRI figurent dans la partie correspondante de ce rapport.

#### SECTION I - RAYONS X ET $\gamma$ , ÉLECTRONS

##### A. *Besoins en étalons*

Le besoin avéré et pérenne d'étalons de mesure de rayonnements ionisants existe dans trois domaines principaux : radiothérapie, radioprotection et applications industrielles. Si l'on s'exprime en termes de la grandeur dose absorbée, les

niveaux concernés varient selon les domaines d'application et doivent donc être étudiés séparément.

On se rappellera, d'après le Rapport présenté en 1977 à la 7<sup>e</sup> session du CCEMRI, que

- depuis de nombreuses années la grandeur de référence adoptée pour les faisceaux de photons (X et  $\gamma$ ) est l'exposition, les résultats des mesures étant exprimés avec une unité spéciale, le röntgen <sup>(1)</sup>,
- plus récemment, certains laboratoires ont mis au point des calorimètres pour mesurer la dose absorbée dans le graphite. Dans les deux cas, on a besoin de facteurs de conversion pour exprimer les résultats en termes de "dose absorbée dans l'eau", grandeur de référence appropriée pour la radiothérapie.

Par ailleurs, un problème pratique est apparu avec l'introduction du SI dans les mesures de rayonnement. Avec les anciennes unités spéciales pour l'exposition et la dose absorbée, respectivement le röntgen et le rad, il existait à peu près une équivalence numérique, ce qui n'est plus le cas avec les unités SI qui les remplacent, le coulomb par kilogramme et le joule par kilogramme (nom spécial : le gray). Les risques qui pourraient en résulter ont amené à proposer l'abandon de la grandeur exposition en faveur du kerma dans l'air, puisque cette dernière grandeur peut également être exprimée en joules par kilogramme ou en grays, unité qui intéresse l'utilisateur.

*B. Programme de travail prévu pour la période de 1977 à 1979, y compris les modifications faites ou proposées depuis 1977*

1. Le BIPM doit continuer à jouer un rôle central pour la comparaison des étalons primaires nationaux d'exposition et de dose absorbée, et les laboratoires nationaux sont encouragés à utiliser ses installations pour les mesures comparatives. Ces installations permettent de mesurer l'expo-

---

(1) On trouvera dans *Le Système International d'Unités* (BIPM, 3<sup>e</sup> édition, 1977), la position de la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) sur les unités SI d'exposition, de dose absorbée et des autres grandeurs de rayonnement, ainsi que sur l'emploi temporaire autorisé des anciennes unités en dehors du SI, telles que le röntgen et le rad. Les définitions des grandeurs et unités de rayonnement sont données dans *Radiation Quantities and Units*, International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) Report 19, 7910 Woodmont Avenue, Washington, D.C. 20014, USA, 1971.

sition pour les rayons X produits dans des conditions spécifiées entre 10 et 250 kV et pour les photons du  $^{60}\text{Co}$ , ainsi que la dose absorbée pour les photons du  $^{60}\text{Co}$  seulement, toutes ces mesures étant faites à des niveaux utilisés en radiothérapie.

2. A la 4<sup>e</sup> réunion de la Section I en mai 1977, il avait été jugé souhaitable de passer des étalons d'exposition aux étalons de kerma dans l'air ; les laboratoires nationaux et le BIPM étaient d'accord pour étudier la possibilité d'effectuer un tel changement. Etant donné l'urgence de prendre une décision, on avait organisé une réunion complémentaire en décembre 1977 dans le but de trouver une solution à ce problème et aux conséquences que le changement entraînerait dans l'emploi des unités dans les pays représentés dans la Section I.

3. Toutefois, à la réunion de décembre 1977, la Section I a décidé de maintenir les étalons d'exposition, de continuer à exprimer les étalonnages en termes d'exposition et, en cas de besoin, en termes de kerma dans l'air utilisant les facteurs de conversion appropriés. Par ailleurs, les laboratoires nationaux devaient explorer la possibilité d'utiliser des matériaux autres que l'air et des grandeurs autres que l'exposition et le kerma dans l'air. Parallèlement, on devait poursuivre l'étude d'étalons primaires de dose absorbée.

4. La Section I s'est aussi intéressée à l'expression des incertitudes, mais la question a été reprise par le CIPM entre les réunions de mai et décembre 1977.

#### C. Réalisations pendant la période de 1977 à 1979

Les principaux travaux accomplis depuis la dernière réunion du CCEMRI sont les suivants :

1. Comparaisons internationales. Les étalons d'exposition du BIPM ont été comparés à ceux du NPL<sup>(2)</sup> et de l'OMH dans le domaine d'énergie de 10 à 50 kV, et à ceux de l'ARL et de l'ISS dans le domaine d'énergie de 100 à 250 kV. Les étalons calorimétriques de dose absorbée de la PTB et du RIV ont été comparés à l'étalon ionométrique du BIPM dans le

---

(2) Les sigles des laboratoires sont expliqués dans l'Annexe D.

faisceau de  $^{60}\text{Co}$ . Par ailleurs, on a étalonné deux chambres de graphite du NIRP destinées à devenir les étalons suédois de dose absorbée dans le graphite. D'autres comparaisons en cours ailleurs, utilisant le rayonnement du  $^{60}\text{Co}$ , concernent les étalons de dose absorbée du NBS et du VNIIFTRI, et les systèmes d'étalonnage en termes de dose absorbée dans l'eau entre le NBS et le NRC. Enfin, des comparaisons de dose absorbée pour les rayonnements  $\beta$  sont en cours entre le NPL et la PTB.

Des modifications ont été apportées par la Section I aux conditions de mesures utilisées au BIPM lors de la comparaison de calorimètres.

2. Des exposés sur les sujets suivants ont été présentés à la 5<sup>e</sup> réunion de la Section I en mai 1979 :

- a) La question des grandeurs et des unités en relation avec leur dissémination à partir de l'étalon primaire jusqu'aux instruments utilisés en radiothérapie, et la nécessité de prendre des décisions en ce qui concerne les facteurs de conversion entre l'exposition, le kerma dans l'air et la dose absorbée dans des conditions de référence.
- b) L'exactitude requise et l'exactitude atteinte pour les mesures de rayonnement pour usage industriel, et la question de la participation éventuelle du BIPM dans ce domaine.

3. Plusieurs laboratoires ont rendu compte de leurs travaux concernant des mesures et des calculs intéressant directement le programme de la Section. Le BIPM a poursuivi ses travaux sur la détermination ionométrique de la dose absorbée dans le graphite, en particulier le calcul de la correction de perturbation. Une analyse des facteurs de conversion,  $C_E$  et  $C_\lambda$ <sup>(3)</sup>, permettant le passage de l'exposition à la dose absorbée dans l'eau a également été présentée. Un autre sujet qui a été abordé est celui du point effectif de mesure dans une chambre d'ionisation. Cette question nécessite des études plus approfondies.

---

(3)  $C_\lambda$  (ou  $C_E$ ) est le facteur de conversion utilisé pour passer de l'indication d'exposition apparente, donnée par une chambre d'ionisation étalonnée en exposition pour le rayonnement  $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$ , à la dose absorbée dans l'eau pour des photons (ou des électrons) de haute énergie.  $C_E$  et  $C_\lambda$  sont, par conséquent, fonction de l'énergie des électrons ou des photons, des caractéristiques physiques de la chambre d'ionisation et de sa position dans l'eau.

D. *Travaux futurs envisagés de 1979 à 1983*

Les discussions sur les grandeurs et unités à utiliser en radiothérapie, auxquelles on a déjà fait référence dans ce rapport, ont conduit à l'adoption de la Recommandation R(I)-1 lors de la réunion de mai 1979 (*voir plus loin*), et à la création de deux Groupes de travail chargés de faire des propositions dans ce domaine. On reconnaît que l'étalonnage en termes de dose absorbée dans l'eau est une nécessité fondamentale en radiothérapie, mais il est notoire que l'on ne connaît pas les facteurs dont on a besoin pour passer de l'exposition à la dose absorbée dans l'eau avec une exactitude comparable à l'exactitude des étalons primaires d'exposition. On a par conséquent créé un Groupe de travail chargé de fournir des valeurs numériques plus exactes pour les facteurs en question et d'étudier les conditions qu'il conviendrait de spécifier pour les étalonnages. Ce Groupe comprend des représentants des laboratoires et organismes suivants : NRC (président), ARL, BIPM, ETL, ICRU, IMM, LMRI, NBS, NIM, NIRP, NPL, OMH, PTB et RIV. Il a été convenu également que la Section étudierait d'autres méthodes d'étalonnage de la dose absorbée dans l'eau dans des conditions données.

Le deuxième Groupe de travail a été chargé d'étudier les facteurs de conversion dont on a besoin pour déduire la dose absorbée dans l'eau à partir de mesures calorimétriques dans le graphite, ce qui correspond à une autre façon de relier aux mesures primaires les mesures dont les utilisateurs ont besoin. Ce groupe comprend des représentants des laboratoires et organismes suivants : NBS (président), ARL, BIPM, ETL, ICRU, LMRI, NIRP, NPL, NRC, PTB et RIV.

