BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Procès-verbaux de la
73e session — 1984

TOME 52

Édité par le BIPM, Pavillon de Breteuil, F-92310 Sèvres, France

ISBN 92-822-2090-7

NOTICE SUR LES ORGANES DE LA CONVENTION DU MÈTRE

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

Le Bureau International a son siège près de Paris, dans le domaine (43 520 m^2) 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 ([1]).

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

— d'établir les étalons fondamentaux et les échelles des principales grandeurs physiques et de conserver les prototypes internationaux ;

— d'effectuer la comparaison des étalons nationaux et internationaux ;

— d'assurer la coordination des techniques de mesure correspondantes ;

— d'effectuer et de coordonner les déterminations relatives aux constantes physiques qui interviennent dans les activités ci-dessus.

Le Bureau International fonctionne sous la surveillance exclusive du Comité International des Poids et Mesures (CIPM), placé lui-même sous l'autorité de la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM).

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

— de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour assurer la propagation et le perfectionnement du Système International d'Unités (SI), forme moderne du Système Métrique ;

— de sanctionner les résultats des nouvelles déterminations métrologiques fondamentales et d'adopter les diverses résolutions scientifiques de portée internationale ;

— d'adopter les décisions importantes concernant l'organisation et le développement du Bureau International.

— Le Comité International est composé de dix-huit membres appartenant à des États différents ; il se réunit actuellement tous les ans. Le bureau de ce Comité adresse aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre un rapport annuel sur la situation administrative et financière du Bureau International.

Limitées à l'origine aux mesures de longueur et de masse et aux études métrologiques en relation avec ces grandeurs, les activités du Bureau International ont été étendues aux étalons de mesure électriques (1927), photométriques (1937) et des rayonnements ionisants (1960). Dans ce but, un agrandissement des premiers laboratoires construits en 1876-1878 a eu lieu en 1929 et deux nouveaux bâtiments ont été construits en 1963-1964 pour les laboratoires de la Section des rayonnements ionisants.

([1]) Au 31 décembre 1984, quarante-six États sont membres de cette Convention : Afrique du Sud, Allemagne (Rép. Fédérale d'), Allemande (Rép. Démocratique), Amérique (É.-U. d'), Argentine (Rép.), Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Bulgarie, Cameroun, Canada, Chili, Chine (Rép. Pop. de), Corée (Rép. de), Corée (Rép. Pop. Dém. de), Danemark, Dominicaine (Rép.), Égypte, Espagne, Finlande, France, Hongrie, Inde, Indonésie, Iran, Irlande, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pakistan, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Thaïlande, Turquie, U.R.S.S., Uruguay, Venezuela, Yougoslavie.

Une trentaine de physiciens ou techniciens travaillent dans les laboratoires du Bureau International. Ils y font principalement des recherches métrologiques, des comparaisons internationales des réalisations des unités et des vérifications d'étalons dans les domaines mentionnés ci-dessus. Ces travaux font l'objet d'un rapport annuel détaillé qui est publié avec les procès-verbaux des séances du Comité International. La dotation annuelle du Bureau International est de l'ordre de 12 058 000 francs-or (en 1984), soit environ 21 880 000 francs français.

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

1. Le Comité Consultatif d'Électricité (CCE), crée 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 γ, électrons), Section II (Mesure des radionucléides), Section III (Mesures neutroniques), Section IV (Étalons d'énergie α) ; cette dernière Section a été dissoute en 1975, son domaine d'activité étant confié à la Section II.
7. Le Comité Consultatif des Unités (CCU), créé en 1964 (ce Comité Consultatif a remplacé la « Commission du Système d'Unités » instituée par le CIPM en 1954).
8. Le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM), créé en 1980.

Les travaux de la Conférence Générale, du Comité International, des Comités Consultatifs et du Bureau International sont publiés par les soins de ce dernier dans les collections suivantes :

— *Comptes rendus des séances de la Conférence Générale des Poids et Mesures ;*
— *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures ;*
— *Sessions des Comités Consultatifs ;*
— *Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures* (ce Recueil hors commerce rassemble les articles publiés dans des revues et ouvrages scientifiques et techniques, ainsi que certains travaux publiés sous forme de rapports multicopiés).

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

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

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

LISTE DES MEMBRES

DU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

au 18 octobre 1984

Président

1. D. KIND, Président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 3300 Braunschweig (Rép. Féd. d'Allemagne).

Secrétaire

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

Membres

3. E. AMBLER, Directeur du National Bureau of Standards, Gaithersburg, M. D. 20899 (É.-U. d'Amérique).
4. W. R. BLEVIN, Directeur Adjoint de la Division de Physique Appliquée, CSIRO, P. O. Box 218, Bradfield Road, Lindfield NSW 2070 (Australie).
5. A. BRAY, Directeur de l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Strada delle Cacce 73, 10137 Torino (Italie).
6. H. H. JENSEN, Professeur, H. C. Œrsted Instituttet, Universitetets Fysiske Laboratorium 1, Universitetsparken 5, 2100 København Ø. *Secrétaire-Adjoint.*
7. M. KAWATA, Président, Agency of Industrial Science and Technology, 3-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100.
8. V. I. KIPARENKO, Vice-Président du Comité d'État de l'U.R.S.S. pour les Normes, Leninski prosp. 9 *b*, 117049 Moscou.
9. A. PERLSTAIN, Ancien Directeur de l'Office Fédéral de Métrologie, Lindenweg 24, 3084 Wabern (Suisse).

10. T. PLEBANSKI, Directeur, Centre de recherche et de développement des matériaux de référence « WZORMAT », Ul. Elektoralna 2, 00-139 Varsovie.
11. H. PRESTON-THOMAS, Directeur Associé de la Division de Physique du Conseil National de Recherches, Ottawa K1A OS1. *Vice-président.*
12. K. SIEGBAHN, Directeur de l'Institut de Physique, Box 530, 75121 Uppsala 1 (Suède).
13. J. SKÁKALA, Professeur, Université technique de Bratislava, Katedra automatizácie a regulácie SVŠT, Gottwaldovo nám. č. 17, 880 31 Bratislava (Tchécoslovaquie). *Vice-président.*
14. R. STEINBERG, Chef du Département de Physique et Métrologie, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 1101 Buenos Aires.
15. WANG DAHENG, Directeur de l'Institut d'Optique et de Mécanique de Précision, Chanchun (Rép. Pop. de Chine).
16. ...
17. ...
18. ...

Membres honoraires

1. L. M. BRANSCOMB, Old Orchard Road, Armonk, N. Y. 10504.
2. L. DE BROGLIE, de l'Académie Française, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, 94, rue Perronet, 92200 Neuilly-sur-Seine.
3. J. V. DUNWORTH, The Warbuck, Kirk Michael, Isle of Man.
4. L. E. HOWLETT, 1702-71 Somerset Street W, Ottawa, Ontario K2P 2G2.
5. M. KERSTEN, Knappstrasse 8, 3300 Braunschweig.
6. F. J. LEHANY, 5 Gladstone Avenue, Hunters Hill, N.S.W. 2110.
7. J. STULLA-GÖTZ, Gentzgasse 3, 1180 Wien.

LISTE DU PERSONNEL

DU

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
au 1er janvier 1985

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

Physiciens Chercheurs principaux

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

Physiciens et Métrologistes

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

Chercheurs associés

B. Guinot, T. Endo, C. C. Speake, G. Ratel.

Techniciens de laboratoire

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

Atelier de mécanique

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

Administrateur

J. Gaillard.

Secrétaires

Mlle J. Monprofit, Mmes D. Müller, M. Petit, L. Coquan-Delfour, Mlle D. Le Coz, Mme M.-J. Martin.

Gardiens

A. Montbrun, L. Lecoufflard.

Services d'entretien généraux

Mme A. Perez, 3 employés (contractuels).

Directeurs honoraires : Ch. Volet, J. Terrien

Métrologiste honoraire : H. Moreau

ORDRE DU JOUR DE LA SESSION

1. Ouverture de la session; quorum; ordre du jour.
2. Rapport du secrétaire du CIPM.
3. Rapport sur l'activité du bureau du Comité.
4. Temps Atomique International.
5. Réunion des présidents des Comités Consultatifs.
6. Questions financières :
   — Rapport aux Gouvernements pour 1983;
   — Rapport de l'expert-comptable;
   — Quitus pour 1983;
   — Exercice 1984 en cours;
   — Projet de budget pour 1985.
7. Bâtiment des lasers (inauguration).
8. Travaux du BIPM (présentation du Rapport du directeur).
9. Visite du Dépôt des Prototypes métriques.
10. Comités Consultatifs et Groupes de travail :
    — Rapport du CCT;
    — Rapport du CCU;
    — Révision de la composition des Comités Consultatifs;
    — Réunions futures;
    — Groupe de travail sur l'expression des incertitudes.
11. Questions administratives : salaires; nouvelle rédaction du Statut du personnel et du Règlement de la caisse de retraites et de prévoyance du personnel du BIPM.
12. Sièges vacants au CIPM.
13. Questions diverses :
    — Élection du bureau du CIPM;
    — Prochaine session.

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

73e SESSION (octobre 1984)

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES TENUES À SÈVRES

Présidence de Mr J. V. DUNWORTH

Le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) s'est réuni pour sa 73e session les mercredi 17 et jeudi 18 octobre 1984. Il a tenu quatre séances au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 17 et 18 octobre.

Étaient présents : MM. AMBLER, BLEVIN, DE BOER, BRAY, DUNWORTH, JENSEN, KAWATA, KIND, KIPARENKO, PERLSTAIN, PLEBANSKI, PRESTON-THOMAS, SIEGBAHN, SKAKALA, STEINBERG, WANG, GIACOMO (directeur du BIPM).

Assistaient aussi aux séances : Mr QUINN (sous-directeur du BIPM); Mr TERRIEN (directeur honoraire du BIPM); invité : Mr GUINOT (lors de la discussion sur le TAI); interprètes : Mlle Monprofit, MM. Oboukhov, Sakuma; secrétaire : Mlle Le Coz.

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

Le président ouvre la séance et informe les membres du Comité que Mlle Monprofit remplace Mr Vigoureux comme interprète et que Mlle Le Coz assurera le secrétariat et la rédaction des Procès-Verbaux.

Le président fait part du décès du professeur Yamauti, qui fut membre du CIPM de 1952 à 1967, du Dr A. V. Astin, ancien directeur du NBS, membre de 1954 à 1969 et depuis membre honoraire du CIPM, du professeur Cintra Do Prado, membre du CIPM depuis 1966, et du professeur Schrader, vice-président de la PTB, qui avait assisté à la précédente réunion en tant que président par intérim du CCE. Une minute de silence est observée à la mémoire de ces collègues disparus.

Le président confirme son départ du CIPM à la fin de la présente

session et précise que Mr de Boer, en tant que membre le plus ancien, présidera la dernière séance du Comité International au cours de laquelle le bureau du Comité devra être renouvelé.

Le président constate que le quorum est atteint.

L'ordre du jour est approuvé.

La parole est donnée à Mr de Boer pour la présentation du Rapport du secrétaire.

2. Rapport du secrétaire du CIPM
(octobre 1983 - octobre 1984)

1. États membres de la Convention du Mètre. — La liste des États membres est restée inchangée et comporte toujours 46 États.

2. Membres du CIPM

Décès : Nous avons été informés du décès de notre collègue L. Cintra do Prado survenu le 28 février 1984. L. Cintra do Prado avait été élu membre du CIPM en mars 1967. Nous avions tous pu apprécier sa constante courtoisie et l'intérêt qu'il portait à tous nos travaux.

Démission : Comme il nous l'avait annoncé, notre collègue B. Guinot nous a confirmé en avril 1984 sa décision de se retirer du CIPM.

Le CIPM devra donc envisager de prochaines élections.

3. Réunions des Comités Consultatifs et des Groupes de travail

— Le Comité Consultatif de Thermométrie a tenu sa 15e session du 5 au 7 juin 1984, sous la présidence de H. Preston-Thomas.

— Le Comité Consultatif des Unités a tenu sa 9e session du 19 au 21 juin 1984, sous la présidence de J. de Boer.

Ces deux réunions ont eu lieu au Pavillon de Breteuil.

Nous avons appris avec beaucoup de regret, le 1er juin 1984, le décès de H.-J. Schrader qui avait assuré par intérim la présidence du CCE en 1983.

4. Bureau du Comité

Le bureau du Comité s'est réuni plusieurs fois au Pavillon de Breteuil. Il a étudié la mise en œuvre des diverses mesures administratives décidées par le Comité à sa 72e session (1983). Il a été amené à proposer par correspondance au Comité des mesures d'urgence concernant l'avenir immédiat du Bureau International de l'Heure, et en particulier la permanence de la diffusion de la seconde du SI par l'intermédiaire du TAI.

5. Indications financières

Le tableau ci-après donne la situation de l'actif du Bureau International, en francs-or, au 1er janvier des années portées en tête de colonne :

Comptes	1981	1982	1983	1984
I. — Fonds ordinaires	7 819 501,18	10 392 001,31	14 868 332,15	16 895 009,59
II. — Caisse de Retraites	2 599 050,11	4 245 677,86	5 591 516,91	7 745 117,69
III. — Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique	441 792,00	587 365,08	705 899,38	835 554,11
IV. — Caisse de prêts sociaux	83 011,67	95 621,73	108 449,20	123 382,54
V. — Réserve pour les bâtiments	300 000,00	797 703,56	1 555 578,24	1 884 546,82
Totaux	11 243 354,96	16 118 369,54	22 829 775,88	27 483 610,75

L'augmentation apparente au 1er janvier 1984 de l'actif des divers comptes est essentiellement due à la réévaluation de l'actif, suivant la règle adoptée depuis 1982, pour tenir compte de la valeur réelle de cet actif en francs français, donc aussi en francs-or.

Ce rapport ne donne lieu à aucun commentaire.

3. Rapport sur l'activité du bureau du Comité

Mr de Boer fait une présentation rapide des activités du bureau du Comité; les différents points abordés dans son rapport figurent à l'ordre du jour et feront l'objet de discussions ultérieures.

Le président exprime sa satisfaction d'apprendre que le nouveau bâtiment des lasers a pu être terminé dans les délais prévus et dans le cadre des fonds qui avaient été affectés à sa construction. Il exprime ses remerciements au personnel du BIPM pour ce succès et informe les membres du Comité qu'une visite est prévue après l'inauguration du bâtiment. Il espère que ce bâtiment sera apprécié par les autorités françaises.

Mr Kind fait remarquer que la présence de chercheurs associés est une nouveauté pour le Bureau. Ceci devrait permettre d'établir des liens entre le Bureau et les différents pays. Il demande à Mr Giacomo son impression sur cette expérience.

Mr Giacomo rappelle que cette expérience est trop récente pour qu'on puisse en tirer des conclusions. Trois jeunes docteurs ont été recrutés, l'un

en février à la section des masses et les deux autres en septembre à la section d'électricité et à la section des rayonnements ionisants :

— Mr Speake (de nationalité britannique) a été recruté à la section des masses. Il a déjà apporté une aide importante pour la mise au point de la nouvelle balance à suspensions flexibles.

— Mr Endo (de nationalité japonaise) a été recruté à la section d'électricité. Il vient de l'Electrotechnical Laboratory, Japon. Il a une solide expérience sur l'effet Hall quantique et l'effet Josephson.

— Mr Ratel est un français. Il a travaillé à Grenoble au Centre d'Études Nucléaires, puis deux ans à l'université de Vienne dans un laboratoire de physique nucléaire.

La présence de chercheurs associés au BIPM assure une certaine souplesse. Ces trois exemples seront sans aucun doute positifs pour l'activité du Bureau.

Le président exprime ses remerciements à Mr Giacomo et demande de penser à d'autres candidatures possibles pour l'avenir.

4. Temps Atomique International

Le président rappelle que le CIPM a discuté depuis plusieurs années de questions relatives au Temps Atomique International (TAI), établi jusqu'ici par le Bureau International de l'Heure, grâce aux moyens généreusement fournis par l'Observatoire de Paris. Il est apparu cependant que l'importance du TAI justifiait sa prise en charge par un organisme intergouvernemental. Déjà la 14e et la 15e CGPM avaient pris des mesures dans ce sens. Depuis la dernière session du Comité, des mutations de personnel à l'Observatoire de Paris ont exigé que le bureau du Comité prenne des mesures d'urgence au sujet du transfert du TAI au BIPM. Les membres du CIPM ont été tenus au courant des mesures prises. Plusieurs ont exprimé leur accord par téléphone ou par écrit. Aucune objection n'a été soulevée, si ce n'est sur des points de détail.

Le président invite Mr Guinot à rejoindre le CIPM pour participer à la discussion sur le TAI et lui souhaite la bienvenue comme chercheur associé au BIPM. Il rappelle que l'une des questions qui restent en suspens est de savoir qui sera responsable de UTC, mais il ne pense pas qu'il s'agisse d'un problème majeur.

Mr Guinot évoque les problèmes que rencontre le maintien du TAI à l'Observatoire de Paris, organisme de recherche à vocation astronomique. Il est dans l'intérêt du TAI que le transfert se fasse le plus rapidement possible. Il en a été longuement discuté avec les unions scientifiques concernées. L'URSI a déjà donné son accord Les discussions qui ont eu lieu avec les secrétaires de l'UAI et de l'UGGI ne font apparaître aucune difficulté, mais les secrétaires souhaitent que l'accord en vue de ce transfert soit donné officiellement par les assemblées générales.

Le président demande à Mr Giacomo ce qu'il est prévu de faire dans les prochaines étapes.

Mr Giacomo rappelle que, depuis longtemps déjà, un membre du personnel du BIPM, Mr Azoubib, travaille au BIH sur le TAI. Mr Guinot a été récemment engagé au BIPM comme chercheur associé. Il reste encore à engager deux techniciens et une secrétaire à mi-temps, dans le courant de l'année 1985. Du point de vue de l'équipement, le BIH a besoin essentiellement d'équipement informatique. Il faudra un télex et des terminaux pour assurer la liaison avec de gros ordinateurs. L'investissement ne devrait pas dépasser 500 000 francs français. Un problème plus difficile était celui des bureaux pour ces cinq personnes et l'équipement nécessaire. Il est heureux que la construction du nouveau bâtiment ait libéré des locaux dans les anciens bâtiments. Trois nouveaux bureaux seront utilisables dans trois mois par le TAI. Malheureusement, pour ce qui est de la pénurie de bureaux, le BIPM se retrouvera au point où il en était avant la construction du nouveau bâtiment, c'est-à-dire dans une situation non satisfaisante.