Ces deux Groupes de travail présenteront un rapport à la prochaine réunion de la Section qui doit se tenir en 1981.

Plusieurs laboratoires envisagent de comparer leurs étalons d'exposition ou de dose absorbée à ceux du BIPM au cours des années à venir. En ce qui concerne le programme des comparaisons, il a été signalé qu'un certain nombre de laboratoires nationaux utilisent des systèmes de référence de dosimètres chimiques Fricke pour mesurer la dose absorbée. Ces dosimètres sont expédiés par voie postale ; ils sont irradiés dans le laboratoire de l'utilisateur puis renvoyés

au laboratoire d'origine pour contrôle par spectrophotométrie. Il a été décidé d'organiser une comparaison des systèmes de référence Fricke, toutes les irradiations étant faites au BIPM. La comparaison sera précédée de la circulation d'un matériau de référence étalon pour comparer le fonctionnement des spectrophotomètres utilisés pour mesurer la dose absorbée dans les laboratoires participants. Un Groupe de travail a été chargé d'organiser cette comparaison ; il comprend des représentants des laboratoires suivants : NPL (président), AIEA, ETL, LMRI, NBS, NIM, NIRP, NRC et PTB.

Au cours de la discussion concernant les mesures de rayonnement pour usage industriel, il est apparu clairement que l'exactitude que l'on peut atteindre est tout juste suffisante pour satisfaire les besoins. Une comparaison internationale de champs de rayonnement intense est donc souhaitable, mais auparavant il sera nécessaire de mettre au point un instrument de transfert adéquat pour effectuer une telle comparaison. Plusieurs laboratoires sont intéressés par une mise au point de tels instruments et la question sera reprise à la réunion de 1981. Il sera aussi nécessaire de disposer d'un centre pour les irradiations - qui pourrait être le BIPM - quand les comparaisons commenceront.

Le choix des grandeurs appropriées pour exprimer les résultats des mesures faites dans le domaine de la protection de l'environnement et du personnel est encore en cours de discussion dans les organismes internationaux concernés. Dans ces conditions, la Section attendra de connaître le résultat des discussions avant de prendre une décision concernant les comparaisons dans ce domaine.

L'emploi des unités spéciales röntgen, rad et rem a été abandonné en Suède dans le domaine médical en janvier 1979 et le sera dans les autres domaines avant 1984. Il cessera d'être autorisé dans les pays membres du Conseil d'Assistance Economique Mutuelle après le 1<sup>er</sup> janvier 1980 et dans ceux de la Communauté Economique Européenne après le 31 décembre 1985.

En conclusion, il convient d'attirer l'attention sur deux directions de l'évolution des travaux de cette Section. D'abord la création de Groupes de travail opérant entre les réunions, ce qui est nouveau pour la Section I ; on peut en attendre une avance plus rapide du programme de travail.

Ensuite, certaines questions qui ont été discutées concernent des mesures qui intéressent directement l'utilisateur plutôt que la comparaison d'étalons entre laboratoires nationaux. Ces deux actions visent à promouvoir l'uniformité mondiale des mesures de rayonnement dans ce domaine.

Recommandation du CCEMRI (Section I)  
présentée au Comité International des Poids et Mesures

Etalonnages en termes de dose absorbée dans l'eau

RECOMMANDATION R(I)-1 (1979)

*La Section I du Comité Consultatif pour les Etalons de Mesure des Rayonnements Ionisants,*

*considérant que les étalonnages en termes de dose absorbée dans l'eau sont d'une importance primordiale en radiothérapie,*

*et considérant qu'elle ne peut pas à l'heure actuelle recommander pour les facteurs de conversion, qui permettent de passer de l'exposition à la dose absorbée, des valeurs d'une précision comparable à celle des étalons d'exposition existants,*

*décide qu'au cours des deux prochaines années*

*1. Les membres de la Section doivent s'efforcer d'établir des valeurs numériques plus exactes pour ces facteurs de conversion et d'étudier d'autres méthodes permettant d'obtenir les facteurs d'étalonnage en termes de dose absorbée dans l'eau dans des conditions données ;*

*2. Les conditions dans lesquelles se feront les étalonnages doivent être étudiées.*

*Note.- Il ne découle pas de cette recommandation que la dose absorbée dans l'eau est la seule grandeur utile pour la dosimétrie des rayonnements photoniques. Dans certains cas, la fluence, l'exposition et le kerma peuvent être utiles.*

## SECTION II - MESURE DES RADIONUCLÉIDES

### A. Besoins en étalons

On utilise les radionucléides dans de nombreux procédés industriels, aussi bien que pour les techniques médicales (diagnostic et thérapie). Inévitablement, ils constituent aussi une partie importante des déchets en provenance des hôpitaux et des industries faisant appel à l'énergie nucléaire, en particulier les centrales nucléaires. La quantité totale des matériaux radioactifs utilisés est considérable mais, et c'est peut-être plus important, le nombre des radionucléides est aussi très élevé, et si l'on peut répartir ceux-ci en plusieurs classes selon leur schéma de désintégration, les techniques de mesure pour les différentes classes peuvent être très variées. De plus, il peut exister des problèmes chimiques spécifiques qui influencent la méthode de mesure. L'exactitude exigée est aussi très variée ; elle est en général relativement élevée pour les usages médicaux de la radioactivité, la mesure de débit de fluence de neutrons et des combustibles nucléaires ; elle est moins importante dans le cas des faibles niveaux d'activité rencontrés dans la protection de l'environnement.

### B. Programme de travail prévu pour la période de 1977 à 1979

Les principaux buts à atteindre pendant cette période étaient les suivants :

1. Poursuite des comparaisons internationales. Ces comparaisons ont évolué progressivement des radionucléides ayant un schéma de désintégration simple vers ceux qui ont des schémas de plus en plus complexes. Pour la période concernée, on avait prévu les comparaisons suivantes :  $^{134}\text{Cs}$  (émetteur  $\beta$ - $\gamma$  à schéma de désintégration complexe),  $^{137}\text{Cs}$  (émetteur  $\beta$  ayant un descendant isomère) et  $^{56}\text{Fe}$  (nucléide se désintégrant par capture électronique seulement), les deux dernières devant être des comparaisons restreintes.
2. Comparaison internationale de sources de référence de rayonnement gamma.
3. Développement du système international de référence de mesures d'activité d'émetteurs de rayonnement gamma.



C. Réalisations pendant la période de 1977 à 1979

1. Comparaisons internationales

Le rapport définitif sur la comparaison internationale de  $^{139}\text{Ce}$ , qui s'est déroulée en 1976, a été publié (Rapport BIPM-77/4) et une version abrégée a paru ailleurs<sup>(4)</sup>.

On a effectué une expérience de taux de comptage élevés utilisant le  $^{60}\text{Co}$  et un rapport sera publié dans lequel on compare avec les formules précédentes la nouvelle solution de D.R. Cox et V. Isham<sup>(5)</sup> pour les corrections de temps mort et de temps de résolution. Les résultats semblent indiquer qu'en métrologie des radionucléides on peut atteindre maintenant des taux de comptage de  $10^5 \text{ s}^{-1}$  ou plus, bien qu'il faille faire plus attention à la nature des temps morts imposés expérimentalement.

La comparaison de  $^{134}\text{Cs}$  s'est achevée avec succès ; 24 laboratoires y ont pris part. Le matériau radioactif a été fourni et purifié par l'AECL, tandis que le contrôle de la pureté, la mise en ampoules et la distribution ont été assurés par le LMRI. Bien que la plupart des résultats soient parvenus au BIPM, le rapport définitif n'est pas terminé. La répartition des résultats, étudiée de la même manière que pour les comparaisons précédentes de  $^{60}\text{Co}$  et de  $^{139}\text{Ce}$ <sup>(6,7)</sup>, fait apparaître un écart-type de 0,15 %. Le tableau I montre l'amélioration continue au cours des années ; on peut la

Tableau I

Radionucléide	Date de la comparaison	Ecart-type relatif (%)
$^{60}\text{Co}$	1967	0,31
$^{139}\text{Ce}$	1976	0,19
$^{134}\text{Cs}$	1978	0,15

(4) RYTZ (A.), International comparison of activity measurements of a solution of  $^{139}\text{Ce}$  (March 1976), *Nuclear Instruments and Methods*, 157, pp. 131-135 (1978) ; *Recueil de Travaux BIPM*, Vol. 6, 1977-78 (article 28).

(5) COX (D.R.) and ISHAM (V.), A bivariate point process connected with electronic counters, *Proc. Roy. Soc. London*, A 356, pp. 149-160 (1977).

(6) CAMPION (P.J.), The work of the BIPM Consultative Committee for Measurement Standards of Ionizing Radiations, Section II, *Nuclear Instruments and Methods*, 112, pp. 41-45 (1973).

(7) RYTZ (A.), Rapport du Comité Consultatif pour les Etalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (Section II, Mesure des radionucléides, 4<sup>e</sup> réunion) au Comité International des Poids et Mesures, 1977.

considérer comme un vrai succès, en particulier si l'on tient compte du fait que le schéma de désintégration du  $^{134}\text{Cs}$  est nettement plus complexe que celui des deux autres nucléides.

La comparaison de  $^{137}\text{Cs}$  constituait une expérience plus limitée et, sur les dix laboratoires qui y ont participé, huit seulement ont jusqu'à présent adressé leurs résultats au BIPM. Le NBS a fourni et distribué la solution de  $^{137}\text{Cs}$  qui avait la même composition chimique que la solution utilisée pour la comparaison de  $^{134}\text{Cs}$ , si bien que les laboratoires pouvaient utiliser ce deuxième isotope comme indicateur d'efficacité pour le premier. On doit attendre l'ensemble des résultats avant de pouvoir faire une analyse utile de la comparaison, mais ceux qui sont déjà connus font apparaître une dispersion d'environ 2 %.

Le matériau pour la comparaison de  $^{55}\text{Fe}$  a été fourni par le NAC ; le contrôle de pureté a été effectué au LMRI et à la PTB. La comparaison elle-même est achevée, mais on ne dispose pas encore de toutes les données. Les résultats provisoires de cinq laboratoires font apparaître une dispersion d'environ 5 %.

## 2. Sources de référence de rayonnement gamma

Les sources de radionucléides émettant un rayonnement  $\gamma$  deviennent importantes pour l'étalonnage de détecteurs à germanium-lithium et d'autres détecteurs pour lesquels il est souhaitable d'avoir des sources ponctuelles. En conséquence, la PTB a organisé au nom de la Section II une comparaison de sources de ce type. Huit laboratoires y ont participé et ont mesuré des sources de 17 radionucléides différents. La dispersion totale des résultats pour un radionucléide donné était d'environ 2 %, mais il faut encore analyser une quantité considérable de résultats. Ceux-ci seront publiés sous forme de rapport BIPM.

## 3. Système international de référence pour les émetteurs de rayonnement gamma

Au fur et à mesure que davantage de laboratoires contribuent à ce système, qui est basé sur une chambre d'ionisation et une source de radium conservées au BIPM, l'utilité de la méthode devient plus apparente. Par exemple, les résultats de la comparaison de  $^{134}\text{Cs}$  sont maintenant

"conservés" dans ce système et pourront être comparés à toute future comparaison de ce nucléide. Pour l'instant, 18 laboratoires nationaux ont contribué à l'introduction de 34 radionucléides dans le système.

#### 4. Activités diverses

La préparation des bibliographies constitue une partie importante des activités du Groupe de travail sur le "Principe de la méthode des coïncidences". La bibliographie sur les effets dus aux temps morts a été mise à jour avec environ 150 nouvelles références ; les projets de deux nouvelles bibliographies, l'une sur les effets d'empilement et l'autre sur le comptage par corrélation, ont été envoyés aux membres de la Section II. Des bibliographies de ce type sont extrêmement utiles, en particulier pour ceux qui abordent un domaine nouveau, et il a été convenu qu'elles devraient être publiées sous forme de rapports BIPM avec des résumés appropriés.

C'est avec satisfaction que l'on peut constater qu'il existe maintenant un accord nettement meilleur sur la définition de l'activité ; les membres de la Section II n'avaient qu'une modification à faire au tout dernier texte de l'ICRU.

La monographie sur le comptage par scintillateurs liquides avance. Sa publication s'est avérée une tâche considérable, mais on espère qu'elle paraîtra avant la prochaine réunion de la Section II.

L'annexe B donne la situation actuelle des monographies et autres publications qui avaient été projetées pour cette période dans le domaine de la mesure des radionucléides.

#### D. *Travaux futurs envisagés de 1979 à 1983*

Durant cette période, l'essentiel des efforts de la Section II portera sur la consolidation des récents progrès indiqués ailleurs dans ce rapport. Une tâche considérable, par exemple, consiste à analyser dans le détail les résultats de plusieurs comparaisons internationales qui ont eu lieu, ainsi qu'à préparer la publication des divers rapports et monographies. La monographie sur l'utilisation et le fonctionnement des chambres d'ionisation comme système de référence pour les radionucléides sera particulièrement impor-

tante. Le succès évident du système international de référence (SIR) en fait un sujet d'intérêt très actuel, d'autant plus que de nombreux laboratoires nationaux envisagent d'installer leur propre équipement.

Du fait que des comparaisons satisfaisantes sont faites au moyen du SIR, il s'ensuit qu'on a maintenant moins besoin de comparaisons internationales d'émetteurs  $\beta$ - $\gamma$ , sauf dans les cas où ce système révèle des anomalies. Il existe cependant des cas, tels que les radionucléides à capture électronique pure ou les émetteurs  $\beta$  ou  $\alpha$  purs, pour lesquels le SIR ne convient pas. Il faut donc considérer ces classes de radionucléides comme des candidats pour des comparaisons internationales futures. Un petit Groupe de travail a été créé pour étudier cette question dans le détail.

### SECTION III - MESURES NEUTRONIQUES

#### A. *Besoins en étalons*

On a besoin de mesures neutroniques exactes et cohérentes, et par conséquent d'étalons, pour le développement de l'énergie nucléaire, la protection du personnel contre les rayonnements, la thérapie du cancer par neutrons et diverses autres applications scientifiques et industrielles.

#### 1. Développement de l'énergie nucléaire

Des mesures neutroniques sont indispensables pour construire des réacteurs à fission, et à l'avenir des réacteurs à fusion, ainsi que pour assurer leur fonctionnement. Les sections efficaces neutroniques, composantes fondamentales entrant dans l'étude des réacteurs nucléaires, doivent être connues pour concevoir les éléments de combustible, le coeur, les blindages, l'appareillage et les systèmes de sécurité. Ces sections efficaces sont mesurées généralement par rapport à une section efficace neutronique de référence, telle que  $H(n,n)H$ ,  $^{10}B(n,\alpha)$  ou  $^{235}U(n,f)$ . Les sections efficaces de référence doivent être connues à 1 % près, de façon à fournir des "repères" pour les mesures comparatives. Une connaissance insuffisante de ces sections efficaces entraîne des dépenses supplémentaires, car il faut faire des essais onéreux pour mettre à l'épreuve les projets de réacteurs ; elle oblige aussi à prendre des marges de

sécurité plus grandes, ce qui entraîne un coût accru de la construction des usines et de l'énergie produite. Une meilleure capacité à mesurer le débit de fluence des neutrons est nécessaire pour améliorer les sections efficaces de référence. On a aussi besoin de mesures neutroniques, quelquefois d'exactitude élevée, pour faire des essais non destructifs avec des matériaux nucléaires spéciaux utilisés comme protection. On a besoin de mesures de fluence et de spectres neutroniques et de mesures de taux de fission dans l'environnement très hostile à l'intérieur des réacteurs nucléaires et pour s'assurer de la sécurité de la cuve sous pression du réacteur. Il est souvent nécessaire de faire des mesures d'exactitude raisonnable pour remplir les conditions de sécurité imposées par les gouvernements.

## 2. Protection du personnel contre les rayonnements

Dans le domaine de la radioprotection des travailleurs soumis à des rayonnements neutroniques, on a besoin d'améliorer les appareils de mesure individuels et les instruments de surveillance. Pour caractériser ces instruments, il faut les étalonner et déterminer leur réponse en fonction de l'énergie. Dans de nombreux pays, la loi exige que les instruments de protection du personnel soient étalonnés par le laboratoire national ou à l'aide d'une source certifiée par ce laboratoire. Pour la mise au point et l'étalonnage des instruments utilisés dans le domaine neutronique, on a besoin de faisceaux de neutrons étalonnés. Les faisceaux de neutrons monocinétiques provenant des faisceaux filtrés des réacteurs et des accélérateurs Van de Graaff, dont disposent maintenant certains laboratoires nationaux, sont particulièrement importants à cet égard.

## 3. Thérapie neutronique du cancer

La thérapie du cancer au moyen des neutrons peut présenter un avantage en radiobiologie sur la radiothérapie conventionnelle au moyen de rayons X, de rayons  $\gamma$  et d'électrons. Les résultats préliminaires des essais cliniques faits en Angleterre et aux Etats-Unis d'Amérique sont encourageants. Dix-sept installations de thérapie utilisant des neutrons rapides sont en service dans des hôpitaux et d'autres sont en projet. Pour développer convenablement la thérapie neutronique et en assurer le succès, on a besoin

d'étalons de dosimétrie neutronique (kerma ou dose absorbée). De nombreux laboratoires nationaux sont en train de mettre au point des programmes d'étalons de dosimétrie neutronique.

#### 4. Autres applications

Les mesures neutroniques sont importantes pour un certain nombre d'autres applications : recherche scientifique, étude des matériaux par diffraction neutronique, analyse par activation, radiographie, biologie et applications industrielles. Les grandeurs de rayonnement neutronique qui sont importantes pour ces applications sont la fluence, la dose absorbée, le kerma et les spectres d'énergie.

#### B. *Programme de travail prévu pour la période de 1977 à 1979*

##### 1. Comparaison internationale de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques

A la 3<sup>e</sup> réunion (1977) de la Section III, il avait été décidé d'achever la comparaison en 1977, puis de préparer un Rapport BIPM dont une version abrégée serait publiée dans la littérature scientifique.