Mr Guinot ajoute que le BIH accueille souvent des visiteurs travaillant sur le TAI. La visite de collègues japonais, pour une durée d'un an environ, est prévue en 1985-1986. Il est donc nécessaire d'avoir des bureaux pour accueillir un ou deux visiteurs.

D'après la discussion, le président estime que le CIPM approuve le texte suivant :

1. Agissant en conformité avec les directives données dans les Résolutions 1 et 2 de la 14e CGPM et dans la Résolution 4 de la 15e CGPM et compte tenu du vœu exprimé par l'Observatoire de Paris, le CIPM assume au sein du BIPM la pleine responsabilité de l'établissement et de la diffusion du TAI; la mise en place au BIPM du personnel et des installations qui prendront la relève de ceux de l'Observatoire de Paris devra être achevée au 1er octobre 1985.

2. Jusqu'à ce que le transfert soit achevé, l'Observatoire de Paris maintiendra à la disposition du service du TAI les installations existantes et le personnel d'exécution (actuellement 2 techniciens, 1 secrétaire et divers équipements de calcul et de liaison) nécessaires pour assurer le fonctionnement de ce service.

3. Afin de laisser à l'UGGI le temps de prendre une décision formelle concernant l'avenir du BIH, ce qui ne pourra être fait que lors de l'Assemblée Générale de l'UGGI en 1987, et après l'achèvement du programme MERIT/COTES *, il est entendu que Mr B. Guinot, précédemment « Astronome titulaire » de l'Observatoire de Paris, maintenant « chercheur associé » au BIPM, pourra, à titre provisoire,

* Il s'agit de programmes conjoints de l'UAI et l'UGGI qui doivent s'achever en 1986/87.
MERIT : Monitoring of the Earth Rotation and Intercomparison of Techniques;
COTES : Conventional Terrestrial Systems.

assurer la direction du BIH tant pour le TAI que pour la section du BIH qui demeure à l'Observatoire de Paris et qui est chargée de la rotation de la Terre et du mouvement du pôle.

4. A titre transitoire également, les bulletins d'information réguliers (en particulier la circulaire D) seront diffusés par le BIH aux services officiels et aux autres utilisateurs sous l'en-tête conjointe du BIPM et de l'Observatoire de Paris. La présentation du Rapport Annuel du BIH sera modifiée dans le même esprit.

5. La décision d'introduire dans UTC une seconde intercalaire sera, comme précédemment, prise par le directeur du BIH à partir des renseignements fournis par la section du BIH qui est chargée de la rotation de la Terre. L'annonce en sera faite sous l'en-tête du BIPM et de l'Observatoire de Paris.

6. La composition du Groupe de travail du CCDS sur le pilotage de TAI, qui existe déjà, sera modifiée; entre autres tâches, ce Groupe de travail devrait assurer, vis-à-vis du service du TAI, les fonctions qu'assurait jusqu'ici le Comité de Direction du BIH. Ce nouveau Groupe de travail devrait veiller à ce que les règles suivies pour établir le TAI et l'UTC soient conformes aux besoins des utilisateurs. Il comporterait des représentants de l'UAI, du CCIR, de l'UGGI et de l'URSI, ainsi que du CIPM, du BIPM et de l'Observatoire de Paris. Pour une première période de cinq ans le représentant de l'UAI serait invité à présider ce Groupe de travail.

7. Le CCDS se réunira en 1985 pour discuter, entre autres questions, des nouvelles dispositions concernant le TAI.

5. Réunion des présidents des Comités Consultatifs

Ainsi que le CIPM en avait décidé à sa session de 1983, les présidents des Comités Consultatifs se sont réunis le 16 octobre 1984 de 14 h à 19 h.

Le président donne la parole à Mr Kind, qui a présidé cette réunion et qui en fait le compte rendu.

Participaient à ce groupe de travail : D. Kind (CCDM); B. Guinot, naguère président du CCDS; W. R. Blevin (CCPR); E. Ambler (CCEMRI); A. Perlstain (CCM); H. Preston-Thomas (CCT); J. de Boer (CCU) et H. H. Jensen; P. Giacomo (directeur du BIPM) et T. J. Quinn (sous-directeur du BIPM).

La discussion a été franche et ouverte; elle devrait pouvoir aider le directeur à orienter à long terme le travail du BIPM.

Les participants sont tombés d'accord sur l'objet de la réunion : en vue de la session du CIPM, discuter des projets de travaux scientifiques à long terme au BIPM, et donner un avis sur les choix nécessaires.

Afin de pouvoir discuter utilement du travail de laboratoire effectué au BIPM, il faut tout d'abord établir des critères et fixer des objectifs. La formulation des tâches imparties au BIPM dans la Convention du Mètre doit être traduite en termes actuels. Un texte sur « le rôle du BIPM dans les années 1980 » a donc été discuté et mis au point, en collaboration avec MM. Giacomo et Quinn.

Ce document est distribué au Comité qui l'approuve. Le Comité International des Poids et Mesures décide que ce texte sera inclus dans les procès-verbaux de la présente session, sans lui donner la valeur officielle d'une recommandation.

Le rôle du BIPM dans les années 1980

L'objectif du BIPM est de fournir les bases physiques nécessaires pour assurer l'uniformité des mesures dans le monde.

En conséquence, ses missions principales sont les suivantes :

— Conserver et disséminer l'unité de masse.

— Établir et disséminer le Temps Atomique International et, en collaboration avec les organismes astronomiques appropriés, le Temps Universel Coordonné.

— Constituer un centre pour les comparaisons internationales des réalisations d'autres unités, unités de base ou unités dérivées, et pour la dissémination ultérieure de ces unités, suivant les besoins de l'ensemble des laboratoires nationaux de métrologie. Cela exige, entre autres, que dans divers domaines le BIPM conserve ses propres réalisations de certaines unités de base ou dérivées.

— Déterminer, éventuellement, la valeur de certaines constantes physiques étroitement liées à la définition, la réalisation ou la dissémination d'unités de base ou dérivées.

— Assurer le secrétariat scientifique et administratif de la Conférence Générale des Poids et Mesures, du Comité International des Poids et Mesures et de ses Comités Consultatifs.

— Lorsque certaines comparaisons internationales patronnées par les Comités Consultatifs ne peuvent pas être prises en charge par le BIPM, fournir toute l'aide possible pour l'organisation de ces comparaisons.

— S'assurer que les résultats de chaque comparaison internationale font l'objet d'un rapport circonstancié et que ces résultats, s'ils ne font pas l'objet d'une autre publication, sont publiés directement par le BIPM.

Pour assumer ces tâches avec l'efficacité et la qualité requises, le BIPM doit disposer d'un personnel scientifique, technique et administratif hautement qualifié et de moyens appropriés :

laboratoires, équipement, bibliothèque, ateliers et autres installations, qu'il faut maintenir en permanence adaptés aux besoins modernes.

Les autres points qui ressortent des discussions sont les suivants :

Au sujet des services offerts par le BIPM aux États membres, il a été reconnu que la métrologie de haute précision doit être développée en priorité au BIPM. Mais le BIPM doit aussi être au service des pays membres qui n'ont pas besoin de la plus haute précision. Or, il n'est pas économique pour le BIPM d'utiliser des moyens sophistiqués pour étudier des étalons qui ne relèvent pas de la plus grande exactitude.

Pour éviter que soient désavantagés les pays membres qui ont besoin de services métrologiques moins performants, le BIPM pourrait transmettre leurs demandes aux grands laboratoires nationaux qui seraient prêts à effectuer ce genre de mesures. Il incomberait au BIPM d'organiser ces échanges. Cette suggestion devra être étudiée attentivement.

Pour ce qui est de la situation du personnel du BIPM, le directeur du BIPM a précisé que sept départs à la retraite sont à prévoir dans les cinq prochaines années, et en outre que trois postes qui ne sont pas financièrement à la charge du BIPM pourraient être perdus par la section des rayonnements ionisants lors du départ à la retraite de Mr Allisy, dans moins de cinq ans. De plus, le rattachement du TAI au BIPM entraîne un besoin immédiat de personnel supplémentaire. Il y a donc de bonnes raisons d'étudier en détail les travaux impartis au personnel du BIPM afin d'examiner si l'on pourrait tirer profit des compétences personnelles pour combler les vides.

Le programme à long terme des travaux scientifiques du BIPM a été examiné dans le détail, section par section; les commentaires et questions qui ont été formulés peuvent se résumer comme suit.

Longueurs et lasers

— Est-il opportun, à long terme, de maintenir au sein du BIPM la métrologie classique des longueurs ?

— Le BIPM doit intensifier le travail sur les lasers asservis et sur la mise en application de la nouvelle définition du mètre.

Masses

— Depuis que le BIPM a été chargé de la conservation du prototype international du kilogramme, il a effectué un travail et des progrès considérables dans le domaine de la métrologie des masses. De nombreux développements sont encore à réaliser et il conviendrait de renforcer l'activité dans ce domaine.

Temps

— Ce sujet fait l'objet d'un document particulier en raison du transfert du TAI au BIPM et il a déjà été discuté en détail. Il a été convenu de mettre

à la disposition du TAI, dans les prochains mois, les moyens nécessaires à sa prise en charge complète par le BIPM.

Températures et pressions

— Il semblerait raisonnable de réduire le travail expérimental à long terme dans cette section.

— Il est néanmoins nécessaire de conserver au sein du BIPM les compétences nécessaires pour effectuer les mesures de haute exactitude dont le BIPM lui-même a besoin et pour organiser des comparaisons internationales.

Électricité

— Ces dix dernières années, de nombreux changements ont vu le jour, en particulier dans les domaines qui font appel aux basses températures : l'effet Josephson et l'effet Hall quantique. Il convient donc de renforcer cette section, en évitant toutefois d'étendre davantage son activité dans d'autres directions, par exemple dans le domaine des hautes fréquences.

Photométrie et radiométrie

— Le personnel de cette section est en nombre insuffisant pour faire face aux conséquences de la nouvelle définition de la candela.

Gravimétrie

— Dans l'avenir, il n'est pas souhaitable de développer cette section. Cependant, Mr Sakuma a effectué un excellent travail sur lequel il est en train de rédiger un rapport. On devrait utiliser les installations existantes, sans leur consacrer davantage de moyens, pour assurer pendant plusieurs années une sorte de service : référence gravimétrique, comparaisons et étalonnages de gravimètres.

Section des rayonnements ionisants

— Le problème posé par les trois postes non-permanents dans les prochaines années a déjà été mentionné. Cette situation requiert une attention particulière, et il faudra en tenir compte pour établir un équilibre entre les travaux à effectuer et les moyens dont dispose le BIPM. Il a été maintes fois répété que les travaux effectués dans cette section donnent toute satisfaction.

En conclusion, les présidents des Comités Consultatifs se sont déclarés prêts à se réunir de nouveau dans un an afin de poursuivre la discussion sur les projets à long terme.

Mr Kind demande aux participants à la réunion de faire part de leurs commentaires ou de toute remarque susceptible d'améliorer ou de compléter son rapport.

Mr Blevin remercie Mr Kind pour son excellent résumé des discussions.

Mr Terrien fait observer que le BIPM doit prendre une part active aux

travaux d'unions et organisations scientifiques internationales telles que l'UAI, l'ISO, l'UGGI, l'UICPA, l'UIPPA, l'URSI pour les tenir au courant des travaux du BIPM et des décisions prises par le CIPM et la CGPM. La participation à ces activités est aussi très profitable pour le BIPM.

Mr de Boer ajoute que les relations avec les laboratoires nationaux n'ont pas non plus été mentionnées directement dans le texte sur le rôle du BIPM, texte qui ne peut entrer dans tous les détails. Il rappelle qu'il conviendra d'inclure ce texte dans les Procès-Verbaux du CIPM.

Mr Kind explique qu'un document d'une page ne peut pas être exhaustif. Ce que Mr Terrien a mentionné est implicite dans la phrase « Constituer un centre pour les comparaisons internationales... suivant les besoins de l'ensemble des laboratoires nationaux de métrologie ». Il ne lui semble pas nécessaire d'apporter des changements à ce texte.

Mr Ambler remercie Mr Kind pour son résumé. Il espère que les membres du CIPM sont conscients de l'importance de ce document. Il est très important que le Comité fasse part au directeur du BIPM de ce qu'il juge essentiel dans le programme des travaux scientifiques à long terme. Ces commentaires ne sont en rien une critique du travail effectué au BIPM, mais font ressortir les domaines où il est nécessaire de fournir un effort plus important. Il ne s'agit bien sûr pas d'une directive mais d'un avis, c'est une base pour aider le directeur à prendre ses décisions.

Mr Giacomo souligne que, en tant que directeur du BIPM, il a beaucoup apprécié cette réunion qui comble une lacune. Même si certaines orientations ne correspondent pas à ce qu'il aurait souhaité, il est très reconnaissant aux présidents des Comités Consultatifs d'avoir accepté d'y consacrer une attention particulière. Il exprime sa certitude que cela sera très utile pour l'avenir du BIPM.

Mr Kiparenko souhaite pour sa part exprimer sa satisfaction pour l'élaboration d'un tel document et apprécie la proposition d'inclure ce document dans les Procès-Verbaux, comme l'a suggéré précédemment Mr de Boer. Il exprime son accord avec Mr Ambler sur la nécessité de planifier à long terme les travaux du BIPM. Mais en même temps il lui semble qu'il faudrait préciser les idées concernant la satisfaction des besoins des laboratoires nationaux selon la plus ou moins grande exactitude dont ils ont besoin dans leurs mesures et dans les comparaisons internationales. Il serait peut-être utile de donner en complément quelques exemples et des explications sur la façon de procéder pour éclaircir ce point.

Mr Kind précise que l'idée est de donner une base pour des discussions à venir. Ce sont des lignes générales qui pourront dans l'avenir être précisées par des exemples.

Mr Bray rappelle que le CCM s'occupe également des grandeurs apparentées à la masse. Les groupes de travail sur les forces et les pressions coordonnés par le BIPM effectuent un travail considérable. Il serait intéressant de le mentionner et d'insérer dans le programme la coordination de tels groupes de travail et les activités menées par ceux-ci.

Mr Kind pense qu'il s'agit principalement d'un travail de coordination et non d'un travail expérimental. Le BIPM remplit aussi un rôle de coordination dans les autres domaines.

Mr Wang Daheng approuve entièrement le nouveau texte sur le rôle du BIPM, texte qui répond à un besoin réel. Il se pose toutefois quelques questions. Dans ce projet, l'accent est mis sur la dissémination des unités physiques. Il est important que le travail fait pour améliorer la réalisation des unités continue et que des recherches soient effectuées conjointement avec les laboratoires nationaux. Le BIPM fonctionnant sous les auspices de la CGPM, certains travaux de recherche devraient être effectués suivant les lignes directrices approuvées dans les résolutions de la CGPM : définition du mètre, mise en œuvre des résolutions votées et amélioration de la mise en application des unités. Des travaux comme ceux qu'effectue Mr Gläser sur les structures hyperfines, bien que n'ayant pas de lien pratique apparent avec la définition du mètre, sont très importants pour l'avenir, pour la réalisation de la définition du mètre.

Mr Kind rappelle que l'on pourrait employer dix fois plus de personnel au BIPM. Mais il faut être réaliste et il ne faut pas s'attendre à une extension du Bureau. Parmi les orientations possibles, les tâches prioritaires sont celles qui ne peuvent être effectuées qu'au BIPM et non ailleurs. Le BIPM est le conservateur des prototypes internationaux : il ne peut se dérober à cette fonction qui lui incombe en priorité. Les comparaisons internationales de lasers incombent au BIPM et à ses experts, et ne peuvent être laissées à d'autres. C'est justement l'objectif que les présidents des Comités Consultatifs se sont fixé : définir des priorités pour utiliser de façon optimale les compétences du personnel et les capacités des laboratoires.

6. Questions financières

Le président présente le Rapport annuel aux Gouvernements des hautes parties contractantes sur la situation administrative et financière du Bureau International des Poids et Mesures en 1983, suivi du Rapport de l'Expert-comptable sur les comptes de 1983. Ces documents ne donnent lieu à aucun commentaire et quitus est donné au directeur et à l'administrateur pour les comptes de 1983.

Il présente ensuite le projet de budget pour 1985. Il reste à discuter de points de détail concernant le nouveau bâtiment, les dépenses nécessaires pour le transfert du TAI, les salaires et les taxes.

De nouveaux équipements seront nécessaires dans le bâtiment des lasers et il est possible que l'on ait besoin de crédits supplémentaires.

En ce qui concerne le transfert du TAI, il reste encore quelques incertitudes sur le détail des dépenses.

BUDGET POUR 1985 *

Recettes

	Francs-or
Contributions des États	13 208 000
Intérêts des fonds	1 770 000
Taxes de vérification	22 000
Total	15 000 000

Dépenses

A. Dépenses de personnel :		
1. Traitements	7 575 000	10 450 000
2. Allocations familiales et sociales	935 000	
3. Sécurité sociale	670 000	
4. Assurance-accidents	70 000	
5. Caisse de retraites	1 200 000	
B. Dépenses de fonctionnement :		
1. Mobilier	50 000	1 820 000
2. Laboratoires et ateliers	700 000	
3. Chauffage, eau, énergie électrique	430 000	
4. Assurances	32 000	
5. Impressions et publications	160 000	
6. Frais de bureau	160 000	
7. Voyages et transports d'appareils	170 000	
8. Entretien courant	70 000	
9. Bureau du Comité	48 000	
C. Dépenses d'investissement :		
1. Laboratoires	1 400 000	1 570 000
2. Atelier de mécanique	50 000	
3. Atelier d'électronique	40 000	
4. Bibliothèque	80 000	
D. Bâtiments (gros travaux d'entretien et de rénovation)		1 100 000
E. Frais divers et imprévus		59 000
F. Utilisation de monnaies non convertibles		1 000
Total		15 000 000

* Le bureau du Comité a approuvé ultérieurement le budget pour 1985 avec les chiffres ci-dessus.

Pour les salaires, il subsiste une incertitude de 1 à 2 %, les salaires des organisations coordonnées n'étant pas encore connus à ce jour. Il n'est pas encore possible d'avancer des chiffres définitifs. Les chiffres pour 1985 seront arrêtés par le bureau du CIPM.

Mr Perlstain soulève la question de la caisse de retraites, en raison notamment de l'abaissement de l'âge de la retraite à 65 ans. La caisse de retraites tient-elle compte de cette modification ?

Mr de Boer répond que les fonds de la caisse de retraites sont suffisants pour faire face aux dépenses prévisibles dans les prochaines années. Cette question sera discutée ultérieurement.

Mr Blevin remarque que les recettes totales augmentent de 12 % de 1984 à 1985, alors que les dépenses de personnel augmentent de 20 % dans le même temps, en raison du transfert du TAI notamment. Il trouve que la proportion des salaires a bien augmenté par rapport au volume total du budget pour 1985.

Mr Giacomo répond que les dépenses de personnel s'expliquent par l'engagement récent de trois chercheurs associés, dont un pour le TAI, et par l'engagement à prévoir, pour le TAI, de deux techniciens et d'une secrétaire supplémentaires. Ces six personnes représentent déjà environ 10 % des effectifs. Il faut prévoir aussi une augmentation des traitements due à l'inflation et l'augmentation due aux avancements. On doit aussi considérer la possibilité de ne pas reconduire en 1985 la réduction de 2 % en moyenne des salaires du BIPM par rapport à l'indice publié par l'INSEE pour les organismes internationaux installés en France, réduction qui a été appliquée en 1984.

Le président rappelle que les chiffres proposés ne sont pas définitifs, bien qu'ils tiennent compte des recrutements destinés au TAI. Il renouvelle sa proposition de donner un accord provisoire et de charger le bureau du Comité d'arrêter les chiffres définitifs. Cette proposition est approuvée.

7. Bâtiment des lasers

Le bâtiment des lasers est maintenant terminé. Bien que tout n'ait pas encore été payé, il est maintenant certain qu'il n'y aura pas de dépassement important du budget. Le problème des infiltrations d'eau a pu être résolu sans excès de dépenses. Des dépenses supplémentaires pour les laboratoires sont prévues dans le projet de budget pour 1985. Une partie des équipements a été prise en charge dans le budget 1984.

Mr Quinn donne quelques détails techniques sur la construction du bâtiment, et en particulier sur l'isolation mécanique des laboratoires par rapport au reste du bâtiment.

Le président a procédé le jeudi 18 octobre 1984 à 17 h 45, au cours d'une brève cérémonie, à l'inauguration du nouveau bâtiment.

8. Travaux du BIPM

Le président ouvre la séance en accueillant les physiciens et les métrologistes qui sont invités à y prendre part. Il cède la parole à Mr Giacomo.

Mr Giacomo remercie les membres du Comité de bien vouloir consacrer une matinée entière à l'exposé des travaux et de donner ainsi au personnel du Bureau l'occasion de montrer ce qui est fait toute l'année. L'événement le plus marquant de l'année est bien évidemment l'achèvement du bâtiment des lasers, mais il y a eu bien d'autres activités qui ont progressé : le travail sur les balances à suspensions flexibles, les lasers stabilisés, l'automatisation des comparateurs d'étalons électriques, le gravimètre transportable, la méthode d'échantillonnage sélectif, l'adaptation de l'établissement du TAI aux nouvelles méthodes du Global Positioning System. Toutes ces activités nécessitent une étude critique très minutieuse qui demande beaucoup de temps, mais qui peut être très stimulante lorsqu'on découvre quelque amélioration nouvelle.

Ceci représente une partie seulement de l'activité du Bureau, environ 50 %, le reste du temps étant consacré au travail d'étalonnage, pas toujours stimulant mais qui doit être fait.

Mr Giacomo se déclare très heureux que le nouveau bâtiment des lasers soit achevé. Il en remercie le Comité ainsi que toutes les personnes qui ont consacré du temps et de l'énergie à cette entreprise. C'est un signe visible d'amélioration des possibilités de travail du Bureau, signe particulièrement encourageant pour le personnel. Le bâtiment a été contrôlé avec soin et ne devrait pas poser de problèmes dans l'avenir.

Mr Giacomo invite les membres du Comité à se reporter au « Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau International des Poids et Mesures », ainsi qu'au document concernant la répartition des tâches pour 1983-1984 pendant l'exposé des travaux qui va être présenté comme de coutume par Mr Quinn pour les sections classiques et par Mr Allisy pour la section des rayonnements ionisants.

Mr Quinn remercie Mr Giacomo et se déclare heureux de disposer cette fois-ci de plus de temps pour son exposé, ce qui lui permettra de répondre en détail aux questions qui lui seront posées. N'ayant pas la possibilité d'aborder toutes les activités du Bureau, il se propose d'exposer les activités les plus marquantes de l'année. Les membres du Comité ne connaissant pas toujours les membres du personnel, il invite ceux-ci à se présenter lors de l'exposé concernant leur section.

Mr Quinn commence par exposer le travail de la section des longueurs (MM. Carré et Hamon). Les résultats de la comparaison internationale de règles divisées, qui a débuté en 1976, ont fait l'objet d'un rapport préliminaire il y a deux ans et seront exposés en détail l'an prochain. Sous

la direction de Mr Girard, le BIPM continue son travail d'étalonnage de fils et rubans géodésiques. Il faut rappeler que l'invar est une invention du BIPM. C'est un domaine qui continue à faire l'objet de nombreuses demandes malgré le développement de techniques télémétriques plus modernes.

Il aborde ensuite le travail effectué dans la section des lasers (MM. Chartier, Gläser et Felder). Ces activités s'organisent autour de quatre axes : les facteurs qui affectent la reproductibilité et la stabilité de lasers à He-Ne; l'entretien de lasers émettant des radiations recommandées pour les comparaisons internationales; l'étude théorique et expérimentale de l'effet de convergence variable dans les cavités; les calculs de structure hyperfine de diverses raies d'absorption de l'iode, y compris des raies « de croisement de niveaux », susceptibles de perturber les raies voisines.

Le travail sur les lasers s'est effectué cette année dans des conditions difficiles en raison de la construction du nouveau bâtiment. Certaines parties de l'équipement ont été transférées dans le nouveau bâtiment sans être démontées, et sont actuellement prêtes à fonctionner.

A la section des masses (MM. Girard, Speake, Quinn) le travail s'est orienté selon deux axes : étalonnage et vérification d'étalons en platine iridié et en acier inoxydable et d'autre part étude des balances, balance à suspensions flexibles et NBS-2. Cette dernière opération est délicate car il faut étudier le comportement de la balance tout en l'utilisant.

Pour la balance à suspensions flexibles, le dispositif destiné à élever et abaisser les masses sur les plateaux a été modifié et asservi afin d'augmenter la stabilité et de réduire les mouvements des plateaux; un asservissement symétrique aux deux extrémités du fléau a permis de mesurer la rotation et de réduire le bruit. Les conditions d'équilibre des plateaux en fonction du temps ont été étudiées.

L'étude de NBS-2 continue et on envisage l'installation, l'an prochain, d'un interféromètre optique pour repérer la position du fléau. Actuellement, l'écart-type d'une sous-pesée est de l'ordre de 1,4 μg, mais on espère améliorer la sensibilité par l'utilisation d'un interféromètre.

Mr Ambler demande si l'on note des différences significatives au début et à la fin des mesures. Mr Quinn répond que ces différences ne sont pas significatives.

Mr Ambler demande où en sont les projets d'automatisation des mesures. Mr Quinn répond qu'il n'est pas prévu d'automatiser toutes les mesures pour le moment sur NBS-2, mais qu'avec la nouvelle balance à suspensions flexibles il est prévu qu'elles seront entièrement automatisées.

En ce qui concerne le temps (MM. Guinot et Azoubib), l'activité a été principalement consacrée à l'intégration des données du Global Positioning System (GPS) dans l'élaboration du TAI. L'informatisation se poursuit pour la réception des données du TAI. L'étude des algorithmes est en retard sur les prévisions. Des progrès importants devraient voir le jour dans les prochaines années.

En ce qui concerne la gravimétrie (Mr Sakuma), des progrès ont été

réalisés dans la compréhension du comportement du gravimètre et l'élimination des erreurs systématiques dans la mesure de g. Les écarts-types ont été divisés par cinq en éliminant l'effet des charges électrostatiques présentes sur les parois en verre de l'enceinte. Le gravimètre absolu a été utilisé pour l'étalonnage de la marée gravimétrique.

Dans la section de thermométrie (Mr Bonhoure), on a poursuivi l'étude des différences entre T et T_{68}. On a observé le comportement de thermomètres à résistance de platine pour la mesure des hautes températures.

En photométrie et radiométrie (Mr Bonhoure), le revêtement de la sphère a été refait en vue des comparaisons internationales; celles-ci seront peut-être retardées car le fournisseur n'a pas encore pu livrer certaines lampes étalons.

La section d'électricité (MM. Witt, Leclerc, Endo, Reymann) a connu cette année une importante activité : comparaison d'étalons de résistance, rattachement de l'Ω_{BIPM} à l'Ω_{SI}, réalisé à l'aide du condensateur calculable depuis 1964 au CSIRO (Australie), ce qui permet de suivre depuis 1964 l'évolution (relativement faible) de l'Ω_{BIPM} par rapport à l'Ω_{SI}; premières comparaisons d'étalons de résistance de 1 Ω avec un comparateur cryogénique; étude statistique des variations des étalons de transfert de 1 Ω pendant les comparaisons; conservation du volt au BIPM au moyen de l'effet Josephson, étude des incertitudes, comparaison des résultats obtenus avec un comparateur traditionnel et un comparateur automatique de piles étalons; études sur l'effet Hall quantique effectuées par Mr Reymann au cours d'un stage au LCIE comprenant la construction et la mise au point d'un comparateur cryogénique de courants.

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

Dans le groupe de mesure des rayons X et γ ont eu lieu des comparaisons internationales d'étalons d'exposition. De plus, des comparaisons d'étalons de dose absorbée dans le graphite sont en projet.

Les mesures ionométriques, tant celles des étalons que celles des chambres de transfert, doivent être corrigées pour les pertes dues à la recombinaison des ions. Une étude expérimentale de cette correction a été effectuée pour une chambre de transfert sphérique Shonka. La méthode utilisée permet de séparer les deux contributions (recombinaison initiale et recombinaison en volume). De plus, on a mesuré l'influence des variations de la pression atmosphérique sur ces pertes dues à la recombinaison.

Dans le groupe de mesure des radionucléides, une grande partie du travail a été consacrée aux comparaisons internationales de mesures d'activité.

La comparaison de ^{133}Ba vient juste d'être achevée. La mesure de ce radionucléide à capture d'électrons, largement utilisé pour l'étalonnage de spectromètres de rayons gamma, pose des problèmes dus à son schéma de désintégration complexe.

La comparaison à grande échelle de 1984 a été précédée de trois

comparaisons préliminaires entre six laboratoires, mais les deux premières avaient donné des résultats fort dispersés. Malgré plusieurs essais systématiques avec différentes ampoules de solution et des sources solides, préparées à partir de la même solution, on n'a pas réussi à éclaircir le fond du problème qui était probablement de nature chimique (manque d'homogénéité et adsorption aux parois). Cependant, une nouvelle solution, plus riche en entraîneur, a fait disparaître ces incohérences. Lors de la comparaison finale, dix-neuf laboratoires sur vingt-trois ont fourni leurs résultats. La dispersion de ces résultats est de 1,6 %, leur écart-type de 0,4 %. A titre de comparaison, dans le meilleur cas enregistré auparavant (^{134}Cs, en 1980), les valeurs correspondantes étaient 0,7 et 0,2 %. L'activité massique moyenne ne diffère que très légèrement de la valeur mesurée à l'aide du Système international de référence.

En ce qui concerne le Système international de référence (SIR), les travaux de Mr Rytz ont porté sur une meilleure évaluation de certaines corrections. Ce système s'appuie sur des mesures très précises de courant d'ionisation effectuées au moyen d'une chambre pressurisée et d'un jeu de sources de référence de radium.

L'efficacité de la chambre en fonction de l'énergie des photons est représentée par les écarts par rapport à une droite. Une courbe approximative est d'abord établie à l'aide d'émetteurs de raies d'une seule énergie. Pour les spectres plus complexes, on trouve la réponse à la raie la plus efficace en retranchant toutes les autres contributions, évaluées par interpolation. Un processus d'itération permet d'arriver à la meilleure courbe, qui s'avère très utile pour déterminer les corrections, parfois très importantes, dues à des impuretés non mesurables séparément. De plus, pour les émetteurs de rayon β d'énergie élevée, il faut tenir compte du rayonnement de freinage. Des valeurs de cette correction ont été mesurées à l'aide de certains émetteurs de rayons β purs.

Un travail important a été consacré à la correction due aux temps morts. Le problème des pertes de comptage devient de plus en plus critique à des taux très élevés. Le modèle habituel de temps mort est alors trop simple. On peut améliorer notablement la situation en utilisant un temps mort généralisé, qui a une probabilité θ d'être étendu. Les relations établies théoriquement par Mr Müller ont été vérifiées en introduisant dans le système de comptage un tel temps mort généralisé, réalisé par un procédé électronique. Un dispositif simple, permettant de mesurer θ avec précision, a aussi été réalisé. La répartition des intervalles entre impulsions, d'abord calculée pour plusieurs valeurs de θ, a ensuite pu être confirmée expérimentalement.

Le groupe de mesures neutroniques a pris part à trois comparaisons internationales de neutrons : deux concernent des mesures de kerma et de dose absorbée (grandeurs dosimétriques), et la troisième des mesures de débit de fluence de neutrons.

La première comparaison a été organisée par le NPL; elle a porté sur la détermination du kerma dans le tissu à l'air libre et la détermination de la

dose absorbée dans le tissu, en plusieurs points d'un fantôme d'eau. Sept laboratoires y ont participé : NPL, BIPM, PTB, ENDIP, WGH, NRC et NBS. Les résultats, très récents, présentent une dispersion de l'ordre de 7 %.

La deuxième comparaison, ENDIP-2, a été organisée par la Commission des Communautés Européennes (CCE). Six pays et dix-huit laboratoires y ont participé. Une équipe voyageuse, composée de deux physiciens avec leur équipement, a effectué des mesures de kerma dans le tissu à l'air libre et des mesures de dose absorbée dans le tissu dans un fantôme d'eau. L'analyse des résultats est en cours.

La troisième comparaison porte sur la mesure de débit de fluence de neutrons à l'aide de deux chambres à fission (^{238}U ou ^{235}U respectivement). Mr Huynh a terminé ses mesures.

Enfin, puisque le faisceau de neutrons de 14,65 MeV du BIPM est étalonné en débit de fluence, on peut en déduire le débit de kerma dans le tissu. On a comparé le débit de kerma ainsi obtenu aux mesures directes effectuées avec une chambre d'ionisation associée à un compteur Geiger-Müller. Les deux méthodes donnent des résultats concordants.

Mr Ambler, partant du principe que les dosimètres à colorants sont stables, se demande s'il n'y a pas de problème lorsqu'on veut déterminer avec exactitude la dose absorbée et quelle serait la manière la plus sûre de déterminer le rendement radiochimique.

Mr Allisy répond qu'il est nécessaire de connaître la dose absorbée et d'effectuer des mesures photométriques absolues. Au BIPM on dispose de déterminations calorimétriques de la dose absorbée produite par le ^{60}Co, qui sont cohérentes avec les mesures ionométriques. Ces résultats permettraient de connaître la dose absorbée dans les colorants avec la meilleure exactitude atteinte à ce jour.

Mr Kind fait remarquer que ce travail a surtout des applications dans le domaine médical et thérapeutique et non dans le domaine de la protection contre les rayonnements.

Mr Allisy répond que cela est vrai pour le travail sur la dosimétrie des neutrons et des rayons X et γ, car c'est le domaine où les demandes en exactitude sont les plus élevées. Mais ce problème n'est aucunement distinct de celui de la protection contre les rayonnements, il lui est directement lié.

Pour Mr Kind, on se heurterait au problème pratique des intensités très basses.

Mr Allisy répond que, si le besoin d'une plus grande exactitude dans le domaine de la protection se faisait sentir, le problème pourrait être résolu très rapidement.

Mr Dunworth remercie MM. Allisy et Quinn pour leur splendide exposé et félicite le directeur du BIPM et le personnel pour leur travail.

Le début de l'après-midi du 18 octobre a été consacré à une visite des laboratoires.

9. Visite du Dépôt des Prototypes métriques

Procès-Verbal

Le 18 octobre 1984, à 17 h, en présence du président du Comité International des Poids et Mesures, du directeur du Bureau International des Poids et Mesures et du représentant des Archives de France, il a été procédé à la visite du Dépôt des Prototypes métriques internationaux du Pavillon de Breteuil.

On avait réuni les trois clés qui ouvrent le Dépôt : celle qui est confiée au directeur du Bureau, celle qui est déposée aux Archives Nationales, à Paris et que Mme L. Favier avait apportée, celle enfin dont le président du Comité International a la garde.

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

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

Température actuelle	: 20,56 °C
Température maximale	: 23
Température minimale	: 19
État hygrométrique	: 57 %

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

Le directeur du Bureau, P. Giacomo	Le conservateur des Archives de France, Madame L. Favier	Le président du Comité, J. V. Dunworth

10. Comités Consultatifs

Le CCT et le CCU se sont réunis depuis la dernière session du Comité International. D'autre part, il convient de fixer les dates des réunions à venir, et, comme après chaque Conférence Générale, de réviser la composition des Comités Consultatifs.

10.1. Comité Consultatif de Thermométrie

Mr Preston-Thomas, président du Comité Consultatif de Thermométrie, rappelle aux membres du Comité que le CCT s'est réuni au mois de juin 1984; la rédaction du rapport détaillé est en cours. Il rappelle aussi

qu'à la suite de la demande formulée il y a deux ans par Mr Ambler et réitérée l'an dernier, un document concernant l'Échelle Internationale Pratique de Température (EIPT) a été rédigé et distribué aux membres du CIPM.