##### 2. Installation au BIPM d'une source intense de neutrons de 14 MeV

La Section III du CCEMRI a recommandé en 1977 que soit installée au BIPM une source intense de neutrons de 14 MeV ayant un taux d'émission de  $10^{11} \text{ s}^{-1}$ , pour permettre la comparaison des étalons de dosimétrie utilisés en thérapie neutronique. Il a été reconnu qu'une telle installation, qui donnerait au BIPM un rôle de premier plan pour les étalonnages dans le domaine de la dosimétrie neutronique, demanderait plusieurs années.

##### 3. Comparaison internationale de mesures d'une source de neutrons de $^{252}\text{Cf}$

Etant donné.

a) la longue période (environ 15 ans) qui s'est écoulée depuis la comparaison internationale d'une source de neutrons Ra-Be( $\alpha, n$ ) organisée par le BIPM,

b) l'intérêt mondialement porté à  $\bar{\nu}$  (nombre moyen de neutrons émis par fission) pour le  $^{252}\text{Cf}$  et la dépendance

de la détermination de  $\bar{v}$  par rapport aux mesures faites par la méthode du bain de sulfate de manganèse qui sont très utilisées par les laboratoires nationaux pour les étalonnages de sources de neutrons,

a) le succès de la source de neutrons de  $^{252}\text{Cf}$  à fission spontanée comme étalon de rayonnement, et l'importance qui en découle pour les laboratoires nationaux d'être capables d'étalonner cette source avec exactitude,

la Section III du CCEMRI a proposé d'effectuer, au cours de la période de 1978 à 1979, une comparaison de mesures d'une source de neutrons de  $^{252}\text{Cf}$  ayant un taux d'émission d'environ  $10^7 \text{ s}^{-1}$ .

#### 4. Amélioration des instruments de transfert pour les comparaisons internationales de mesures de débit de fluence de neutrons rapides

En 1977, la Section III a décidé qu'il fallait faire progresser les techniques de mesure de débit de fluence neutronique et améliorer les instruments de transfert avant de se lancer dans une nouvelle comparaison internationale importante de mesures de débit de fluence de neutrons rapides. On avait, en conséquence, prévu pour la période de 1977 à 1979 la mise au point et les essais de plusieurs instruments de transfert, y compris une chambre à fission utilisable dans les comparaisons impliquant des accélérateurs linéaires aussi bien que des accélérateurs à tension constante, tels que les accélérateurs Van de Graaff.

#### *C. Réalisations pendant la période de 1977 à 1979*

##### 1. Comparaison internationale de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques

A la demande de la Section III du CCEMRI, le BIPM a organisé et effectué cette comparaison. Neuf laboratoires y ont pris part et les mesures ont été faites à cinq énergies de neutrons : 250 keV, 565 keV, 2,2 MeV, 2,5 MeV et 14,8 MeV. Le BIPM a participé à la comparaison à 2,5 et à 14,8 MeV. Les mesures expérimentales ont été achevées en février 1978. V.D. Huynh (BIPM), qui s'est personnellement rendu avec les instruments de transfert dans chaque laboratoire, a préparé le rapport final qui a été étudié par les participants avant

la réunion de la Section III de 1979. La Section a donné son accord sur la présentation des résultats et pense que le contenu et les conclusions du rapport sont susceptibles d'intéresser d'autres laboratoires. Par conséquent, elle a demandé que la version intégrale soit soumise à *Metrologia* pour publication, ce qui a été fait.

Le tableau II donne, pour chaque énergie de neutrons, les instruments de transfert utilisés et les laboratoires qui ont participé aux mesures.

Tableau II

*Récapitulation de la comparaison internationale de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques*

<u>Energie des neutrons</u>	<u>Instruments de transfert</u>	<u>Laboratoires participants</u>
250 keV	sphère de polyéthylène + compteur à BF <sub>3</sub>	NRC, CEN, BCMN, NPL, ETL, PTB, NBS
	compteur à <sup>3</sup> He	NRC, CEN, NPL, ETL, PTB, NBS
565 keV (en option)	sphère de polyéthylène + compteur à BF <sub>3</sub>	NRC, CEN, NPL, ETL, PTB, NBS
	compteur à <sup>3</sup> He	
2,2 MeV (en option)	sphère de polyéthylène	CEN, BCMN, NPL, PTB
	+ compteur à BF <sub>3</sub>	
2,5 MeV	sphère de polyéthylène	BIPM, NRC, CEN, BCMN, NPL, ETL, PTB, IMM
	+ compteur à BF <sub>3</sub>	
14,8 MeV	chambre à fission ( <sup>238</sup> U)	CEN, BCMN, NPL, ETL, BIPM, PTB, IMM
	feuilles de fer : réaction <sup>56</sup> Fe(n,p) <sup>56</sup> Mn	NPL, BCMN, IMM, ETL, BIPM

La sphère de polyéthylène avec le compteur à BF<sub>3</sub> était fournie par le BIPM, le compteur à <sup>3</sup>He par le NRC, la chambre à fission (<sup>238</sup>U) par le NBS et les feuilles de fer (<sup>56</sup>Fe(n,p)<sup>56</sup>Mn) par le NPL qui s'est chargé d'organiser la partie correspondante de la comparaison.



Voici les résultats essentiels de la comparaison. Il existe un assez bon accord entre les résultats (dispersion de l'ordre de 5 % ou moins), sauf pour ceux qui sont obtenus à 250 keV avec la sphère de polyéthylène (écart de 10 à 20 %). L'analyse des données a montré que l'on devrait utiliser une barre d'ombre pour la correction de neutrons diffusés, afin d'obtenir des résultats cohérents avec cet instrument de transfert. Même ainsi, la sphère de polyéthylène ne constitue pas un instrument de transfert très satisfaisant à cause de sa trop grande sensibilité aux neutrons diffusés. L'accord entre les laboratoires pour les autres énergies et les autres instruments de transfert est meilleur que certains ne l'espéraient. Toutefois, l'exactitude recherchée de 1 % pour les mesures de débit de fluence neutronique exigera d'autres études pour mettre au point les méthodes de mesure et les instruments de transfert.

## 2. Installation au BIPM d'une source intense de neutrons de 14 MeV

Cette proposition, faite à l'origine à la 3<sup>e</sup> réunion de la Section III du CCEMRI en 1977, a essentiellement pour but de permettre des comparaisons d'instruments de dosimétrie pour la thérapie par neutrons, mais il existe d'autres applications concernant, par exemple, les réacteurs nucléaires à fusion, l'étude des matériaux soumis à des irradiations intenses par neutrons et l'étalonnage de détecteurs. Au cours des années 1977 à 1979, le BIPM a effectué des études relatives au type d'accélérateur adéquat et aux différents éléments constituant la source, ainsi qu'à leur implantation. Ces études ont amené à recommander l'achat d'un générateur à haute tension, du type Sames TB8, de 300 kV, avec un accélérateur d'ions pressurisé et une source d'ions du type duoplasmatron de 8 mA. Le générateur de neutrons de 14 MeV serait installé dans l'actuel bâtiment des mesures neutroniques à l'endroit de l'actuelle salle de contrôle qu'il conviendrait de transformer. Le coût total, y compris les modifications du bâtiment, l'accélérateur et l'équipement expérimental nécessaire, est d'environ 1 400 000 francs français. La Section III a mis au point une proposition (avec recommandation) qui a été discutée et approuvée par le CCEMRI en juillet 1979 (voir plus loin la Recommandation R(III)-1 (1979)).

### 3. Comparaison internationale de mesures d'une source de neutrons de $^{252}\text{Cf}$

La comparaison de mesures d'une source ayant un taux d'émission de  $10^7 \text{ s}^{-1}$  est en cours. Elle se déroule avec un retard de quelques mois sur le programme prévu, qui est dû aux difficultés rencontrées dans la recherche d'un conteneur adéquat pour le transport de la source et aux formalités douanières qui sont assez compliquées dans le cas d'une source de neutrons transurannique. La source qui circule (référence SR-CF-144) a été fournie par le NBS ; elle avait au commencement de la comparaison un taux nominal d'émission d'environ  $4 \times 10^7 \text{ s}^{-1}$ . Dans cette comparaison, un soin tout particulier est apporté à l'étude des facteurs susceptibles d'influer sur les résultats. Le NPL a fourni une chambre d'ionisation pressurisée  $4\pi\gamma$  et une source de contrôle de radium pour vérifier la cohérence des mesures d'activité du bain de  $\text{MnSO}_4$ . Des analyses des solutions de  $\text{MnSO}_4$  sont faites par le BCMN, non seulement pour détecter les impuretés existant à l'état de traces mais également pour doser le  $(\text{NH}_3)_2\text{SO}_4$  et d'autres impuretés de teneurs plus importantes qui peuvent fausser les mesures de concentration en manganèse. Des mesures complémentaires de la solution de  $\text{MnSO}_4$  seront sans doute faites par le Khlopin Radium Institute, Leningrad. A ce jour, les mesures de comparaison ont été effectuées dans quatre laboratoires : NBS, BIPM, PTB et CNEN. Les autres participants sont : CEN, LMRI, ETL, NPL, IMM, KRI et ASMW. Ensuite, la source sera remesurée au NBS. E.J. Axton (NPL) a accepté de faire l'analyse de la comparaison.