Les tâches du CCT sont multiples : il lui faut élaborer des documents explicatifs et préparer le remplacement de l'EIPT.

Un premier document concerne les mesures de haute précision, du type de celles qui sont faites dans les laboratoires nationaux. Il est maintenant achevé et à la disposition de ceux qui le désirent. Il est prévu de le mettre à jour tous les cinq ans. Un deuxième document concernera les mesures secondaires de température. Il est pour le moment en préparation et sera achevé dans les deux prochaines années. Il est destiné aux personnes qui n'ont pas besoin de la plus haute précision.

En ce qui concerne la préparation de la future EIPT, l'échéance de 1987 avait été avancée, mais il semble maintenant évident qu'elle ne pourra pas être respectée. Il faut bien se rappeler que toute échelle de remplacement doit répondre à deux critères : elle doit être en accord avec les températures thermodynamiques pour être sûr qu'aucun autre changement numérique ne sera nécessaire; elle doit être définie de façon suffisamment simple. Les températures repérées dans la nouvelle EIPT ne devraient pas s'écarter de la température thermodynamique de plus d'un cent millième de la température Celsius (1 mK d'erreur à 100 °C).

D'excellents résultats ont été obtenus dans le domaine de la thermométrie, les uns au National Bureau of Standards (NBS) sur le thermomètre à gaz, et les autres au National Physical Laboratory (NPL) sous la direction de Mr Quinn avec un pyromètre à rayonnement total. Il y a encore beaucoup à faire, mais ce genre de travail est très coûteux en temps et en équipement. Le CCT considère qu'il est très important que ces deux expériences soient poursuivies, car il reste à résoudre divers problèmes : choix des instruments et méthode de calcul, choix de nouvelles températures de transition.

Le rapport de la dernière réunion du CCT devrait être disponible dans un mois. Mr Preston-Thomas remercie Mr Quinn pour sa collaboration.

Mr Quinn précise que sa participation au travail réalisé au NPL est maintenant terminée. A son arrivée au BIPM, la question s'est posée de savoir s'il pourrait ou non poursuivre son expérience, commencée en 1972. Grâce à la compréhension des membres du Comité, de Mr Giacomo et de Mr Dean, directeur du NPL, elle a pu être poursuivie et menée à bien et il les en remercie. C'est un exemple de collaboration réussie entre le BIPM et un autre laboratoire. Le résultat de ce travail fait l'objet d'une publication.

Mr Jensen demande s'il sera nécessaire dans l'avenir d'élaborer une échelle de remplacement proprement dite ou une mise en pratique de T_{68}. Il y a quelques années, Mr Preston-Thomas avait dit que l'échelle de température de 1987 serait la dernière, mais cela ne semble pas concorder avec le rapport du président du CCT. On peut espérer que la nouvelle EIPT sera formulée de telle façon que les différences avec les températures

thermodynamiques soient minimes et que les règles de mise en pratique soient explicitées, comme on l'a fait pour la nouvelle définition du mètre en donnant des longueurs d'onde de radiations spécifiées. Ici on peut donner de même des températures de référence avec une estimation de leur incertitude. Cela rapprocherait les mesures de température de celles des autres grandeurs.

Mr Preston-Thomas répond que la distinction entre l'EIPT et sa mise en pratique n'apparaîtra pas. Si l'on y consacre suffisamment de soin, il ne sera pas nécessaire d'élaborer une nouvelle échelle, dans l'avenir, mais simplement d'apporter des corrections à l'EIPT. Les corrections actuelles sont de 10 à 25 fois supérieures aux limites désirables. Il espère que la nouvelle échelle sera la dernière.

Mr Blevin regrette de n'avoir pas eu le temps d'étudier en détail le document concernant l'EIPT, mais il se demande en quoi les valeurs données dans l'EIPT diffèrent des valeurs données pour une autre grandeur, par exemple une tension électrique, exprimée en fonction de la représentation du volt fondée sur la valeur conseillée de la constante de Josephson, représentation dont on sait aujourd'hui qu'elle diffère systématiquement du volt du SI.

Mr Preston-Thomas répond que le texte qui a été distribué aux membres du CIPM est supposé l'expliquer. Il a fallu deux ans pour rédiger ce document. Il faudra encore deux ans pour que l'on puisse donner une réponse claire.

Mr Dunworth félicite Mr Preston-Thomas pour son rapport.

10.2. Comité Consultatif des Unités

Mr de Boer, président du Comité Consultatif des Unités (CCU), précise que le rapport sur la réunion qui a eu lieu en juin 1984 n'est pas encore dans sa forme définitive. Le travail principal du CCU a été une étude approfondie de la brochure sur le SI pour tenir compte des décisions de la 17e Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) et pour améliorer et clarifier le texte. Il donne ensuite lecture d'un projet de recommandation concernant la Résolution 5 votée par la 16e CGPM et le soumet au vote des membres du Comité. Le problème des symboles l et L pour le litre n'a pas été tranché, une décision devra être prise lors de la prochaine CGPM. Le CCU a rejeté une demande concernant l'introduction du nom spécial « dioptrie », afin d'éviter la prolifération des noms spéciaux. Il conviendrait que le Comité prenne une décision au sujet d'une éventuelle édition bilingue de la brochure sur le SI, suivant une demande faite à la dernière CGPM.

Mr Ambler est opposé à une version anglaise officielle du SI. Il tient à ce qu'il n'y ait qu'une seule version officielle : la version en français. Le NBS et le NPL ont chacun leur version, et le choix entre les deux versions n'est pas évident.

Mr de Boer précise que l'idée est de préparer cette version en étroite collaboration avec le NPL et le NBS et de l'inclure dans la même brochure pour des raisons de commodité. Il n'y aurait plus ainsi deux ou trois volumes à consulter mais un seul. Cette publication intéressera aussi les scientifiques anglophones qui ne résident ni aux États-Unis ni en Grande-Bretagne, et qui peuvent éprouver des difficultés à se procurer les traductions en anglais de la brochure sur le SI. La traduction sera ajoutée pour des raisons de commodité seulement, mais la version française restera la seule version officielle.

Mr Ambler demande si la traduction qui sera effectuée sera une traduction français/anglais ou français/américain. Cela entraîne des risques de confusion, et le BIPM n'a pas autorité pour faire une traduction officielle. De toute façon le NBS publiera sa propre version.

Mr de Boer répond qu'il s'agira d'une version français/anglais. Il faut surmonter les petites différences orthographiques du type « kilogramme/kilogram » et « metre/meter ». La traduction sera pratiquement identique à celle du NBS et les différences seront indiquées explicitement. De toute façon, la traduction n'est en aucun cas une traduction officielle, et de plus l'habitude de publier dans *Métrologia* des traductions en anglais des résolutions et recommandations a été prise depuis plusieurs années, afin de mieux informer le monde scientifique et technique sur les décisions des organes de la Convention du Mètre.

Le président précise bien que le BIPM ne publie pas une traduction officielle, il engage seulement sa responsabilité sur le fait que cette traduction est correcte.

Pour conclure, on se rallie à un compromis proposé par Mr Blevin : il doit y avoir une nouvelle édition de la brochure sur le SI d'ici peu, on pourrait faire l'expérience à cette occasion et examiner les résultats, ce qui est accepté.

Le président soumet à approbation le projet de recommandation dont Mr de Boer a donné lecture.

Mr Ambler exprime son accord sur le texte de la recommandation, qui a par ailleurs déjà été discuté. Mr Blevin demande si ce projet a été porté à la connaissance du CCEMRI. Mr de Boer répond que le contenu de ce projet a été longuement discuté par le représentant du NBS au CCU et qu'il reprend en partie le texte que ce représentant a proposé. Mr Ambler rappelle que ce texte a été discuté au sein du CCEMRI et qu'il est en conformité avec ses opinions. Il a également été discuté au sein de l'ICRU.

Le rapport du CCU et le projet de Recommandation sont approuvés (*voir* Recommandation 1 (CI-1984), p. 31).

10.3. Composition des Comités Consultatifs

Le président propose de passer maintenant à la révision de la composition des Comités Consultatifs.

CCPR :

Mr Blevin propose que la participation à titre personnel de Mr Plaza soit remplacée par celle de l'Instituto de Optica Daza de Valdés et que cet institut fasse partie des laboratoires membres du CCPR, ce qui est approuvé.

CCT :

Mr Preston-Thomas ne signale aucune modification de la composition du CCT.

CCDM :

Mr Wang Daheng rappelle qu'à la session précédente son pays avait demandé à être représenté au sein du CCDM et renouvelle sa requête. Mr Kind propose d'inscrire le NIM de Beijing et l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti parmi les membres du CCDM. Ces propositions sont adoptées.

CCDS :

En ce qui concerne le CCDS, Mr Dunworth suggère de ne rien modifier pour le moment, en raison du transfert du TAI *.

CCEMRI :

Le CCEMRI a connu quelques changements dans sa composition : Mr W. A. Jennings s'est retiré et a été remplacé par Mr Henry (Canada). Mr Weiss se prépare à se retirer et Mr Taylor (Canada) devrait lui succéder. Mr Ambler demande à se retirer de la présidence du CCEMRI pour assumer celle du CCE, mais il assurera la présidence de la session de 1985. Le Comité approuve ces changements.

CCU :

Pour le CCU, Mr de Boer suggère d'ajouter Mr Jensen, comme membre nommément désigné, ce qui est approuvé.

CCM :

Mr Skakala souhaiterait que le CSMU, institut tchécoslovaque, fasse partie du CCM; cet institut a une activité notable dans le domaine des masses. Sa proposition est approuvée. Mr Perlstain ajoute qu'il est maintenant à la retraite, qu'il accepte de rester encore un an à la présidence du CCM, mais qu'il faudrait penser à lui trouver un remplaçant pour diriger les travaux de ce comité après la prochaine réunion. Le président signale que le bureau a déjà considéré cette éventualité, et qu'il proposera le

---

* Le bureau du Comité a demandé ultérieurement à Mr Kovalevsky d'assurer la présidence du CCDS pour la session prévue en 1985.

nom de Mr Bray pour succéder à Mr Perlstain. Mr Bray remercie le président de sa proposition et réserve sa réponse.

CCE :

La composition du CCE doit être réexaminée. Son président par intérim, H.-J. Schrader, est décédé et la présidence de ce comité doit être assurée pour la prochaine session en 1986. Mr Ambler accepte de prendre cette présidence. Toutefois il ne pourra assurer cette tâche qu'après 1985, car il doit encore présider la prochaine session du CCEMRI. Il propose que le NIM de Beijing devienne membre du CCE. Mr Perlstain demande que l'Office Fédéral de Métrologie, Wabern, fasse aussi partie du CCE. Sa demande est acceptée.

10.4. Réunions futures

Mr Giacomo rappelle qu'il convient de fixer maintenant les dates des prochaines réunions des Comités Consultatifs. Les réunions sont prévues aux dates suivantes :

CCPR : septembre 1986.
CCT : vers mai-juin 1986.
CCDM : pas avant 1986.
CCDS : le plus tôt possible, en 1985 *.
CCEMRI : 24-25 juillet 1985.
CCU : juin-juillet 1986.
CCM : 18-21 juin 1985.
CCE : pas avant septembre 1986 **.

10.5 Groupe de travail sur l'expression des incertitudes

Mr Quinn souligne la nécessité de donner une nouvelle impulsion au Groupe de travail sur l'expression des incertitudes.

Mr Blevin rappelle qu'il est très important pour le CIPM de savoir où en sont les travaux sur les incertitudes. Le CIPM devrait soit confirmer les recommandations provisoires faites précédemment, soit leur apporter les modifications qu'il jugerait nécessaires. On ne peut guère laisser le problème en attente pendant encore deux ans. Pour Mr Ambler, le plus important est d'étudier la mise en application de la recommandation.

Mr Quinn suggère de rédiger un document plus détaillé que l'on pourrait soumettre à l'approbation de ce même Groupe de travail.

Mr Blevin précise que d'après les discussions qu'il a pu entendre, la recommandation elle-même est assez bien acceptée, mais on lui reproche le manque de détails pour la mise en application et le style imparfait de

---

* Date fixée ultérieurement aux 5-7 juin 1985.
** Date proposée ultérieurement : 16-18 septembre 1986.

l'argumentation. Il faudrait faire une enquête sur la façon dont ce document a été reçu.

Mr Giacomo dit que ce genre d'enquête prend beaucoup de temps. Il ne pense pas qu'il soit possible d'organiser une réunion en 1985 ni même en 1986. Dans leur majorité, les laboratoires nationaux acceptent bien cette recommandation; il y a eu des réactions individuelles, parfois vives, mais ce ne sont que des réactions individuelles.

Il a été proposé d'écrire aux laboratoires nationaux et aux autres organisations intéressées pour avoir connaissance des réactions aux recommandations provisoires. Le BIPM ou le Groupe de travail sur l'expression des incertitudes, qui serait convoqué si les résultats de l'enquête en montraient la nécessité, devraient suggérer au CIPM de prendre les mesures nécessaires.

Mr Ambler rappelle la pression dont ce Groupe de travail est l'objet pour obtenir des recettes pour combiner les erreurs. Quand on parle de cette recommandation à des métrologistes ou à des statisticiens, ceux-ci vous disent qu'ils ont besoin de détails, que ce n'est pas satisfaisant du point de vue de la mise en application. Il n'est certainement pas facile de donner une recette simple. Il faudra prendre des décisions plus ou moins arbitraires en collaboration avec des organismes comme l'ISO, l'OIML.

Mr Giacomo souligne que l'on a évité jusqu'ici de donner des recettes. On a cherché à donner des bases scientifiques. Une recette n'est pas du ressort de ce Groupe de travail. Si l'on peut aider les physiciens d'une certaine façon, c'est sur le plan scientifique.

Mr Ambler trouve que Mr Blevin a raison. Le CIPM doit décider s'il veut aller plus loin ou passer la main à une autre organisation. Mr Kind suggère que l'OIML ou l'ISO pourraient être contactés.

11. Questions administratives

Mr de Boer aborde tout d'abord la question des salaires. En 1984, l'augmentation des traitements avait été amputée de 2 %. Faut-il appliquer en 1985 la même politique que l'année dernière, suivre les décisions prises par les organisations coordonnées, décisions qui ne sont pas encore connues pour 1985, ou revenir à la situation antérieure ? Il suggère de laisser le bureau du Comité en décider ultérieurement.

Les textes concernant le statut et le règlement de la caisse de retraites ont été refondus pour tenir compte des modifications adoptées par le CIPM depuis quelques années, et en particulier l'an dernier. Toutefois, le bureau n'est pas satisfait de la rédaction actuelle de l'article 8 du règlement de la caisse de retraites. Il pense que les représentants du personnel sont d'accord avec les changements intervenus dans le statut et le règlement de la caisse de retraites et propose de soumettre les deux documents à

l'approbation du CIPM, en laissant de côté cet article 8. Le Comité donne son accord. Mr de Boer rappelle que c'est Mr Quinn qui a conduit les discussions avec les représentants du personnel pour formuler la nouvelle version de ces documents et il l'en remercie. Mr Quinn précise que ces nouveaux documents résultent aussi d'un travail considérable de la part des représentants du personnel et il les en remercie.

Mr de Boer donne un résumé du document concernant les fonds de la caisse de retraites et de prévoyance.

Une étude des fonds de la caisse de retraites a été effectuée par un actuaire pour évaluer les charges imputables à la caisse de retraites jusqu'en 2005, compte tenu des anciens et des nouveaux statuts du personnel. D'autre part le BIPM a mené lui-même une étude, tenant compte de l'espérance de vie du personnel du Bureau. Dans quelques années, les charges seront plus lourdes. Une étude statistique effectuée sur un échantillonnage de 60 personnes n'est pas très fiable. Toutefois, les études menées par les soins du Bureau et par l'actuaire concordent. En 1984, les fonds de la caisse de retraites sont suffisants pour au moins dix ans.

Si l'on se réfère à la politique suivie en la matière par les organisations coordonnées, on constate qu'elles n'envisagent pas de modifier leurs contributions dans l'immédiat, mais prévoient qu'elles seront amenées à le faire vers l'an 2000.

La conclusion est que la situation de la caisse de retraites est saine pour le moment, mais devra être surveillée dans les prochaines années (1995-2000). Il faudra alors envisager d'accroître le capital.

Mr Blevin rappelle qu'il avait demandé l'an dernier une étude actuariale. Il est satisfait qu'elle ait été faite. Il se réjouit de voir que la situation est saine jusqu'à la fin du siècle.

12. Sièges vacants au CIPM

En raison du décès de L. Cintra Do Prado et de l'engagement de Mr Guinot au BIPM, deux sièges sont maintenant vacants au CIPM.

De plus, le président rappelle qu'il doit quitter le CIPM à la fin de cette session et qu'il conviendrait de discuter aussi de cette vacance.

Conformément à la décision prise lors de la 70e session du CIPM (1981), aucune démarche n'a été faite en vue des nouvelles élections afin d'en discuter tout d'abord au sein du CIPM.

Après un échange de vues sur les diverses personnalités dont l'élection pourrait être envisagée, il est décidé que le bureau du Comité préparera les documents nécessaires et que les propositions de vote seront envoyées aux membres du Comité en temps opportun.

13. Questions diverses

13.1. Élection du bureau du CIPM

Une séance spéciale, à laquelle assistent seuls les membres du Comité et le directeur du BIPM, a lieu sous la présidence de Mr de Boer, doyen des membres du Comité.

Confirmant la déclaration qu'il avait faite à la 17e Conférence Générale, Mr Dunworth présente sa démission. Le Comité doit donc procéder à l'élection de son nouveau bureau.

Après dépouillement des votes, le bureau du Comité est ainsi constitué :

Président :	D. Kind
Vice-présidents :	H. Preston-Thomas
	J. Skakala
Secrétaire :	J. de Boer
Secrétaire-adjoint :	H. H. Jensen

Mr Dunworth s'étant retiré, le Comité décide de le nommer membre honoraire.

La séance plénière reprend ensuite.

Avant de quitter le CIPM, Mr Dunworth donne lecture aux membres du Comité International d'une lettre retraçant les événements les plus marquants de sa carrière de président du CIPM et remercie les membres du Comité, ainsi que le directeur et le personnel du BIPM, de leur soutien sans faille durant toutes ces années.

« La période durant laquelle je fus votre président a été fort passionnante et stimulante; elle a connu une grande activité dans presque tous les aspects des travaux du CIPM et du BIPM. Au tout début, il y eut le Centenaire de la Convention du Mètre en 1975 et, peu après, la transmission en douceur de la direction à Mr Giacomo, pour laquelle le Comité doit exprimer toute sa gratitude à Mr Terrien. La nomination de Mr Quinn a apporté au BIPM une collaboration harmonieuse, qui a grandement facilité le travail du Comité et en particulier celui de son bureau.

« Les fondements des principaux changements dans la technologie des unités de base avaient déjà été posés du temps où Mr Terrien était directeur. Ce travail a été poursuivi avec l'établissement de TAI et d'UTC, et tout particulièrement avec les changements touchant à la vitesse de la lumière et au mètre. L'établissement d'un nouveau Comité Consultatif a été une réponse opportune aux récents développements de la métrologie des masses et des grandeurs apparentées. D'importants efforts ont été consacrés à définir les travaux futurs du BIPM dans le domaine des rayonnements ionisants, et le Système International d'Unités (SI) a été

perfectionné en particulier en ce qui concerne les unités utilisées dans le domaine des rayonnements ionisants. La redéfinition de l'Échelle Internationale Pratique de Température a connu des progrès constants en même temps que croissait l'intérêt porté aux travaux du CCPR. Il s'est passé beaucoup de choses dans le monde entier dans le domaine de la métrologie électrique et, après une décennie relativement calme, le Comité Consultatif d'Électricité s'apprête dans les prochaines années à connaître un regain d'activité. Il a semblé souhaitable d'associer de plus près les Comités Consultatifs au travail de laboratoire du BIPM et cela est maintenant en voie de réalisation, bien qu'il reste encore à faire. Le groupe formé des présidents des Comités Consultatifs, créé récemment sous la présidence du Dr Kind, devrait assurer l'utilisation optimale des ressources limitées du BIPM.

« A l'époque de mon élection à la présidence, il était déjà clair qu'il serait nécessaire de consacrer encore beaucoup de soins aux diverses questions administratives. La poursuite de la modernisation et de la remise en valeur des bâtiments était urgente. C'était une nécessité primordiale pour les ateliers. Nous avions aussi besoin de place; le bâtiment qui vient de s'achever doit être une source d'encouragement pour le personnel et, en fait, s'est révélé opportun en raison des besoins en locaux pour le travail des lasers, ainsi que pour le transfert du TAI de l'Observatoire de Paris au BIPM. Le besoin de nouveaux locaux supplémentaires est manifeste, même si l'effectif du personnel reste constant.

« La répartition des âges du personnel continue à nous préoccuper, et l'abaissement de l'âge du départ à la retraite à 65 ans revêt une grande importance dans ce contexte. Ceci nous a conduit à examiner avec une grande minutie les conditions de travail du personnel. Nous éprouvons de toute évidence des difficultés à recruter du personnel à l'échelle internationale pour une mission de longue durée au BIPM et pourtant, de toute façon, un certain flux de renouvellement dans le personnel scientifique est désirable. L'établissement de recrutements à court terme de personnel jeune ou d'âge plus mûr doit être le bienvenu. Pour un personnel ayant atteint le milieu de sa carrière, de véritables engagements à court terme peuvent se révéler plus difficiles à réaliser.

« Dans une période d'agitation financière générale et sans précédent, tant du point de vue du cours des monnaies que de l'inflation, et en gardant à l'esprit la dépression économique mondiale, le soutien des pays adhérents nous a grandement aidé à maintenir la stabilité financière du BIPM; la situation financière actuelle est assez satisfaisante. Nous devons pour cela remercier largement le directeur et le personnel du BIPM pour le soin qu'ils ont apporté dans la gestion des fonds qui leur ont été alloués.

« Le travail du bureau du Comité s'est rapidement accru au cours de ces dix dernières années; il représente maintenant une charge de travail importante pour ses membres, tout particulièrement pour les deux responsables nommément désignés par la Convention du Mètre sous le nom de secrétaire et de président. La conduite efficace des affaires a été

renforcée, il y a de nombreuses années, par la nomination d'un vice-président et, plus récemment, par celle d'un secrétaire-adjoint. Depuis lors le bureau a passé en revue ses activités et plusieurs changements ont vu le jour. On a pressenti qu'il y aurait avantage à avoir un second vice-président; il semble qu'il serait maintenant opportun de reconsidérer plus à fond cette question.

« En conclusion, je saisis cette occasion pour remercier les membres du Comité, ainsi que le directeur et le personnel du BIPM, pour leur soutien sans faille durant les nombreuses années de ma présidence. Les affaires du CIPM et du BIPM fonctionnent bien. Qu'il en soit ainsi longtemps. »

Mr Kind s'adressant à Mr Dunworth et à ses collègues, déclare que son élection comme successeur de Mr Dunworth à la présidence du CIPM est très stimulante pour lui en raison de l'importance de cette position tant du point de vue des responsabilités que de l'engagement personnel qu'elle implique. Mr Dunworth a rappelé brièvement les événements marquants de sa présidence et rien ne peut y être ajouté. Il est très vrai que durant les neuf années de sa présidence, qui débuta par la célébration du centenaire de la Convention du Mètre jusqu'à maintenant, où nous célébrons l'inauguration du nouveau bâtiment des lasers, la définition de deux unités de base a été changée, ce qui n'implique pas qu'il doive en être de même par la suite. Les événements les plus importants de ces prochaines années seront à son avis le changement de l'échelle internationale de température et le transfert du TAI au BIPM, qui ne manquera pas de changer l'image du Bureau. Le poste qu'il occupe maintenant implique la possession de grandes qualités diplomatiques, administratives et scientifiques tout à la fois. Il fera de son mieux pour suivre la ligne de conduite que lui a léguée Mr Dunworth et espère être digne de lui. Il le remercie chaudement au nom du Comité et des organes de la Convention du Mètre.

Mr de Boer rappelle que, lorsqu'il était simplement membre du Comité, le président du Comité était A. Danjon, astronome. En tant que secrétaire, il a eu l'occasion de collaborer avec quatre présidents : R. Vieweg, président de la PTB, un scientifique qui a vraiment été à l'origine de la collaboration entre le bureau du Comité dans sa totalité et le directeur du BIPM : ils ne font qu'un et partagent les mêmes responsabilités. Puis il y eut L. E. Howlett, directeur scientifique du NRC, qui était un président aimable et efficace. Puis vint J. M. Otero, lui aussi avec toutes les qualités de dignité et de diplomatie. Et Mr de Boer de conclure, s'adressant directement à Mr Dunworth : « Puis ce fut vous, et vous avez montré toutes les qualités de vos prédécesseurs : scientifique expérimenté, naguère encore directeur du NPL, vous avez été un très bon président et le CIPM désire vous l'exprimer sous la forme d'un cadeau. Le CIPM a en outre décidé de vous nommer membre honoraire du Comité International ».

Mr de Boer offre à Mr Dunworth une reproduction d'une gravure représentant le « Pavillon d'Italie », comme se nommait autrefois le Pavillon de Breteuil.

Mr Dunworth déclare qu'il n'est pas de cadeau qui puisse lui faire plus plaisir. Il le mettra dans son bureau, si sa femme l'y autorise. Ce tableau lui rappellera cet endroit, les amis qu'il y a, et l'hospitalité qu'il y a reçue de la part de Mr et Mme Giacomo, chez qui il a résidé à de nombreuses occasions. C'est un grand honneur et un grand plaisir pour lui d'être nommé membre honoraire du CIPM, mais il ne pense pas revenir trop souvent, car ce serait une erreur de la part d'un ancien président. Si toutefois le Comité avait besoin de lui, il sera toujours heureux de répondre aux questions que l'on pourra lui poser.

13.2. Prochaine session

La prochaine session du CIPM se tiendra du 23 au 25 octobre 1985 et sera précédée d'une réunion des présidents des Comités Consultatifs le 22 octobre.

L'ordre du jour étant épuisé, le président clôt la 73e session du CIPM.

Recommandation adoptée par le CIPM à sa 73e session

RECOMMANDATION 1 (CI-1984)

Au sujet du sievert

Le Comité International des Poids et Mesures,

considérant la confusion qui continue d'exister au sujet de la Résolution 5, votée par la 16e CGPM (1979),

décide d'introduire l'explication suivante dans la brochure « Le Système International d'Unités (SI) » :

La grandeur équivalent de dose H est le produit de la dose absorbée D de rayonnements ionisants et de deux facteurs sans dimension Q (facteur de qualité) et N (produit de tous les autres facteurs de multiplication) prescrits par l'International Commission on Radiological Protection :

$$H = Q \cdot N \cdot D.$$

Ainsi, pour une radiation donnée, la valeur numérique de H en joules par kilogramme peut être différente de la valeur numérique de D en joules par kilogramme, puisqu'elle est fonction de la valeur de Q et de N. Afin d'éviter tout risque de confusion entre la dose absorbée D et l'équivalent de dose H, il faut employer les noms spéciaux pour les unités correspondantes, c'est-à-dire qu'il faut utiliser le nom gray au lieu de joule par kilogramme pour l'unité de dose absorbée D et le nom sievert au lieu de joule par kilogramme pour l'unité d'équivalent de dose H.

Composition des Comités Consultatifs

Comité Consultatif d'Électricité (CCE)

Président : E. Ambler, National Bureau of Standards, Gaithersburg

Membres :

Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, Berlin
Conseil National de Recherches, Ottawa
CSIRO, Division of Applied Physics, Lindfield
Electrotechnical Laboratory, Ibaraki
Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Turin
Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Leningrad
Institut National de Métrologie, Beijing
Institut National de Métrologie, Bucarest
Laboratoire Central des Industries Électriques, Fontenay-aux-Roses
National Bureau of Standards, Gaithersburg
National Physical Laboratory, Teddington
National Physical Research Laboratory, Pretoria
Office Fédéral de Métrologie, Wabern
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
Van Swinden Laboratorium, Delft
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures

Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR)

Président : W. R. Blevin, CSIRO, Division of Applied Physics, Lindfield

Membres :

Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, Berlin
Bureau National de Métrologie : Institut National de Métrologie, Paris
Conseil National de Recherches, Ottawa
CSIRO, Division of Applied Physics, Lindfield
Electrotechnical Laboratory, Ibaraki
Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Leningrad
Institut National de Métrologie, Beijing
Instituto de Optica Daza de Valdés, Madrid
Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Turin
National Bureau of Standards, Gaithersburg
National Physical Laboratory, Teddington
National Physical Research Laboratory, Pretoria
Office Fédéral de Métrologie, Wabern/World Radiation Center, Davos
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
F. Rotter, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Vienne
J. Schanda, Research Institute for Technical Physics, Budapest
K. Yoshié, Université de Chiba
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures

Comité Consultatif de Thermométrie (CCT)

Président : H. Preston-Thomas, Conseil National de Recherches, Ottawa

Membres :

Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, Berlin
Bureau National de Métrologie : Institut National de Métrologie, Paris
Československý Metrologický Ústav, Bratislava
Conseil National de Recherches, Ottawa
CSIRO, Division of Applied Physics, Lindfield
Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Leningrad/Institut des Mesures Physico-Techniques et Radiotechniques, Moscou
Institut National de Métrologie, Beijing
Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Turin
National Bureau of Standards, Gaithersburg
National Physical Laboratory, Teddington
National Research Laboratory of Metrology, Ibaraki
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
Van Swinden Laboratorium, Delft
F. G. Brickwedde, Pennsylvania State University
C. A. Swenson, Iowa State University
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures

Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM)

Président : D. Kind, Physikalisch-Technische Bundesantalt, Braunschweig

Membres :

Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, Berlin
Bureau National de Métrologie : Institut National de Métrologie, Paris
Conseil National de Recherches, Ottawa
CSIRO, Division of Applied Physics, Lindfield
Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Leningrad
Institut National de Métrologie, Beijing
Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Turin
National Bureau of Standards, Gaithersburg/Joint Institute for Laboratory Astrophysics, Boulder
National Physical Laboratory, Teddington
National Research Laboratory of Metrology, Ibaraki
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
Union Astronomique Internationale
B. Edlén, Lunds Universitets, Lund
L. Frenkel, Lynn, Massachusetts
K. Shimoda, Tokyo
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures

Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (CCDS)

Président : J. Kovalevsky, Centre d'Études et de Recherches Géodynamiques et Astronomiques, Grasse

Membres :

Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, Berlin
Bureau International de l'Heure, Paris
Bureau des Longitudes, Paris
Bureau National de Métrologie : Laboratoire Primaire du Temps et des Fréquences, Paris
Comité Consultatif International des Radiocommunications [CCIR] de l'Union Internationale des Télécommunications, Genève
Conseil National de Recherches, Ottawa
Institut des Mesures Physicotechniques et Radiotechniques, Moscou
Institut National de Métrologie, Beijing
Instituto y Observatorio de Marina, San Fernando
Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Turin
Laboratoire de l'Horloge Atomique du CNRS, Orsay
Laboratoire Suisse de Recherches Horlogères, Neuchâtel
National Bureau of Standards, Gaithersburg
National Physical Laboratory, Teddington
National Physical Laboratory of India, New Delhi
National Research Laboratory of Metrology, Ibaraki
Observatoire de Neuchâtel, Neuchâtel
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
Radio Research Laboratories, Tokyo
Royal Greenwich Observatory, Hailsham
Union Astronomique Internationale
U. S. Naval Observatory, Washington
Van Swinden Laboratorium, Delft
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures

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

Président : E. Ambler, National Bureau of Standards, Gaithersburg

Membres :

W. H. Henry (président de la Section I), Conseil National de Recherches, Ottawa
H. M. Weiss (président de la Section II), Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
R. S. Caswell (président de la Section III), National Bureau of Standards, Gaithersburg
J. G. V. Taylor, Chalk River, remplacera H. M. Weiss après 1985.
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures.

Section I (Rayons X et γ, électrons)

Président : W. H. Henry, Conseil National de Recherches, Ottawa

Membres :

Australian Radiation Laboratory, Yallambie
Bureau National de Métrologie : Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants, Saclay
Conseil National de Recherches, Ottawa
Electrotechnical Laboratory, Ibaraki
Institut de Métrologie D. I. Mendéléev, Leningrad
Institut National de Métrologie, Beijing
International Commission on Radiation Units and Measurements
National Bureau of Standards, Gaithersburg
National Institute of Radiation Protection, Stockholm
National Physical Laboratory, Teddington
Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
Polski Komitet Normalizacji i Miar, Varsovie
Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Utrecht
A. Allisy, Paris
A. Brosed, Madrid
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures

Section II (Mesure des Radionucléides)

Président : H. M. Weiss, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

Membres :

Australian Atomic Energy Commission, Research Establishment, Sutherland
Bureau National de Métrologie : Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants, Saclay
Conseil National de Recherches, Ottawa
Institut de Métrologie D. I. Mendéléev, Leningrad
Institut National de Métrologie, Beijing
National Accelerator Centre, Pretoria
National Bureau of Standards, Gaithersburg
National Physical Laboratory, Teddington
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
J. J. Gostely, Lausanne
J. G. V. Taylor, Chalk River, Canada
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures

Section III (Mesures neutroniques)

Président : R. S. Caswell, National Bureau of Standards, Gaithersburg

Membres :

Bureau National de Métrologie : Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants, Saclay
Conseil National de Recherches, Ottawa
Electrotechnical Laboratory, Ibaraki
Institut de Métrologie D. I. Mendéléev, Leningrad
Institut National de Métrologie, Beijing
National Bureau of Standards, Gaithersburg
National Physical Laboratory, Teddington

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
H. Liskien (BCMN, Geel)
J. J. Broerse (TNO, Rijswijk)
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures

Comité Consultatif des Unités (CCU)

Président : J. de Boer, Instituut voor Theoretische Fysika, Amsterdam

Membres :

Comité d'État de l'URSS pour les Normes (Gosstandart), Moscou
Commission Électrotechnique Internationale
Commission Internationale de l'Éclairage
Conseil National de Recherches, Ottawa
Institut National de Métrologie, Beijing
International Commission on Radiation Units and Measurements
National Bureau of Standards, Gaithersburg
National Physical Laboratory, Teddington
National Research Laboratory of Metrology, Ibaraki
Organisation Internationale de Métrologie Légale
Organisation Internationale de Normalisation (Comité Technique 12)
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (Commission STU)
Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (Commission SUN)
H. H. Jensen, København Ø
M. L. McGlashan, Londres
L. Villena, Madrid
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures

Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM)

Président : A. Perlstain, Office Fédéral de Métrologie, Wabern

Membres :

Bureau National de Métrologie : Institut National de Métrologie, Paris
Československý Metrologický Ústav, Bratislava
Conseil National de Recherches, Ottawa
CSIRO, Division of Applied Physics, Lindfield
Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Leningrad
Institut National de Métrologie, Beijing
Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Turin
National Bureau of Standards, Gaithersburg
National Physical Laboratory, Teddington
National Research Laboratory of Metrology, Ibaraki
Office Fédéral de Métrologie, Wabern
Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig
Van Swinden Laboratorium, Delft
Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures

RAPPORT DU DIRECTEUR
SUR L'ACTIVITÉ ET LA GESTION
DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
(octobre 1983 - septembre 1984)

I. — PERSONNEL

Nominations

Mme D. MÜLLER, secrétaire principale, a été nommée secrétaire-traductrice bilingue, avec rang de métrologiste-rédacteur.

B. BODSON, mécanicien principal, a été nommé chef d'atelier, assimilé à technicien principal.

J.-P. DEWA, mécanicien, a été nommé mécanicien principal.

Ces nominations ont pris effet le 1er janvier 1984.

Engagements

Mme Rosa PRIETO, née le 18 avril 1946 à Villamanrique (Espagne), a été engagée comme contractuelle à mi-temps et en qualité de femme de ménage, à compter du 1er mai 1984.

Pascal BENOIT, né le 9 septembre 1953 à Tournan-en-Brie (Seine-et-Marne), précédemment électricien à la Société Verger-Delporte, a été engagé comme électricien assimilé à mécanicien, à compter du 15 septembre 1984.

L'engagement de Mme A. WITT a été renouvelé pour treize mois à compter du 1er novembre 1983.