Un certain intérêt a été manifesté pour la comparaison internationale de mesures d'une source très intense de  $^{252}\text{Cf}$  d'environ  $10^9 \text{ s}^{-1}$ . Une source fournie par le NBS circule entre trois laboratoires (PTB, NPL et NBS). L'analyse des résultats sera faite par W.G. Alberts (PTB).

### 4. Amélioration des instruments de transfert pour la comparaison de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques

Au cours des années 1977 à 1979, on a étudié les méthodes de transfert suivantes : télescope à proton de recul (PTB, NPL), spectromètre à stilbène (NRC), réaction  $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$  et réaction  $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116}\text{In}$  avec feuilles d'indium enveloppées

de cadmium (NPL), chambre à fission double  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$  (AERE) et réaction  $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$  (NPL).

L'idée adoptée est d'avoir deux instruments de transfert, l'un fondé sur une méthode d'activation et l'autre sur une méthode de comptage direct pour chacune des énergies : 0,144, 0,565, 2,5, 5,0 et 14,8 MeV. On a choisi comme méthode de comptage direct les deux chambres à fission (l'une avec  $^{235}\text{U}$  et l'autre avec  $^{238}\text{U}$ ) à cinq plaques, mises au point par D.B. Gayther (AERE) ; toutefois, on lui a demandé de fabriquer une chambre à fission similaire, à une seule plaque  $^{235}\text{U}/^{238}\text{U}$ , pour utilisation avec les accélérateurs Van de Graaff. On a retenu la réaction  $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$  comme méthode d'activation pour les trois énergies élevées et la réaction  $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116}\text{In}$  pour les deux énergies faibles. Le télescope à protons de recul et le spectromètre à stilbène n'ont pas été retenus car on ne prévoit pas de faire voyager un expert avec les instruments de transfert. Malgré son succès, la méthode utilisant la réaction  $^{56}\text{Fe}(n,p)^{56}\text{Mn}$  n'est pas jugée nécessaire, étant donné qu'on dispose déjà de méthodes fondées sur les réactions de l'indium.

*D. Travaux futurs envisagés de 1979 à 1983*

1. Installation au BIPM d'une source de neutrons d'énergie 14 MeV destinée à la dosimétrie neutronique

En supposant que le financement de cette installation sera acquis à l'automne de 1979, on prévoit deux ans pour modifier les bâtiments, acheter et installer l'accélérateur et préparer l'équipement expérimental nécessaire. Par conséquent, l'installation devrait permettre de commencer les mesures expérimentales à l'automne de 1981. Pendant la période de 1981 à 1983, on pourrait contrôler l'installation et organiser une comparaison préliminaire entre quelques laboratoires. A sa 4<sup>e</sup> réunion (1979), la Section III a décidé d'étudier en 1981 le problème de comparaisons internationales de kerma et de dose absorbée dans les tissus pour les neutrons.

2. Comparaisons internationales de mesures de sources de neutrons de  $^{252}\text{Cf}$

On prévoit d'achever la comparaison des mesures de la source de neutrons de  $^{252}\text{Cf}$  (taux nominal d'émission :

environ  $10^7 \text{ s}^{-1}$ ), d'en analyser les résultats et de les publier au cours de cette période. Il n'est pas clair actuellement si la comparaison de la source intense de neutrons de  $^{252}\text{Cf}$  ( $10^9 \text{ s}^{-1}$ ) se limitera à trois laboratoires (NBS, NPL et PTB) ou si on l'étendra à d'autres participants. De toute façon, la comparaison et l'analyse des résultats devraient être effectuées au cours de la période de 1979 à 1981.

### 3. Comparaison future de mesures de débit de fluence de neutrons rapides

Cette comparaison est la suite logique de la comparaison de mesures de débit de fluence de neutrons rapides qui a été couronnée de succès et qui est maintenant terminée. La nouvelle comparaison s'étendra à deux types importants de sources de neutrons, qui n'ont pas été inclus dans des comparaisons antérieures : accélérateurs linéaires et faisceaux filtrés provenant de réacteurs nucléaires (144 keV). Un résumé du projet, y compris les coordonnateurs chargés des instruments de transfert, est donné dans le tableau III.

Tableau III

*Projet de comparaison internationale de mesures  
de débit de fluence de neutrons rapides*

Energie de neutrons (MeV)	Méthodes utilisées			
	chambre à fission	$^{115}\text{In}(n,\gamma)$	$^{116}\text{In}$	$^{115}\text{In}(n,n')$ $^{115}\text{In}^m$
0,144	X	X		
0,565	X	X		
2,5	X			X
5,0	X			X
14,8	X			X
coordonnateur	AERE/NPL	NPL		BCMN

Vu le travail de préparation que doivent faire les coordonnateurs, on envisage de commencer la comparaison au printemps de 1980. Compte tenu du fait que certains des instruments de transfert présentent un caractère d'innovation, des comparaisons préliminaires restreintes seront probablement nécessaires avant que ne commence la comparaison à

grande échelle. Celle-ci devrait être en cours, ou peut-être même achevée, pendant la période concernée.

Recommandation du CCEMRI (Section III)  
présentée au Comité International des Poids et Mesures

Installation au BIPM d'une source de neutrons de 14 MeV pour  
dosimétrie neutronique

RECOMMANDATION R(III)-1 (1979)\*

*La Section III du Comité Consultatif pour les Etalons  
de Mesure des Rayonnements Ionisants,*

*considérant l'importance croissante de la dosimétrie  
neutronique pour les applications biologiques et cliniques,*

*et considérant que le Bureau International des Poids et  
Mesures doit rester le centre pour les comparaisons interna-  
tionales entre les laboratoires nationaux de métrologie,*

*recommande que le Comité International des Poids et  
Mesures approuve la proposition d'équiper le BIPM d'une  
source de neutrons d'énergie 14 MeV destinée à la dosimétrie  
neutronique.*

---

\* Cette Recommandation de la Section III (Mesures neutro-  
niques) a été adoptée sans modification par le CCEMRI.

10 juillet 1979 ;  
révisé en août 1979.

E. Ambler  
Président du CCEMRI

ANNEXE A

Résumé du programme de travail et des réalisations correspondantes

CCEMRI, 1977 à 1979

*Programme de travail envisagé*

*Réalisations*

SECTION I - Rayons X et  $\gamma$ , électrons

Extension des comparaisons d'étalons d'exposition à d'autres laboratoires nationaux et poursuite de comparaisons périodiques pour tous les laboratoires nationaux.

Comparaison à l'étalon du BIPM des étalons d'exposition du NPL, de l'OMH (dans le domaine d'exposition de 10 à 50 kV), et de l'ARL et de l'ISS (dans le domaine de 100 à 250 kV).

Extension à d'autres laboratoires nationaux de la comparaison des étalons calorimétriques de dose absorbée avec l'étalon ionométrique du BIPM et poursuite des études sur l'étalon du BIPM.

Comparaisons effectuées avec la PTB et le RIV. Poursuite de l'étude théorique de l'étalon ionométrique, en particulier calcul des facteurs de perturbation en fonction de la profondeur.

Mise en route de comparaisons d'étalons de dose absorbée entre laboratoires nationaux.

Utilisation d'instruments de transfert pour comparer les étalons de dose absorbée dans le graphite au NBS et au VNIIFTRI, et pour comparer les étalons de dose absorbée dans l'eau au NBS et au NRC.

Etude de grandeurs susceptibles de remplacer l'exposition et le kerma dans l'air pour l'étalonnage de faisceaux de photons.

Acceptation par la Section de propositions d'étalonnages en termes de dose absorbée dans l'eau.

SECTION II - Mesure des radionucléides

Achèvement des comparaisons internationales de  $^{139}\text{Ce}$ ,  $^{134}\text{Cs}$  et  $^{137}\text{Cs}$ .

Travail expérimental terminé. Rapport final de la comparaison de  $^{139}\text{Ce}$  publié. Rapports en préparation pour les comparaisons de  $^{134}\text{Cs}$  et  $^{137}\text{Cs}$ .

Achèvement des expériences sur les mesures de taux de comptage élevés.

Travail expérimental terminé. Rapport en préparation. Poursuite des études théoriques.

Comparaison restreinte de  $^{55}\text{Fe}$ .

Travail expérimental pratiquement terminé.

Comparaison internationale de sources de référence de rayonnement  $\gamma$ .

Travail expérimental terminé. Rapport en préparation.

Système international de référence.

Programme pérenne maintenant bien établi.

SECTION III - Mesures neutroniques

Achèvement de la comparaison de mesures de débit de fluence de neutrons rapides à cinq énergies (250 keV, 565 keV, 2,2 MeV, 2,5 MeV et 14,8 MeV).

Comparaison terminée, résultats analysés, rapport final soumis à *Metrologia* (BIPM).

Installation au BIPM d'une source intense de neutrons de 14 MeV.