Chercheurs associés

Clive C. SPEAKE, né le 29 avril 1957 à Wolverhampton (Royaume-Uni), Ph. D. de l'Université de Cambridge, précédemment ingénieur chez Flopetrol-Johnston (Schlumberger) à Vaux-le-Pénil, a été engagé, pour deux ans, en tant que chercheur associé à la section des masses, assimilé à physicien, à compter du 1er février 1984.

Guy RATEL, né le 2 février 1952 à Albertville (Savoie), docteur ès sciences de l'Université de Zurich, précédemment boursier de recherche à l'Atominstitut der Österreichischen Universitäten à Vienne (Autriche), a été

engagé, pour deux ans, en tant que chercheur associé à la section des rayonnements ionisants, assimilé à physicien, à compter du 1er août 1984.

Tadashi ENDO, né le 21 mai 1942 à Yokohama (Japon), docteur ès sciences de l'Université de Keio, précédemment physicien à l'Electrotechnical Laboratory de Ibaraki (Japon), a été engagé, pour deux ans, en tant que chercheur associé à la section d'électricité, assimilé à physicien, à compter du 1er août 1984.

Bernard GUINOT, né le 8 septembre 1925 à Livarot (Calvados), astronome titulaire de l'Observatoire de Paris, a été engagé, pour six ans, en tant que chercheur associé à la section des échelles de temps, avec rang de physicien chercheur principal, à compter du 1er septembre 1984.

II. — BÂTIMENTS

Grand Pavillon

Peinture des menuiseries extérieures, côté jardin fleuriste.

Dépendances

Curage annuel des canalisations souterraines des eaux usées.

Aménagement du local enterré abritant le compresseur, près du bâtiment des rayonnements ionisants, pour y installer l'appareillage de traitement thermique des fils géodésiques.

Refonte complète du local du poste moyenne tension pour y installer un nouveau transformateur de 630 kVA et, pour le raccordement de ce dernier au réseau public dans la Grande Rue à Sèvres, mise en place, dans une tranchée, de deux câbles d'alimentation sous 20 kV.

Mise en place d'une bouche d'incendie de 100 mm, alimentée par le réseau d'eau potable, pour pallier les défaillances éventuelles du réseau d'eau non potable.

Bâtiment des lasers

Achèvement des travaux et début de l'emménagement.

III. — INSTRUMENTS ET TRAVAUX

Remarques générales

L'événement le plus marquant de cette année est l'achèvement du « bâtiment des lasers ». Grâce à la surveillance constante de l'un de nos métrologistes, J.-M. Chartier, nous avons pu éviter les multiples pièges

quotidiens que cache une opération de ce genre. Tout laisse à penser que le bâtiment sera utilisable sans surprise majeure à l'automne 1984.

Le transfert de la section des lasers dans ce nouveau bâtiment libérera à l'Observatoire deux salles de laboratoires au sous-sol, deux petites salles au rez-de-chaussée et un bureau. Cela permettra de résoudre une partie de nos problèmes les plus urgents de place de laboratoire pour la section des masses et la section d'électricité.

D'autre part, le transfert du logement du second gardien dans ce nouveau bâtiment permettra d'aménager trois bureaux supplémentaires au premier étage du nouvel observatoire. C'est grâce à l'espace de bureaux ainsi dégagé que nous avons pu envisager l'accueil de la section « temps atomique » du Bureau International de l'Heure.

On verra dans ce rapport que divers équipements nouveaux sont en cours d'étude ou de réalisation : lasers asservis, balance à suspensions flexibles et à fléau asservi, comparateur cryogénique de courants, comparateurs automatiques de piles et de résistances. D'autres équipements ou méthodes récemment mis en œuvre font l'objet d'études critiques : gravimètre transportable, méthode d'échantillonnage sélectif, utilisation du « Global Positioning System » pour les liaisons horaires. Ce travail est mené de front avec celui des comparaisons en cours ou en préparation : règle divisée, étalons de résistance, étalons photométriques, activité de radionucléides, dosimétrie et débit de fluence neutroniques, sans parler des étalonnages et vérifications d'étalons dont on trouvera la liste plus loin (Certificats et notes d'étude) ni des services permanents comme l'élaboration du TAI ou l'entretien du Système international de référence pour les émetteurs γ.

Ces travaux ont besoin, de temps à autre, d'une bouffée d'oxygène. L'achèvement du bâtiment des lasers en est une. Son effet stimulant devrait contribuer de façon significative au maintien du moral élevé qui est nécessaire pour accomplir les tâches qui nous incombent.

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

1. **Informatique** (P. Carré)

Depuis le 1er février 1968, le BIPM dispose d'un ordinateur IBM 1130 (Rapport 1968, p. 32) comprenant à l'origine une unité centrale de traitement avec une mémoire de 4 096 mots de 16 bits, une unité de disques interchangeables de 512 000 mots, une machine à écrire comme unité de sortie, un lecteur-perforateur de cartes connecté et une perforatrice indépendante pour la préparation des cartes. La capacité de la mémoire, jugée trop faible avant même que la livraison ne soit effectuée, a été étendue à 8 192 mots en mai 1968. En août 1972, a été installé un « canal OEM »

par l'intermédiaire duquel nous avons pu, en mars 1974, connecter à l'unité centrale un lecteur-enregistreur de cassettes Philips.

Bénéficiant de conditions relativement avantageuses après plus de huit années de location, le BIPM a acheté cet ordinateur en décembre 1976. Enfin, en octobre 1978 furent mises en service une imprimante par lignes et une nouvelle extension de la mémoire, portée à 16 384 mots.

Peu à peu, pratiquement tous les calculs courants et divers calculs spéciaux avaient été programmés et étaient exécutés sur cet ordinateur.

Dès 1971, nous avons commencé à envisager la possibilité d'un traitement « en temps réel » des résultats des mesures. Une solution fondée sur un ordinateur central muni des nombreuses connexions nécessaires a même été étudiée. Elle fut heureusement abandonnée en raison du développement prévisible des petits ordinateurs : l'utilisation d'ordinateurs affectés spécialement aux diverses mesures nous a en effet semblé être une meilleure solution à moyen terme.

Une enquête effectuée auprès des responsables des diverses sections a montré qu'en règle générale les besoins pouvaient être satisfaits par un enregistrement des résultats des mesures suivi d'un traitement par l'ordinateur central. Le ruban magnétique en cassettes a été le support retenu; l'ordinateur a donc été muni d'un lecteur-enregistreur de cassettes. Six postes de travail, répartis dans diverses sections (longueurs, interférométrie, radionucléides, rayons X, neutrons), ont été peu à peu équipés d'enregistreurs sur ruban magnétique et fonctionnent encore à la satisfaction des intéressés.

Au début de 1974, une section (lasers) avait été équipée d'un « compteur-calculateur » Hewlett-Packard qui convenait très bien aux traitements numériques à effectuer. Le développement des microprocesseurs se concrétisa à partir de 1976 par la construction de deux systèmes informatiques affectés l'un au gravimètre transportable, où les données doivent être acquises à grande vitesse (20 000 octets par seconde) et réduites immédiatement, et l'autre aux mesures pyrométriques qui doivent être effectuées de façon continue de nuit comme de jour. Simultanément, le BIPM s'équipa de micro-ordinateurs pour le pilotage de certains dispositifs de mesure, l'acquisition et le traitement des données (mesures radiométriques, comparaison d'étalons de force électromotrice, lecture automatique des positions du fléau des balances, étalonnage des thermomètres à résistance, études sur les lasers). A l'heure actuelle (septembre 1984), nous disposons des micro-ordinateurs suivants : à la section de photométrie et radiométrie, un HP-85; à la section d'électricité, trois HP-85 et un HP-9836; à la section des masses, trois HP-86; à la section de thermométrie, un HP-86; à la section des lasers, un Tektronix 4052 et un HP-86.

La Compagnie IBM nous a annoncé, au début de 1982, qu'elle mettrait fin au contrat d'entretien de notre ordinateur IBM 1130 le 30 septembre 1985. Il convenait donc de décider si cet ordinateur devrait ou non être remplacé. Une enquête effectuée en octobre 1982 et renouvelée en octobre

1983 a apporté une réponse affirmative. D'une part, les données enregistrées sur ruban magnétique doivent pouvoir être traitées, pendant plusieurs années encore, avant que les six postes de travail en question soient éventuellement équipés de micro-ordinateurs spécialisés; d'autre part, les simulations par la méthode de Monte-Carlo, qui sont largement utilisées par la section des rayonnements ionisants, doivent pouvoir être effectuées avec une rapidité suffisante. Les micro-ordinateurs actuellement affectés à des mesures spécialisées ne peuvent pas satisfaire ces besoins. Après une étude minutieuse de divers systèmes, notre choix s'est porté sur l'« Ordinateur Personnel » d'IBM, modèle XT, équipé d'un processeur principal et d'un coprocesseur mathématique, d'une imprimante, d'une unité de disquettes, d'un disque dur et d'une mémoire de capacité extensible jusqu'à environ 640 000 octets. Nous munirons nous-mêmes cet appareil d'un lecteur-enregistreur de cassettes. Le choix du logiciel a aussi fait l'objet de recherches minutieuses : il n'a pas été aisé, notamment, de trouver un compilateur Fortran qui utilise efficacement le coprocesseur. Cet appareil doit nous garantir un gain de rapidité s'exprimant, par rapport à notre ordinateur actuel, par un facteur de l'ordre de 10 et cela pour un prix très modique. Si ce gain de rapidité se révélait insuffisant, la solution consisterait à connecter cet ordinateur aux ordinateurs du CIRCE (Centre interrégional de calcul électronique, Orsay) par le réseau téléphonique, ce qui ne devrait présenter aucune difficulté du fait que l'ordinateur choisi est justement l'un de ceux que cet organisme recommande comme terminal.

Enfin, compte tenu de la nécessité de se prémunir contre les pannes éventuelles et afin de réduire pratiquement à zéro la durée d'attente, même si une simulation de longue durée est en cours, nous avons décidé d'acquérir immédiatement deux ordinateurs identiques. Ces appareils, commandés dans les premiers jours de juin 1984, ont été livrés le 27 juin et cette livraison a été complétée le 14 août. Le coût de l'ensemble, logiciel compris, ne dépasse pas 88 000 francs-or (160 000 francs français).

2. **Longueurs** (P. Carré, J. Hamon)

2.1. — Étalons à traits

Comparaison internationale

Le troisième circuit (IMGC, NIM, CSIRO, OFMET) de la comparaison internationale de mesure de la règle divisée N° 12924 (Rapport 1983, p. 32) est terminé. Nous avons reçu les rapports du CSIRO et de l'OFMET en février 1984.

Le BIPM a effectué une nouvelle étude de cette règle en octobre-novembre 1983.

L'IMM (U.R.S.S.) ayant demandé à effectuer de nouvelles mesures, la règle, transportée à cet Institut le 6 avril 1984 par un métrologiste du Gosstandart, y a été étudiée et nous a été rapportée le 24 septembre 1984. Le BIPM va maintenant effectuer une dernière étude qui mettra un terme à cette comparaison commencée en 1976.

Le rapport du BIPM sur ses propres mesures concernant la règle N° 12924 (1976, 1978, 1980 et 1983) et la règle N° 16806 (1975 et 1978), en cours de préparation, pourra alors être complété. Il en sera de même du rapport sur l'ensemble de la comparaison.

Règles divisées

Règle N° 12924 de 1 m en acier nickelé (BIPM). Cette règle participe à la comparaison internationale. Nous en avons fait l'étude après le troisième circuit : longueur de l'intervalle principal, étalonnage des décimètres, des centimètres du premier et du dernier décimètre, des millimètres du premier et du dernier centimètre et des dixièmes de millimètre des deux millimètres supplémentaires.

Règle de 1 m en acier inoxydable (Service des Instruments de Mesure, Paris) : longueur de l'intervalle principal.

Règle N° 7804 de 1,016 m, en acier nickelé (Institut Central de Métrologie, Pyongyang, Rép. Pop. Dém. de Corée) : longueur de l'intervalle principal de 1 m, étalonnage des décimètres, des centimètres du premier et du dernier décimètre, des millimètres du premier et du dernier centimètre et, en outre, du trait 1016 mm.

2.2. — **Étalons à bouts plans** (J. Hamon)

Mesure, dans l'interféromètre Tsugami, de dix calibres pour l'Établissement Technique de l'Armement, France, de sept calibres pour l'Office Fédéral de Métrologie, Suisse, de six calibres pour le Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux de Yougoslavie, de trois calibres pour le National Physical Laboratory d'Israël et d'un calibre de 250 mm pour l'Institut Central de Métrologie de la Rép. Pop. Dém. de Corée.

Quatre autres calibres appartenant à ce dernier laboratoire, de 700, 800, 900 et 1 000 mm, ont été mesurés dans le comparateur interférentiel.

Mise en service d'un nouveau baromètre à mercure Fuess. Pour le calcul de l'indice de réfraction de l'air, nous utilisons maintenant les formules d'Edlén ([1]) de 1965 dont les coefficients ont été recalculés pour permettre l'emploi exclusif des unités SI; la pression maximale de vapeur d'eau est calculée au moyen des formules du document « Formule pour la détermination de la masse volumique de l'air humide (1981) ».

([1]) EDLÉN, B. The refractive index of air. *Metrologia*, **2**, 1966, pp. 71-80.

2.3. — **Base géodésique** (G. Girard)

Fils et ruban géodésiques

Trois fils de 8, 20, 24 m et un ruban de 20 m ont été étudiés pour la France. Mesure du coefficient de dilatation de deux échantillons de 24 m de longueur pour une entreprise de la République Fédérale d'Allemagne.

Invar géodésique

Nous continuons l'étuvage de l'alliage constituant la livraison 32; cette année, 82 kg de fil y ont été soumis (livraison 32 M). En relation avec ce traitement thermique, nous avons déterminé le coefficient de dilatation de six échantillons de fil de 24 m de longueur.

Nous avons d'autre part fait subir un traitement mécanique (battage) à 40 fils d'invar géodésique de 24 m de longueur, pour une entreprise française.

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

L'adoption par la CGPM (octobre 1983) ([2]) d'une nouvelle définition du mètre fondée sur la distance parcourue par la lumière pendant une durée spécifiée, et la promulgation par le CIPM (octobre 1983) ([3]) des règles de « Mise en pratique » de cette définition, règles en partie fondées sur l'utilisation de radiations de lasers, ont confirmé l'importance des études à effectuer sur ces sources de radiations monochromatiques parmi les travaux à venir du BIPM. La nécessité de disposer de locaux convenables pour ces études sur les lasers a justifié la construction d'un nouveau laboratoire à l'occasion de la rénovation d'un ancien bâtiment. Le déroulement des travaux de construction a demandé, de la part des futurs utilisateurs de ce laboratoire, une surveillance très assidue et attentive.

Au cours de cette année, les travaux sur les lasers ont concerné essentiellement :

— l'étude des facteurs qui affectent la reproductibilité et la stabilité des lasers à hélium-néon stabilisés sur des raies d'absorption de l'iode ou du méthane;

— l'entretien de lasers émettant certaines des radiations recommandées pour la mise en pratique de la nouvelle définition du mètre;

— l'étude théorique et expérimentale des cavités;

— le calcul des intensités de diverses radiations du spectre de l'iode.

([2]) *BIPM Comptes rendus 17e Conf. Gén. Poids et Mesures,* 1983, p. 97.

([3]) *BIPM Proc.-Verb. Com. Int. Poids et Mesures,* **51,** 1983, Recommandation 1 (CI-1983), pp. 25-28.

3.1. — Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve interne (λ = 633 nm)

1) *Comparaison des lasers BIPM 2 et BIPM 3*

A différentes reprises, nous avons confirmé le bon comportement de ces deux lasers, la différence relative de leurs fréquences est restée inférieure à 3×10^{-11}.

2) *Intervalles de fréquence*

Depuis l'adoption par la CGPM de la nouvelle définition du mètre, la liste des intervalles de fréquence ([4]) a pris une grande importance pratique.

a) Nous avons effectué une nouvelle détermination de l'intervalle de fréquence entre la composante k de la raie P(54) 8-4 de $^{129}I_2$ et la composante i de la raie R(127) 11-5 de $^{127}I_2$; nous avons obtenu :

$$f(^{129}I_2,\ k,\ 12\ °C) - f(^{127}I_2,\ i,\ 12\ °C) = 95{,}910\ \text{MHz}$$
$$f(^{129}I_2,\ k,\ 10\ °C) - f(^{127}I_2,\ i,\ 10\ °C) = 95{,}906\ \text{MHz}.$$

Ces valeurs confirment celles qui ont été obtenues antérieurement ([4, 5]).

b) En prenant la composante k comme référence, nous avons confirmé les valeurs des intervalles de fréquence avec cinq composantes (b_1 à b_4, b_7) de la raie P(69) 12-6 de $^{129}I_2$ ([4]) et vingt-sept composantes (m_9 à m_{38}, sans résoudre les trois doublets m_{13} m_{14}, m_{24} m_{25} et m_{34} m_{35}) de la raie P(33) 6-3 de $^{127}I^{129}I$ ([4]).

L'enregistrement du spectre de cette région, en dérivée troisième, confirme la position et l'amplitude des croisements de niveaux déterminés par le calcul ([6]), bien que leur amplitude ne soit que de quelques millièmes de celle des composantes principales.

3.2. — Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve externe (λ = 612 nm)

Un nouveau laser a été construit et mis en service, les deux lasers existants étant conservés comme lasers de référence. Après de nombreux essais, on a réalisé un laser monomode, sans cuve à iode, dont la cavité optique a une longueur de 46 cm; le tube à décharge est un Spectra-Physics type 120; les miroirs, de rayon de courbure 60 cm avec des facteurs de transmission différents, permettent d'obtenir des puissances de sortie de 500 µW dans une direction et de 130 µW dans l'autre. Des essais ont été

([4]) *BIPM Com. Cons. Déf. Mètre,* **7,** 1982, Annexe M 5, pp. M 65-M 75 et Documents concerning the new definition of the metre. *Metrologia,* **19,** 1984, pp. 163-178.

([5]) CHARTIER, J.-M. Détermination et reproductibilité de l'intervalle de fréquence ($^{129}I_2$, k) — ($^{127}I_2$, i). *BIPM Rapport* **BIPM-82/10,** septembre 1982, 17 pages.

([6]) GLÄSER, M. Perturbing I_2-hyperfine-structure components at some reference frequencies in the visible spectrum. CPEM 84. A paraître dans *IEEE Trans. Instrum. Meas.*

faits avec ce nouveau laser et l'ensemble optique comportant notamment la cuve externe.

3.3. — Autres lasers à He-Ne asservis (λ = 633 nm)

1) *Lasers asservis sur le « Lamb dip »*

Après un fonctionnement correct pendant quelques mois, le gain des deux lasers construits au BIPM (Rapport 1983, p. 38) est devenu insuffisant. Nous poursuivrons cette réalisation, mais des modifications doivent être apportées au montage, les tubes à décharge dont nous disposons maintenant étant nettement plus courts que les anciens.

2) *Lasers asservis en température*

Il est apparu utile de posséder au BIPM quelques lasers monomodes dont la stabilité relative, de l'ordre de 1×10^{-7}, est suffisante pour certaines applications (par exemple pour la détermination des mouvements du fléau d'une balance par une méthode interférométrique). Cela a été obtenu en réalisant un asservissement qui maintient stable la température du laser à quelques centièmes de kelvin près.

3) *Laser asservi par effet Zeeman*

Nous avons étudié un laser asservi par effet Zeeman appartenant au Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux de Yougoslavie. La fréquence moyenne de ce laser a été déterminée par battements en utilisant comme fréquence de référence celle d'un laser du BIPM asservi sur l'absorption saturée de l'iode. On a obtenu :

$$f = 473\,612\,221{,}3 \text{ MHz (écart-type : } 0{,}23 \text{ MHz).}$$

On en déduit la longueur d'onde moyenne :

$$\lambda = 632\,991\,389{,}4 \text{ fm (écart-type : } 0{,}31 \text{ fm).}$$

3.4. — Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée du méthane en cuve interne (λ = 3,39 μm)

1) *Cavités optimales*

Nous avons continué les travaux concernant l'effet de lentille dans les gaz et son application à l'étude des cavités laser optimales (Rapport 1983, pp. 38-40). Une équation approchée qui traduit l'annulation des variations de la taille du faisceau dues à l'effet de lentille a déjà été publiée dans ce même Rapport (p. 39); toutefois, une erreur de transcription a été commise et le signe moins du terme indépendant de L doit être remplacé par un signe plus.

En tenant compte des remarques faites par G. Stephan (Laboratoire de Spectroscopie, Rennes) [7] nous avons affiné notre modèle théorique [8, 9], et l'équation en question devient :

$$\frac{L^2}{R_2}\left[1-\frac{l_a+2l_0}{R_1}+\frac{2l_0(l_0+l_a)}{R_1}+\frac{2l_a^2}{3R_1^2}\right]$$
$$-L\left[1-\frac{l_a+2l_0}{R_1}+\frac{2l_0(l_0+l_a)}{R_1^2}+\frac{2l_0(l_0+l_a)}{R_1R_2}+\frac{2l_a^2}{3R_1^2}+\frac{2l_a^2}{3R_1R_2}\right]$$
$$+l_0(l_0+l_a)\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)+\frac{l_a^2}{3}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}\right)=0.$$

L, l_a et l_0 représentent respectivement la longueur de la cavité, celle du milieu absorbant et celle de l'espace libre compris entre le premier miroir et le milieu absorbant; R_1 et R_2 représentent les rayons de courbure des miroirs qui délimitent la cavité.

Les solutions de cette équation diffèrent de quelques pourcent de celles que l'on avait obtenues à partir de l'équation précédemment établie.

Le laser à cavité optimale que nous avons construit correspond aux hypothèses faites pour l'établissement du modèle théorique. Le diaphragme nécessaire à l'obtention d'un fonctionnement monomode est situé au plus près du miroir M_2 et localise parfaitement les pertes par diffraction. La cuve à méthane peut être déplacée longitudinalement de quelques centimètres; la variation de la longueur de l'espace libre l_0 qui en résulte devrait permettre de prouver expérimentalement, pour une cavité laser, l'existence d'une longueur optimale.

Nos lasers de référence BICH4.3 et BICH4.6 ont été démontés et réalignés; nous en avons profité pour déterminer les valeurs utiles des différents paramètres. On pourra probablement expliquer ainsi les différences observées entre les coefficients de modulation de ces deux lasers (Rapport 1978, p. 35).

Nous avons réalisé une installation qui permet de mesurer, par battements, les différences entre les fréquences des lasers BICH4.3, BICH4.6 et « OPTIMAL ».

Le bon déroulement des études a été perturbé par la défaillance des tubes amplificateurs des lasers BICH4.6, esclave et « OPTIMAL ». Faute de matériel de remplacement, nous avons dû les ouvrir, en modifier la verrerie de manière à les munir d'une pompe à sorption et étudier pour chacun d'eux le mélange optimal d'hélium et de néon.

Dans ces nouvelles conditions, les lasers fonctionnent correctement depuis deux mois et des mesures préliminaires ont pu être faites. Les

---

(7) STEPHAN, G. and TRÜMPER, M. Gas-lens effect and cavity design of some frequency-stabilized He-Ne lasers : comments. *Appl. Opt.*, **22**, 1983, pp. 3312-3313.

(8) CÉREZ, P. and FELDER, R. Gas-lens effect and cavity design of some frequency stabilized He-Ne lasers. *Appl. Opt.*, **22**, 1983, pp. 1251-1256.

(9) CÉREZ, P. and FELDER, R. Gas-lens effect and cavity design of some frequency stabilized He-Ne lasers : author's reply to comments. *Appl. Opt.*, **22**, 1983, pp. 3313-3314.

résultats sont satisfaisants et semblent confirmer la validité de notre modèle théorique.

La figure 1 montre les variations de la fréquence du laser « OPTIMAL » en fonction de l'amplitude de la modulation, pour deux positions de la cuve à méthane dans la cavité.

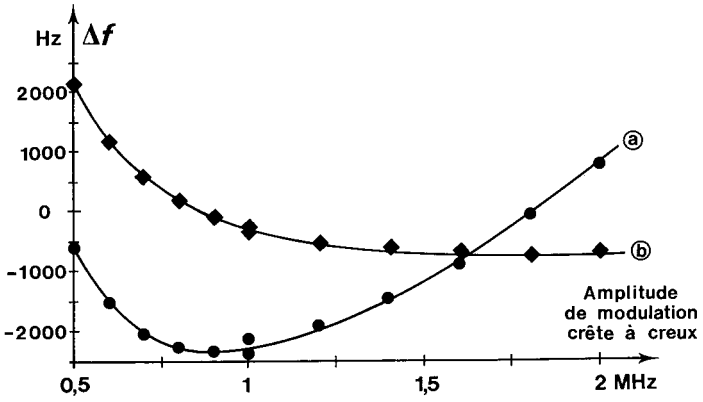

Fig. 1. — Effet de l'amplitude de modulation pour deux positions de la cuve à méthane dans la cavité du laser « OPTIMAL ».

a. La longueur de l'espace libre l_0 est maximale; le coefficient F_1 de la convergence linéique du milieu absorbant est non nul, on observe que la fréquence dépend fortement de l'amplitude de modulation.

b. La longueur l_0 correspond à une position de la cuve dans la cavité telle que $F_1 = 0$ (l'équation donnée ci-dessus est satisfaite); pour des amplitudes de modulation crête à creux suffisantes (supérieures à 0,8 MHz environ), la fréquence est pratiquement indépendante de l'amplitude de modulation.

Le laser BICH4.6 a été utilisé comme référence.

Ces premiers résultats semblent donc prouver, d'une manière concrète, la possibilité de réaliser des cavités laser de géométrie optimale.

2) *Collaboration avec les laboratoires nationaux*

Nous avons prêté au Laboratoire Primaire du Temps et des Fréquences (Paris) notre laser de référence, BICH4.3. Du 15 septembre au 4 octobre 1983, ce laser a servi à la détermination absolue de la fréquence du méthane. La valeur obtenue est de 88 376 181 600,0 kHz avec un écart-type statistique de 0,2 kHz. Les incertitudes du type B proviennent de la détermination de la fréquence des raies du CO_2 (3 kHz) et du défaut de reproductibilité de fréquence de BICH4.3 (1 kHz). Cette valeur, qui s'écarte de 8 kHz de la valeur recommandée ([3]), reste néanmoins à l'intérieur des limites d'incertitude admises.

3.5. — Calcul des spectres de l'iode

Les calculs des intensités des transitions de vibration-rotation décrits dans le rapport BIPM-83/5 par M. Gläser ont été améliorés en utilisant les

fonctions d'onde des niveaux de la vibration au lieu de fonctions gaussiennes simples pour le calcul des facteurs de Franck-Condon. Bien que les résultats de ces calculs diffèrent de ceux présentés dans le rapport en question, la dispersion par rapport aux résultats expérimentaux est sensiblement la même. Sur la figure 2a, nous avons présenté les intensités relatives de composantes hyperfines de $^{127}I_2$ à $\lambda = 633$ nm; en particulier, la composante a_{13} (i), choisie comme référence, est perturbée par la raie d'un croisement de niveaux (c_{22a}). Les composantes en traits discontinus appartiennent à la raie R(80) 1-0, non observée. La figure 2b montre les intensités relatives de composantes hyperfines de $^{127}I_2$ à $\lambda = 612$ nm, et confirme le bon choix de la composante a_7 (o) bien isolée de composantes parasites. Par contre, à $\lambda = 633$ nm, il serait utile d'examiner s'il ne serait pas préférable d'utiliser la composante a_{12} (j) comme référence.

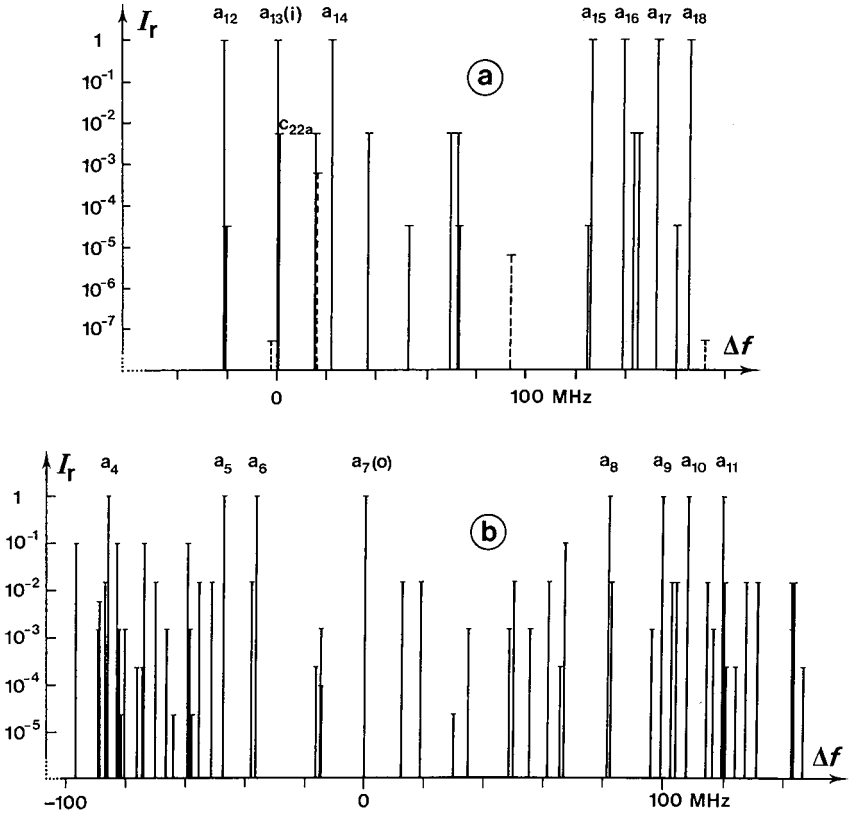

Fig. 2. — Intensités relatives I_r de composantes hyperfines de $^{127}I_2$.
a. à $\lambda = 633$ nm, référence : a_{13} (souvent appelée i);
b. à $\lambda = 612$ nm, référence : a_7 (souvent appelée o).

En abscisses, écarts de fréquence Δf par rapport à la composante prise comme référence.

3.6. — Approvisionnement en tubes à décharge et en cuves à iode; équipement

La situation concernant la fourniture de tubes à décharge à He-Ne, de qualité métrologique, pour les lasers à $\lambda = 633$ nm s'est beaucoup améliorée. D'une part, la Société NEC (Japon), tenant compte de nouvelles études effectuées au BIPM, a pu fournir une deuxième génération de tubes dont la durée de vie a été doublée (elle est actuellement supérieure à 3 000 h de fonctionnement). D'autre part, nous sommes aussi en contact avec la société Melles Griot (États-Unis d'Amérique) qui commercialise maintenant des tubes à décharge susceptibles d'être utilisés en métrologie.

Pour les lasers à $\lambda = 612$ nm, nous espérons pouvoir nous procurer des tubes chez l'un ou l'autre de ces deux fournisseurs, mais nous devons encore effectuer les études concernant le mélange de gaz. Actuellement, nous utilisons encore, sur nos lasers de référence, des tubes CW Radiation; par contre, le laser à cuve externe est équipé d'un tube Spectra-Physics, mais son utilisation pose quelquefois des problèmes.

Pour les lasers à $\lambda = 3{,}39$ µm, nous sommes contraints, pour le moment, de fabriquer nous-mêmes nos tubes. La raison principale est que ces tubes doivent être pourvus d'un capillaire dont le diamètre est de l'ordre de 5 mm. Leur faible durée de vie est nettement améliorée par l'adjonction d'une pompe à sorption jouant le rôle de « getter » non évaporable. Nous avons déjà expérimenté ce genre de pompe sur un autre type de tube.

Espérant supprimer ce que nous considérions comme la cause principale de la mauvaise qualité de certaines de nos cuves à iode, c'est-à-dire le défaut de propreté initiale, nous avons changé de fournisseur; le résultat est pour le moment tout à fait négatif. Il nous faut maintenant mettre au point un procédé de nettoyage que nous effectuerons systématiquement juste avant le remplissage des cuves et quelle que soit leur provenance.

Nous avons acheté un micro-ordinateur Hewlett-Packard type 86B et son équipement périphérique. Des programmes de calcul sur les cavités optimales ont été mis au point. Cette acquisition nous permettra de réserver le système Tektronix type 4052, que la section possède déjà, au pilotage automatique d'expériences.

4. Masses (G. Girard, T. J. Quinn)

L'introduction de l'informatique à la section des masses a entraîné un travail de programmation important pour la création de fichiers et la reconversion et l'amélioration de programmes qui étaient jusqu'ici exécutés sur notre IBM 1130 (application de la méthode des moindres carrés, réduction des mesures de masse volumique, étude de schémas de comparaison de masses, etc.). Les programmes qui acquièrent automatiquement les lectures des positions du fléau effectuent aussi la

réduction des pesées correspondantes. Dans le Rapport de 1983 (p. 43), on avait indiqué trois options pour la détermination des élongations maximales et minimales : a) acquisition directe de ces valeurs; b) acquisition d'une lecture toutes les 2 s et recherche des valeurs extrêmes; c) acquisition d'une lecture toutes les 2 s et calcul des maximums et minimums par ajustement d'une fonction. Une étude statistique fondée sur des mesures effectuées avec la balance hydrostatique a montré que l'option c est la meilleure; on l'emploie désormais systématiquement. La position d'équilibre est calculée comme moyenne pondérée de ces élongations, mais plusieurs ensembles de coefficients de pondération (dans une certaine mesure arbitraires) sont employés. Nous envisageons d'utiliser prochainement un ajustement des paramètres d'une fonction qui exprime une décroissance exponentielle de l'amplitude; le terme constant de cette fonction est la position d'équilibre cherchée.

L'activité de la section a aussi porté sur la préparation de nouveaux étalons en platine iridié de 1 kg, l'étalonnage des étalons soumis à notre vérification et la poursuite de l'étude de la balance à suspensions flexibles.

4.1. — Kilogrammes prototypes en platine iridié

Les Kilogrammes prototypes N° 64, N° 66 et N° 67, polis et ajustés au BIPM avec un outil à diamant, ont été comparés après plusieurs nettoyages-lavages, en même temps que nos deux Kilogrammes prototypes d'usage courant N° 9 et N° 31, au prototype d'usage exceptionnel N° 25. Pour ce dernier, on a admis, après trois nettoyages-lavages, la masse qu'il avait en mai 1965 lors de sa comparaison aux deux témoins N° 8 (41) et N° 43.

Les résultats obtenus pour les deux prototypes d'usage courant (qui n'ont subi aucun nettoyage-lavage) ont été les suivants :

N° 9 1 kg + 0,305 mg en août 1983 (1 kg + 0,282 mg en avril 1978)
N° 31 1 kg + 0,128 mg en août 1983 (1 kg + 0,103 mg en avril 1978)

Pour les trois autres prototypes, nous avons obtenu (août 1983) :

	Masse	Masse volumique à 0 °C
N° 64 (Rép. Pop. de Chine)	1 kg + 0,249 mg	21 555,98 kg/m³
N° 66 (Brésil)	1 kg + 0,134 mg	21 535,27 kg/m³
N° 67 (BIPM)	1 kg + 0,152 mg	21 535,40 kg/m³

Le prototype N° 67 est destiné à être conservé par le BIPM et à remplacer le prototype N° 31 dont les faces inférieure et supérieure portent de nombreuses rayures. Nous aurons ainsi à notre disposition un étalon dont le poli a été obtenu avec un outil à diamant.

Plusieurs Kilogrammes prototypes sont revenus au BIPM pour vérification : N° 10 (Portugal), N° 40 (Suède), N° 4 et N° 20 (États-Unis d'Amérique), N° 13 (France).

Comme d'habitude, ils ont été comparés à nos prototypes d'usage courant N° 9 et N° 31 avant et après avoir été soumis à un ou plusieurs nettoyages-lavages. Ce traitement a provoqué une diminution apparente de masse de :

N° 10	50 µg après 36 ans	N° 4	31 µg après 1 an
N° 40	55 µg après 36 ans	N° 20	21 µg après 1 an
N° 13	114 µg après 95 ans		

Pour le N° 4 et le N° 20, le nettoyage-lavage précédent avait été effectué au NBS en février 1983.