Projet d'installation (BIPM), proposition de financement (CCEMRI).

Comparaison internationale de mesures de sources de neutrons de  $^{252}\text{Cf}$ .

Comparaison organisée avec source de  $10^7 \text{ s}^{-1}$ , à moitié effectuée (CCEMRI). Minicomparaison d'une source intense ( $10^9 \text{ s}^{-1}$ ) en cours.

Amélioration des instruments de transfert pour comparaisons internationales de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques.

Six méthodes étudiées. Méthodes choisies : chambres à fission ( $^{235}\text{U}$ ,  $^{238}\text{U}$ ), réactions  $^{115}\text{In}(n,n')$ ,  $^{115}\text{In}^m$  et  $^{115}\text{In}(n,\gamma)$ ,  $^{116}\text{In}$  (CCEMRI).

ANNEXE B

Rapport final de la Section II (Mesure des radionucléides)  
sur les projets de monographie et autres publications

<i>Groupes de travail</i>	<i>Rapports proposés</i>	<i>Situation</i>
1. Méthodes exactes pour la dilution et l'étalonnage des solutions radioactives.	Procedures for accurately diluting and dispensing radioactive solutions.	Terminé. Monographie BIPM-1.
2. Détection et mesure des impulsions secondaires.	The detection and estimation of spurious pulses.	Terminé. Monographie BIPM-2.
3. Possibilité de comptage par scintillateurs liquides.	Applicability of liquid scintillation counting to metrology.	Projet de monographie BIPM soumis à la Section II.
4. Principes de la méthode de comptage par coïncidences.	Cox and Isham, "A bivariate point process connected with electronic counters".  Smith, Williams and Woods, " <sup>60</sup> Co high count rate experiment".	<i>Proc. Roy. Soc.</i> , A 356, pp. 149-160 (1977).  Rapport BIPM-77/7.
5. Techniques de chambres d'ionisation 4πγ.	Report on precision ionometric method for the comparison of γ-ray emitters.	Projet de monographie.

ANNEXE C

Programme des travaux du Laboratoire des Rayonnements Ionisants du BIPM

*Progrès accomplis de 1975 à 1980*

*Programme prévu de 1981 à 1984*

SECTION I - Rayons X et γ, électrons

Comparaisons internationales d'étalons d'exposition (rayon X 10-50 kV, 100-250 kV, rayons γ du <sup>60</sup> Co).	Comparaisons internationales d'étalons d'exposition et de dose absorbée.
Mise en place d'une source de <sup>60</sup> Co de forte activité et détermination par la méthode ionométrique de la dose absorbée dans un fantôme de graphite.	Analyse critique des méthodes ionométrique et calorimétrique de détermination de la dose absorbée dans un fantôme de graphite irradié par un faisceau de photons ( <sup>60</sup> Co).
Comparaisons internationales d'étalons de dose absorbée (rayons γ du <sup>60</sup> Co).	Détermination de la dose absorbée dans un fantôme d'eau (comparaison de dosimètres chimiques).
Etudes théorique et expérimentale des facteurs correctifs applicables aux étalons BIPM d'exposition et de dose absorbée.	Collaboration avec groupe neutrons pour la détermination de la fraction de la dose absorbée due aux photons présents dans le faisceau de neutrons.
Mesures préliminaires en vue de la détermination de l'énergie d'ionisation dans les gaz.	Contribution à la détermination des facteurs $C_E$ et $C_\lambda$ .
Etudes théoriques sur la détermination du kerma dans les matériaux de référence.	Poursuite des mesures en vue de la détermination de l'énergie d'ionisation dans les gaz.

Acquisition automatique des données (courants d'ionisation, températures, pressions).

Recherches théoriques et expérimentales en vue de la détermination du kerma dans les matériaux de référence. Relation de ces résultats avec la distribution spectrale de débit de fluence de photons.

Etudes préliminaires sur la détermination de l'énergie massique par voie calorimétrique.

## SECTION II - Mesure des radionucléides

Organisation de trois comparaisons de radionucléides ( $^{139}\text{Ce}$ ,  $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ) ; participation à ces comparaisons et dépouillement des résultats.

Préparation et certification de sources solides minces et transportables.

Préparation et distribution de sources minces, étalonnées.

Organisation de comparaisons internationales de radionucléides avec les laboratoires nationaux.

Acquisition sur bande magnétique de données de mesures  $4\pi\beta\text{-}\gamma$  ; remplacement du détecteur  $\gamma$  de l'ensemble de comptage.

Etude des statistiques de comptage.

Etude de la mesure, par comptage  $4\pi\beta\text{-}\gamma$ , de radionucléides à état intermédiaire métastable (p. ex.  $^{85}\text{Sr}$ ) ; mesures de durée de vie.

Mesures de sources de  $^{60}\text{Co}$  à taux de comptage élevés. Participation à une comparaison organisée par le NPL.

Acquisition de données de mesures par chambre d'ionisation  $4\pi\gamma$  sur bande magnétique.

Recherches théoriques et expérimentales sur la méthode de coïncidence afin de déterminer des corrections plus sûres.

Etude d'autres radionucléides en vue de comparaisons futures ( $^{57}\text{Co}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{65}\text{Zn}$ , ...).

Etude de la présentation de l'incertitude d'une mesure expérimentale.

Etude d'autres méthodes de mesures d'activité.

Mise en oeuvre du système international de référence pour émetteurs  $\gamma$  (chambre d'ionisation  $4\pi\gamma$ ). Installation de l'équipement pour sceller les ampoules.

Mesures absolues de l'énergie des particules alpha émises par le  $^{243}\text{Am}$ .

Mesure absolue de l'énergie des particules alpha émises par le  $^{239}\text{Pu}$ . Modification de l'alimentation du spectromètre et de son refroidissement\*.

\* progrès accomplis avec une avance notable sur le programme prévu.

## SECTION III - Mesures neutroniques

Participation aux mesures comparatives internationales de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques.

Etude d'une source intense de neutrons de 14,8 MeV ( $10^{11} \text{ s}^{-1}$ ).

Mise en oeuvre d'un faisceau étalonné de neutrons de 14,7 MeV.

Poursuite et amélioration des mesures de débit de fluence de neutrons de 2,5 MeV et 14,7 MeV.

Mise au point de la méthode de circulation pour mesurer le taux d'émission de sources de neutrons du type ( $\gamma, n$ ).

Participation aux mesures comparatives internationales de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques.

Enregistrement sur bande magnétique de données de mesures pour le taux d'émission d'une source.

Etude et amélioration des instruments de transfert.

Participation aux mesures comparatives d'une source de  $^{252}\text{Cf}$ .

Certification de sources de neutrons (mesures par le bain de manganèse).



ANNEXE D

Liste des laboratoires et organisations cités dans ce rapport

AECL	Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River, Canada.
AERE	Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Royaume-Uni.
AIEA	Agence Internationale de l'Energie Atomique, Vienne, Autriche.
ARL	Australian Radiation Laboratory, Yallambie, Australie.
ASMW	Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, Berlin, Rép. Dém. Allemande.
BCMN	Bureau Central de Mesures Nucléaires, Euratom, Geel, Belgique.
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, France.
CEN	Centre d'Etudes Nucléaires, Cadarache, France.
CNEN	Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, CSN Casaccia, Rome, Italie.
ETL	Electrotechnical Laboratory, Tokyo, Japon.
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, D.C., Etats-Unis d'Amérique.
IMM	Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Leningrad, U.R.S.S.
ISS	Istituto Superiore di Sanita, Rome, Italie.
KRI	V.G. Khlopin Radium Institute, Leningrad, U.R.S.S.
LMRI	Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants, Saclay, France.
NAC	National Accelerator Centre, Pretoria, Afrique du Sud.
NBS	National Bureau of Standards, Washington, D.C., Etats-Unis d'Amérique.
NIM	National Institute of Metrology, Beijing, Rép. Pop. de Chine.
NIRP	National Institute for Radiation Protection, Stockholm, Suède.
NPL	National Physical Laboratory, Teddington, Royaume-Uni.
NRC	National Research Council, Ottawa, Canada.
OMH	Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest, Hongrie.
PKNM	Polski Komitet Normalizacji i Miar, Varsovie, Pologne.
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Rép. Féd. d'Allemagne.
RIV	Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Bilthoven, Pays-Bas.
VNIIFTRI	All-Union Scientific Research Institute for Physico-Technical and Radio-Technical Measurements, Moscou, U.R.S.S.



## INDEX

- Balances Rueprecht, révision, 33  
essais d'asservissement, 33  
Base géodésique, 27  
Bâtiments  
dépendances, 23  
Grand Pavillon (appartement du directeur ; locaux en sous-sol), 23  
Petit Pavillon (appartement des stagiaires ; atelier de mécanique ; régulation sur chaudière ; canalisations souterraines), 23  
Bibliothèque, 69  
Budget 1980, 20
- Certificats, Notes d'étude, 70  
Comités Consultatifs  
Définition du Mètre, 3 ; rapport 6<sup>e</sup> session, M 1  
Définition de la Seconde, 9  
Électricité, 11  
Photométrie et Radiométrie, 10  
Rayonnements Ionisants, 5 ; rapport, R 1  
Section I, 5, R 3  
Section II, 5, R 10  
Section III, 5, R 14  
réunions futures, 11  
Thermométrie, 10  
Unités, 8
- Comité International  
bureau du, 3 ; élection du, 22  
composition, VII  
démission (B. M. Issaev), 2  
élections (V. I. Kiparenko, Wang Daheng), 1, 2  
rapport du Secrétaire, 2  
renouvellement, 21
- Comparaisons internationales  
débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques, 62, R 17, R 22  
étalons  
dose absorbée, 49  
électriques  $\Omega$ , 43 ; V, 44  
exposition, 46-48  
à traits, 25, M 9, M 15  
lasers, 28, 31  
radionucléides ( $^{134}\text{Cs}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{55}\text{Fe}$ ), 53, R 11  
récepteurs  $V(\lambda)$ , 46  
taux d'émission source de  $^{252}\text{Cf}$ , 62  
Comparateur photoélectrique et interférentiel, 24
- Comptes, 3, 80  
CGPM (16<sup>e</sup>), préparation, 13
- Définition du mètre  
Comité Consultatif, 3 ; rapport 6<sup>e</sup> session, M 1  
proposition de changement de la, 4, M 10, M 16  
Dépôt des prototypes métriques, visite, 19  
Documentation, 74  
Dotation du BIPM, 13
- Échelle Internationale Pratique de Température (*voir* Thermométrie)  
Échelles de temps (*voir* Temps)  
Électricité, 43  
coefficient de  $p$  (étalons de résistance, thermomètres étalons et sondes en Pt), 44  
comparaisons de représentations nationales de  $\Omega$ , 43 et V, 44  
installations pour comparaison d'étalons de résistance, 43  
piles étalons, conservation, 45  
unité de f.é.m., conservation au BIPM, 45  
Électrons, mesure de  $W$ , préparation, 51  
Enquêtes du BIPM, 12  
Étalons  
d'angle, M 10  
électriques (*voir* Électricité)  
longueur  
à bouts, 26, M 9  
à traits, 25 ; comparaisons internationales, 25, M 9, M 15  
masse, polissage des, 33
- Gravimétrie (gravimètre absolu transportable), 38  
Groupes de travail  
grandeurs aux radiofréquences, 11  
masses, 34  
pressions, 42
- Interférométrie, 27  
Invar géodésique, 27
- Kilogrammes prototypes  
N° 12 (URSS), N° 17 (France), 33  
nettoyage et lavage, effet du, 33  
polissage, 33

- Lasers, 27  
asservissement, progrès, M 3  
asservis sur  $I_2$ , 27, 30; sur « Lamb-dip », 31 ;  
sur  $CH_4$ , 31  
comparaisons de  $\lambda$ , 32  
mesures de  $f$  et  $\lambda$ , M 5
- Longueurs, 24
- Manométrie, 42 (*voir aussi Pressions*)
- Masses, 33  
proposition de création d'un Comité  
Consultatif, 12
- Mesures neutroniques, 62, R 14  
débit de fluence de neutrons rapides  
monocinétiques, comparaisons interna-  
tionales, 62  
source de neutrons de 14,68 MeV, 65  
source de neutrons de 14 MeV pour  
dosimétrie, projet d'installation au  
BIPM, 5, R 19, R 21, R 23  
taux d'émission d'une source de  $^{252}Cf$ ,  
comparaison internationale : solution de  
 $MnSO_4$ , 62; mesure d'activité à satura-  
tion, 63; étalonnage du détecteur, 64
- Mètre  
proposition pour nouvelle définition, 4,  
M 10, M 16  
prototype M 20 (URSS), 25  
*Metrologia*, 21
- Neutrons (*voir Mesures neutroniques*)  
Notice historique, V
- Organismes internationaux et nationaux,  
travaux en liaison avec, 74
- Photométrie, 46
- Personnel du BIPM  
liste du, IX  
nomination, 23  
recrutement, considérations sur, 14  
voyages, visites, conférences et exposés, 74
- Polissage des étalons de masse, 33
- Pression  
instrument de transfert de, (point triple Ar),  
42  
réunion sur les mesures de, 3, 42
- Proposition de l'Espagne à la CGPM, 16
- Publications  
du BIPM, 21, 67  
extérieures, 67  
rapports internes, 68
- Questions administratives, 19
- Radionucléides, 53, R 10  
activité, comparaisons internationales de  
mesures d', 53; mesures relatives avec la  
chambre d'ionisation à puits, 54  
ensemble de comptage par coïncidences  
 $4\pi\beta(CP)-\gamma$ , 53  
sensibilité de la chambre d'ionisation à  
puits, 56  
solution de  $^{56}Mn$ , dosage, 54  
système international de référence pour  
émetteurs  $\gamma$ , 56
- Rayons X,  $\gamma$  et électrons, 46, R 3
- Rayons X  
étalons d'exposition, comparaisons, 46;  
diaphragmes, 47; coefficient d'atténua-  
tion de l'air, 48
- Rayonnement  $\gamma$   $^{60}Co$ , 49  
dose absorbée dans le graphite, 49, dans  
l'eau, 51; comparaison d'étalons, 49  
enregistrement automatique de données, 49
- Récepteurs  $V(\lambda)$ , comparaisons interna-  
tionales, 46
- Recommandations  
CC Définition du Mètre, M 15  
CC Rayonnements Ionisants : Section I,  
R 5; Section III, R 23
- Spectrométrie  $\alpha$ , 61  
mesures d'énergie de particules  $\alpha$ , 61  
valeurs recommandées d'énergie et d'inten-  
sité, 62
- Statistiques de comptage, 57  
ajustements simultanés, 59  
décroissance, influence sur la loi de Poisson,  
57
- Système International d'Unités, 74
- Temps  
atomique international (TAI), 9, 36; exacti-  
tude, 37  
liaison horaire par satellite, 37
- Thermométrie, 39  
EIPT-68, travaux en relation avec (points  
triples Ar,  $CH_4$ ,  $H_2O$ ), 40  
températures thermodynamiques par pyro-  
métrie infrarouge, 41
- Travaux du BIPM, exposé sur, 16
- Visites et stages au BIPM, 77  
Voyages, visites, conférences et exposés du  
personnel, 74
- W, préparation de la mesure, 51

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

### COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

68<sup>e</sup> Session (Octobre 1979)

---

	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, 4-12 octobre 1979</b> .....	<b>1</b>
Ouverture de la session : bienvenue aux deux nouveaux membres et aux invités ; excuses et nouvelles des membres absents ; rappel des conditions de travail du CIPM ; déclaration du nouveau membre Mr Wang Daheng .....	1
<i>Rapport du Secrétaire du CIPM</i> (Membres du CIPM : décès de E. Djakov ; démission de B.M. Issaev ; élections de Wang Daheng et V.I. Kiparenko. Réunions de Comités Consultatifs et du bureau du CIPM. Indications financières) .....	2
<i>Comités Consultatifs</i> (Rapports et activités) .....	3
<i>Définition du Mètre</i> (6 <sup>e</sup> session) (Comparaison internationale circulaire de deux règles divisées. Progrès dans le domaine des lasers. Future définition du mètre et recommandation) .....	3
<i>Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants</i> (avril-juillet 1979) (Présentation du rapport du président du CCEMRI sur les activités de ce Comité Consultatif et de ses trois Sections : Rayons X et $\gamma$ , électrons ; Mesure des radionucléides ; Mesures neutroniques) .....	5
Examen de la proposition d'installer au BIPM une source de neutrons de 14 MeV .....	5
<i>Unités</i> (Proposition de l'URSS au sujet des dates limites d'utilisation des unités en dehors du SI admises temporairement) .....	8
<i>Définition de la Seconde</i> (Étude de certains problèmes par un groupe de travail ; établissement du TAI) .....	9
<i>Photométrie et radiométrie</i> (Au sujet de la nouvelle définition de la candela) .....	10
<i>Thermométrie</i> (Le CCT concentre son activité sur le remplacement de l'EIPT-68) .....	10
<i>Électricité</i> (Situation actuelle pour la conservation et la dissémination du volt et de l'ohm. Comparaisons internationales dans le domaine des grandeurs aux radiofréquences) .....	11
Réunions futures des Comités Consultatifs .....	11

<i>Enquêtes du BIPM et Groupes de travail</i> (Masses, pressions, forces; formule pour la détermination de la masse volumique de l'air humide. Création en 1980 d'un Comité Consultatif pour les masses) .....	12
Programme des séances de la 16 <sup>e</sup> CGPM .....	13
Présentation des rapports des présidents des Comités Consultatifs .....	13
Dotation du BIPM pour 1981-1984 (Discussion sur la proposition soumise à la 16 <sup>e</sup> CGPM; incidence de la modification du coefficient ONU pour la Rép. Pop. de Chine. Échange de vues sur le recrutement de personnel permanent ou temporaire. Groupe de travail à proposer à la 16 <sup>e</sup> CGPM) .....	13
Proposition de l'Espagne à la 16 <sup>e</sup> CGPM (Cette proposition, qui concerne la Convention du Mètre et son Règlement annexé, devrait être étudiée par un groupe de travail à créer par la CGPM) .....	16
Travaux du BIPM (Exposé sur les principales activités scientifiques décrites dans le rapport du directeur) .....	16
Visite du dépôt des Prototypes métriques .....	19
<i>Questions administratives</i> : Clôture de l'exercice 1978. Exercice 1979 en cours (Commentaires sur le recrutement de personnel; stagiaire; utilisation des monnaies non convertibles; remarques sur les réserves financières du BIPM). Adoption du budget pour 1980 .....	19
<i>Questions diverses</i>	
— Renouvellement par moitié du CIPM par la 16 <sup>e</sup> CGPM (Désignation des membres sortants) .....	21
— Publications du BIPM (Nouvelles dispositions adoptées pour la publication des documents présentés aux sessions des Comités Consultatifs; publication possible dans <i>Metrologia</i> ) .....	21
— Revue <i>Metrologia</i> (Prise en charge par le BIPM de la rédaction de cette revue) .....	21
Élection du bureau du CIPM qui comprend désormais deux vice-présidents .....	22
<b>Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau International des Poids et Mesures</b> (septembre 1978-septembre 1979) .....	23
I. PERSONNEL. — Nomination (C. Gilbert) .....	23
II. BÂTIMENTS. — Observatoire (Régulation thermique et d'humidité salle 103; bibliothèque dans les combles). Petit Pavillon (Appartement des stagiaires et atelier de mécanique; chauffage). Grand Pavillon (Appartement du directeur; aménagement de locaux en sous-sol). Dépendances .....	23
III. INSTRUMENTS ET TRAVAUX .....	24
Remarques générales .....	24
<i>Longueurs</i> . — Comparateur photoélectrique et interférentiel (Recherche d'une cause d'erreur systématique) .....	24
Étalons à traits (Comparaisons internationales de mesure de deux règles divisées. Mètre prototype VIL-100 (M20) [URSS]. Étude des règles divisées N <sup>os</sup> 5729 et 7316 [Chine], 4399 et 12929 [Suisse], 14584 [Brésil]) .....	25
Étalons à bouts (Calibres [Chine et Suisse]; étalons de forme cylindrique [États-Unis]) .....	26
Base géodésique (Étude de fils et rubans; invar géodésique) .....	27
<i>Interférométrie</i> . — Lasers : généralités .....	27
Lasers asservis sur l'absorption saturée de l'iode 127 ( $\lambda = 633$ nm) (Améliorations; reproductibilité; stabilité. Comparaisons avec l'IMM [URSS] et le NBS [États-Unis]) ..	27
Lasers asservis sur l'absorption saturée de l'iode 127 ( $\lambda = 612$ nm) (Caractéristiques. Comparaison avec le LHA [France]) .....	30
Étalonnage de lasers asservis sur le « Lamb-dip » .....	31

Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée du méthane ( $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$ ) (Généralités. Comparaison avec l'IMPR [URSS]) . . . . .	31
Comparaison de longueurs d'onde de lasers . . . . .	32
<i>Masses.</i> — Kilogrammes prototypes (Détermination de la masse des N <sup>os</sup> 12 [URSS] et 17 [France]; effet du nettoyage-lavage) . . . . .	33
Balances Ruedprecht (Révision des balances de portée 20 et 50 g. Essais d'asservissement sur la balance de portée 1 kg) . . . . .	33
Polissage des étalons de masse (Suite des essais sur l'acier inoxydable et le platine iridié)	33
Études courantes et divers . . . . .	34
Suite donnée à la réunion internationale (1976) sur les masses (Groupes de travail)	34
Enquête sur les mesures de force (Envoi d'un questionnaire) . . . . .	36
<i>Échelles de temps.</i> — Temps Atomique International (TAI) (Établissement; exactitude). Liaison horaire par satellite . . . . .	36
<i>Gravimétrie.</i> — Gravimètre absolu transportable (Résultats; étude d'un second prototype)	38
<i>Thermométrie.</i> — Échelle Internationale Pratique de Température (Points triples de Ar et CH <sub>4</sub> obtenus dans des cellules scellées. Comparaison de cellules à point triple de l'eau. Thermocouples et thermomètres à résistance pour hautes températures) . . . . .	39
Températures thermodynamiques (Projet de pyrométrie infrarouge) . . . . .	41
Études courantes . . . . .	42
<i>Manométrie.</i> — Instrument de transfert de pression (Étude du point triple de Ar comme point fixe de pression) . . . . .	42
Réunion internationale sur la mesure des pressions (Constitution de quatre Groupes de travail) . . . . .	42
Études courantes . . . . .	42
<i>Électricité.</i> — Comparaisons de représentations nationales de l'ohm (Rattachement de $\Omega_{\text{ASMW}}$ , $\Omega_{\text{PTB}}$ , $\Omega_{\text{NIM}}$ à $\Omega_{69\text{-BI}}$ ) . . . . .	43
Installations pour la comparaison des étalons de résistance . . . . .	43
Détermination du coefficient de pression d'étalons de résistance . . . . .	44
Dispositif pour la détermination du coefficient de pression des thermomètres . . . . .	44
Comparaisons de représentations nationales du volt (Rattachement de $V_{\text{ASMW}}$ , $V_{\text{NIM}}$ à $V_{76\text{-BI}}$ ) . . . . .	44
Conservation de l'unité de force électromotrice par l'effet Josephson . . . . .	45
Enceintes pour la conservation des piles . . . . .	45
Équipement. Études courantes . . . . .	45
<i>Photométrie.</i> — Comparaison internationale de récepteurs $V(\lambda)$ . . . . .	46
Installations de mesure. Études courantes . . . . .	46
<i>Rayons X et <math>\gamma</math>, électrons.</i> — Rayons X de faible énergie (Comparaison entre les étalons d'exposition du NPL, de l'OMH et du BIPM; comparaison des déterminations du coefficient d'atténuation de l'air entre le BIPM et le NPL) . . . . .	46
Rayon X d'énergie moyenne (Comparaison entre les étalons d'exposition de l'ISS, de l'ARL et du BIPM) . . . . .	48
Rayonnement $\gamma$ du <sup>60</sup> Co : Enregistrement automatique de données . . . . .	49
Mesure de la dose absorbée dans le graphite (Variation de la dose absorbée avec la profondeur dans le fantôme; comparaisons internationales) . . . . .	49
Détermination de la dose absorbée dans l'eau . . . . .	51
Électrons : Préparation de la mesure de $W$ . . . . .	51
<i>Radionucléides.</i> — Étalonnage de sources radioactives . . . . .	53
Comparaisons internationales de mesures d'activité ( <sup>134</sup> Cs, <sup>137</sup> Cs, <sup>55</sup> Fe) . . . . .	53
Mesures avec l'ensemble de comptage par coïncidences $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$ (Mesures de sources de référence. Dosage du <sup>56</sup> Mn. Mesure du temps mort. Étude sur des compteurs proportionnels) . . . . .	53

Mesures relatives d'activité au moyen d'une chambre d'ionisation à puits pressurisée (Reproductibilité des résultats ; sources de référence. Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons $\gamma$ . Courbe de sensibilité de la chambre d'ionisation) . . . . .	54
Statistiques de comptage . . . . .	57
Influence de la décroissance sur la loi de Poisson . . . . .	57
Ajustements simultanés . . . . .	59
Autres travaux . . . . .	61
Spectrométrie $\alpha$ : Amélioration des installations. Mesures d'énergie de particules $\alpha$ . Valeurs recommandées d'énergie et d'intensité de rayonnements $\alpha$ . . . . .	61
<i>Mesures neutroniques.</i> — Comparaison internationale des mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques (Publication du rapport) . . . . .	62
Comparaison internationale des mesures du taux d'émission d'une source de $^{252}\text{Cf}$ (Préparation d'une nouvelle solution de $\text{MnSO}_4$ . Mesure de l'activité à saturation de cette solution. Constante d'étalonnage du détecteur) . . . . .	62
Source de neutrons de 14,68 MeV du BIPM (Détermination de la contribution des particules chargées parasites) . . . . .	65
Publications du BIPM . . . . .	67
Publications extérieures . . . . .	67
Rapports internes . . . . .	68
Bibliothèque (Réorganisation ; aménagement d'une salle de lecture dans les sous-sols du Grand Pavillon) . . . . .	69
Certificats et Notes d'étude . . . . .	70
IV. ACTIVITÉS ET RELATIONS EXTÉRIEURES . . . . .	74
Documentation ; Système International d'Unités . . . . .	74
Travaux en liaison avec des organismes internationaux et nationaux . . . . .	74
Voyages, visites, conférences, exposés du personnel . . . . .	74
Visites et stages au BIPM . . . . .	77
V. COMPTES . . . . .	80
<b>Rapport du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (6<sup>e</sup> session-1979) au CIPM, par W.R.C. Rowley . . . . .</b>	<b>M1</b>
<b>Rapport du président du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants au CIPM (Août 1979), par E. Ambler . . . . .</b>	<b>R1</b>
INDEX . . . . .	XI