Le prototype N° 13, consevé dans son étui de voyage probablement depuis 1911, date de sa dernière vérification au BIPM, a été soumis à trois nettoyages-lavages qui ont successivement modifié sa masse de — 99 µg, — 12 µg et — 3 µg.

Les masses obtenues pour chacun de ces Kilogrammes prototypes (après nettoyage-lavage) et les valeurs précédemment admises sont données au tableau I.

TABLEAU I

Masses successivement obtenues pour cinq Kilogrammes prototypes
(excès sur la valeur nominale)

	1889 [a]	1911	1948 [b]	1984 [b]
N° 10	+ 0,228 mg		+ 0,263 mg	+ 0,275 mg [d]
N° 40	— 0,037		— 0,039	— 0,033
N° 4	— 0,075			— 0,106 [e]
N° 20	— 0,040		— 0,019	— 0,022
N° 13	— 0,154	— 0,169 mg [c]		— 0,144

(*a*) nettoyage : vapeur d'eau et alcool;

(*b*) nettoyage au benzène et à l'alcool purs et lavage à la vapeur d'eau bidistillée;

(*c*) pas de nettoyage;

(*d*) une cavité très visible sur la surface cylindrique peut retenir quelque corps étranger;

(*e*) des rayures très visibles sur la face supérieure peuvent expliquer tout au moins partiellement la diminution de masse.

On peut remarquer que la masse des prototypes N° 13, N° 20 et N° 40 n'a pratiquement pas varié depuis près d'un siècle.

On a déterminé la masse volumique d'un cylindre en platine iridié provenant de chez Engelhart en Grande-Bretagne. Ce cylindre a été échangé contre le Kilogramme N° 651, en platine iridié, qui appartient maintenant au National Physical Laboratory, Grande-Bretagne. On a obtenu :

masse volumique à 0 °C : 21 534,41 kg/m^3.

4.2. — Étude d'autres étalons de masse

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

— MJV1 et G1 en acier inoxydable (Statens Provningsanstalt, Suède) : ces deux étalons ont été étudiés en même temps que le Kilogramme prototype N° 40 (Suède);

— CHYO-1 et D2 en acier inoxydable (National Bureau of Standards, États-Unis d'Amérique) : l'étude au BIPM de ces deux étalons, en même temps que celle des deux Kilogrammes prototypes N° 4 et N° 20, a été précédée et suivie de comparaisons analogues au NBS.

2. — Détermination de la masse des étalons :

— N° 1 de 1 kg en nickel-chrome (National Physical Research Laboratory, Afrique du Sud);

— sans numéro de 1 kg en acier inoxydable (Institut Métrologique Tchécoslovaque);

— 2 pièces de 100 mg en « vachromium » provenant de nos séries N° 3 et N° 5 : ces deux séries de masses (100, 50, 20 et 10 mg) ont été vendues à l'INM, Paris; elles faisaient partie de l'ensemble de six séries qui ont été utilisées dans la comparaison internationale de masses effectuée en 1972-1973 (Rapports 1972, p. 67 et 1973, pp. 46 et 71).

3. — Détermination, pour l'Institut National de Métrologie, France, de la masse volumique de deux cylindres en platine iridié :

— N° 44* de 1 kg qui provient très probablement du même lingot que les Kilogrammes prototypes N° 41 et N° 42, coulé en 1929 par le Comptoir Lyon-Alemand, Paris. Il avait été rejeté sans doute à cause de la petite cavité existant sur la face supérieure.

— JM15 de 1 025 g, ébauche d'étalon de 1 kg.

4.3. — Balance à suspensions flexibles

On a poursuivi les travaux sur la balance à suspensions flexibles qui a été décrite précédemment de façon assez détaillée (Rapport 1983, p. 44). Deux modifications importantes ont été apportées à cette balance avant de faire fonctionner le système hydraulique destiné à soulever et à abaisser une masse sur l'un des plateaux. La première a consisté à remplacer les amortisseurs à courants de Foucault des plateaux par des amortisseurs à air à plaques planes parallèles; la seconde a consisté à déplacer le mécanisme ajustable d'arrêt du fléau qui se trouvait sous le plateau et à le mettre à mi-hauteur de la suspension du plateau, entre les deux dispositifs de Cardan

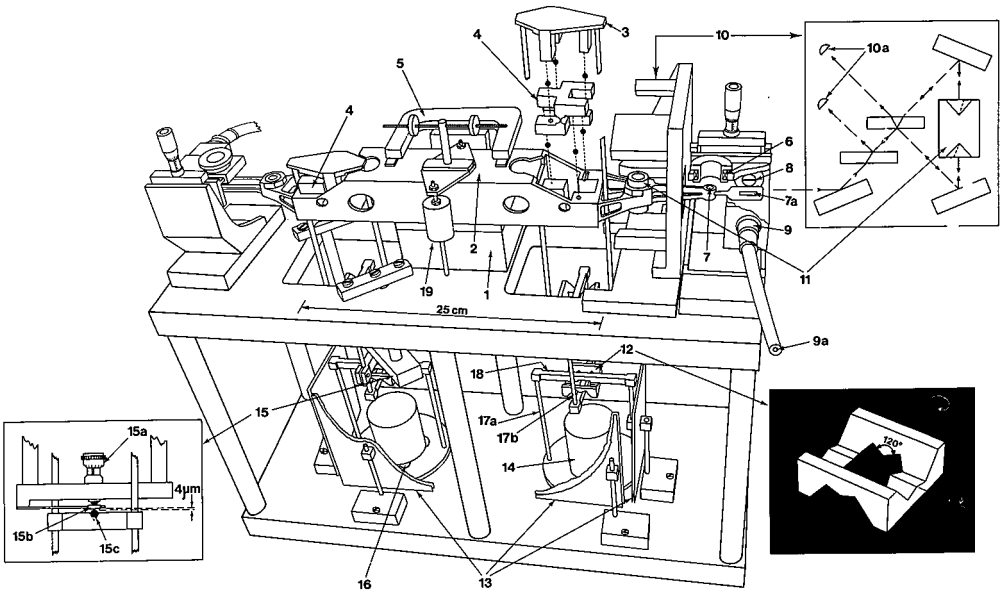

Fig. 3. — Vue perspective de la balance à suspension flexibles.

1, support de l'articulation centrale à lame flexible; 2, fléau en alliage d'aluminium; 3, partie supérieure de la suspension du plateau (Cu-Be); 4, suspension d'extrémité à lame flexible; 5, mécanisme d'arrêt du fléau; 6, bobine pour le système d'asservissement électromagnétique; 7, aimant permanent; 7a, fente pratiquée dans un écran fixé à l'extrémité du fléau; 8, photodiode double; 9, 9a, collimateur et conducteur de lumière à fibres optiques; 10, 10a, interféromètre optique et photodiodes; 11, trièdre trirectangle double; 12, élément central du dispositif de Cardan; 13, amortisseurs à air; 14, masse de 1 kg; 15, mécanisme d'arrêt du plateau; 15a, micromètre pour le réglage de la butée; 15b, disque de métal dur; 15c, bille de Cu-Be; 16, trous dans le plateau par lesquels passent les tiges pour soulever et abaisser la masse de 1 kg; 17, 17a, 17b, tiges des sections supérieure, intermédiaire et inférieure de la suspension des plateaux; 18, l'un des points où un mécanisme (non représenté) permet de déposer des « surcharges de sensibilité »; 19, l'une des masses réglables pour déplacer verticalement le centre de masse du fléau.

(*voir* fig. 3). Cette seconde modification permet au plateau d'osciller librement pendant que la masse est soulevée; c'est là une condition essentielle pour que la masse se centre sur le plateau.

Les amortisseurs à courants de Foucault ont été remplacés par des amortisseurs à air enfin d'éliminer d'éventuelles perturbations magnétiques au cours des pesées. En fait, on a trouvé que l'on pouvait construire des amortisseurs à air à plaques parallèles notablement plus efficaces que les amortisseurs à courants de Foucault. On a établi l'expression suivante qui donne la constante de temps τ (durée nécessaire pour que l'amplitude soit divisée par le facteur e) en fonction des paramètres de l'amortisseur :

$$\tau = \frac{8}{3\pi} m \frac{d^3}{\eta r^4}$$

dans laquelle m est la masse du plateau oscillant, r le rayon des

amortisseurs plans circulaires, d la distance qui les sépare et η la viscosité dynamique de l'air. Nous avons effectué une vérification expérimentale de cette formule qui a été bien confirmée. Ultérieurement, nous avons trouvé qu'elle a déjà été publiée en 1973 sous une forme différente ([10]).

Depuis le début de ces recherches, nous avons toujours considéré que l'épreuve critique consiste à soulever et abaisser un certain nombre de fois une masse de 1 kg sur l'un des plateaux; nous avons maintenant effectué cet essai. Lorsque la masse est soulevée, la suspension du plateau vient en butée contre le mécanisme d'arrêt qui a été réglé de telle sorte que l'amplitude du mouvement du plateau soit d'environ 10 µm. Lorsque la masse est abaissée sur le plateau, le système d'asservissement joue à nouveau et les valeurs moyennes du courant d'asservissement au cours d'une série de telles opérations donnent une indication de la fidélité de la balance. Nous avons observé que l'écart-type de la valeur du courant d'asservissement, pendant une série normale de sept opérations de ce type, correspondait à un écart-type de 1,0 µg sur la masse de 1 kg mesurée. Ces essais ont été effectués dans une salle où l'on ne pouvait obtenir qu'une modeste stabilité de la température; la balance était protégée des mouvements de l'air et des perturbations électrostatiques au moyen d'une enceinte en polystyrène recouverte d'une feuille d'aluminium. On a, par conséquent, estimé très satisfaisants les résultats de ces essais. On en a tiré un grand nombre d'informations utiles, ce qui nous a amenés à procéder à d'importantes modifications.

Le système hydraulique destiné à soulever et abaisser la masse a été remplacé par un système mécanique et le dispositif d'arrêt du fléau a été remplacé par un dispositif qui peut être réglé de l'extérieur pendant le fonctionnement de la balance, avec l'idée de réduire pratiquement à zéro le mouvement de la suspension, lorsque la masse est soulevée. De plus, la détection optique et l'asservissement électromagnétique sont rendus symétriques par un montage identique aux deux extrémités du fléau.

Nous avons entrepris une étude détaillée des sources de bruit dans la balance. La figure 4 montre le résultat d'une transformation de Fourier du courant d'asservissement, obtenu en appliquant à l'une des extrémités du fléau de la balance une force périodique, d'amplitude crête à creux équivalente à 1 µg et de fréquence 0,075 Hz. Cela conduit à penser que, dans ce domaine de fréquences, le bruit dans l'ensemble du système équivaut à environ 0,05 µg. Il convient de comparer ce résultat à nos conclusions préliminaires selon lesquelles, dans ce même domaine de fréquences, le bruit électrique dans le système d'asservissement équivaut à environ 0,002 µg, le bruit thermique à environ 0,01 µg et le bruit sismique à environ 0,01 µg. Nos recherches sur les effets des mouvements sismiques nous amènent à une meilleure compréhension des mécanismes de couplage entre les vibrations du sol, les oscillations des plateaux et celles du fléau.

([10]) JONES, R. V. and RICHARDS, J. C. S. The design and some applications of sensitive capacitance micrometers. *J. Phys. E : Sci. Instrum.*, **6**, 1973, pp. 589-600 (*voir*, en particulier, l'expression de la page 598).

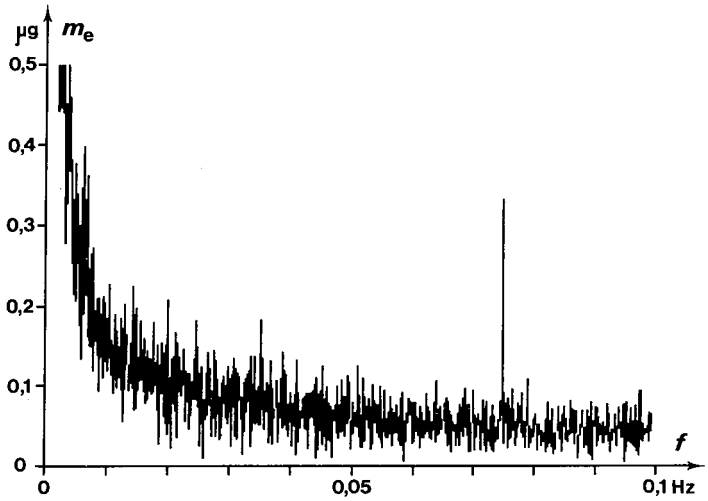

Fig. 4. — Résultat d'une transformation de Fourier du courant d'asservissement de la balance à suspensions flexibles.

En abscisses : f, fréquence; en ordonnées : m_e, masse équivalente.

Une force périodique, d'amplitude crête à creux équivalente à 1 μg et de fréquence 0,075 Hz, est appliquée à l'une des extrémités du fléau; la réponse de la balance à cette fréquence est bien visible. La courbe résulte de 2 048 points d'entrée, correspondant chacun à une durée d'échantillonnage de 5 s, avec un filtre de bande passante 0,2 Hz.

Au cours de cette année, nous avons pu bénéficier pendant trois mois de l'aide d'un stagiaire, R. S. Davis, du NBS (Washington), qui a pris une part active aux recherches indiquées ci-dessus et qui, de plus, a entamé une étude théorique du comportement des suspensions flexibles.

4.4. — Divers

Achats :

— deux ordinateurs de bureau HP-86B avec unité double de disques et imprimante;

— 50 pinces de préhension pour étalons de 1 kg en platine iridié;

— un sélecteur de voies Keithley.

5. Échelles de temps (J. Azoubib)

Les travaux sur le temps atomique sont accomplis par le Bureau International de l'Heure (BIH) sous la direction de B. Guinot, avec la participation du BIPM. Ils sont diffusés mensuellement par la Circulaire D du BIH, puis repris dans le Rapport annuel du BIH qui est distribué six mois après la fin de l'année qu'il couvre.

L'établissement du Temps Atomique International (TAI) et du Temps Universel Coordonné (UTC) a été régulièrement accompli, sans incident ni retard.

L'activité, en 1983-1984, a été principalement consacrée à l'introduction des données du « Global Positioning System » dans les travaux courants, à l'amélioration de la gestion des données et à la poursuite de travaux théoriques sur les algorithmes de calcul du TAI.

5.1. — Utilisation du « Global Positioning System » (GPS)

Ce système de positionnement par satellites, bien qu'il ne soit que partiellement installé, apporte déjà des possibilités très intéressantes : en utilisant la technique de la vue commune, étudiée au NBS, les incertitudes des comparaisons de temps sont réduites à une dizaine de nanosecondes; de plus, la couverture du système est mondiale.

A la fin de 1982, le BIH n'avait connaissance que de la liaison entre le NBS et l'U.S. Naval Observatory, liaison qui fonctionnait depuis octobre 1981. A la fin de 1983, grâce en particulier à des prêts de récepteurs de la part du NBS, six autres récepteurs étaient en service : quatre dans les

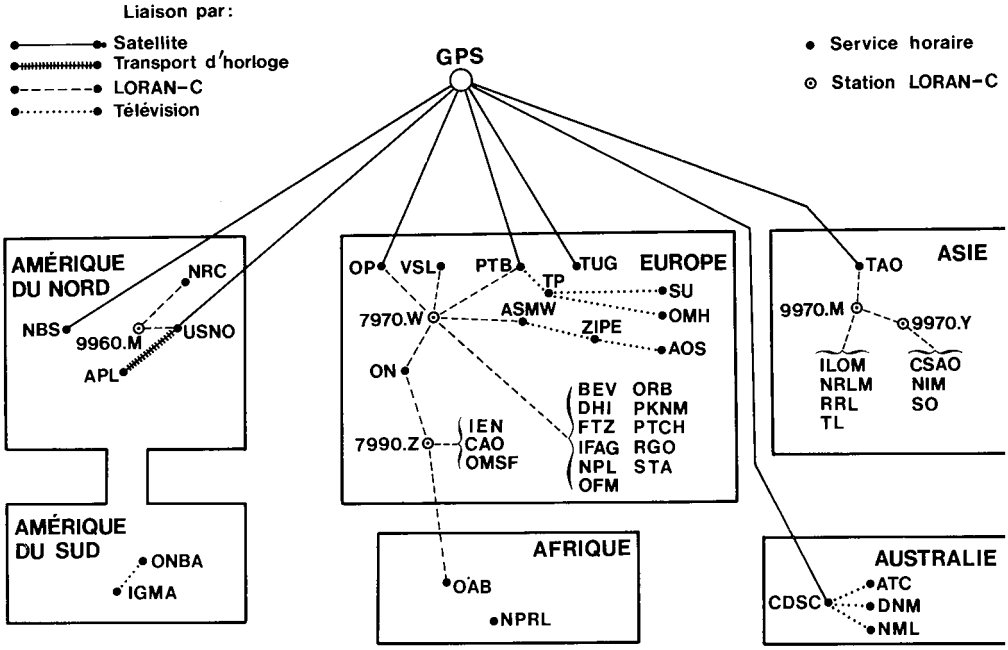

Fig. 5. — Les liaisons horaires utilisées par le BIH (fin 1983).

On fait la moyenne des liaisons GPS-7970W via OP et PTB (depuis 1984, 0, la moyenne inclut aussi la liaison via VSL). En Australie, CDSC signifie Canberra Deep Space Communication Complex. Pour ONBA, IGMA et NPRL, les liaisons avec les autres laboratoires sont assurées par ondes myriamétriques et par transports d'horloges.

services horaires européens, un au Japon et un en Australie. Ces deux derniers ouvraient la participation aux travaux du BIH à onze nouveaux laboratoires, en Extrême-Orient et en Australie.

La moitié des horloges qui participent au TAI sont maintenant reliées par le GPS, secondé par des liaisons terminales très précises. La figure 5 montre le réseau des liaisons horaires utilisées par le BIH à partir de la fin de 1983.

Une des conditions à remplir dans l'établissement du UTC et du TAI est que les valeurs obtenues pour les UTC — UTC(i) respectent bien les différences de temps entre laboratoires du type UTC(i) — UTC(j).

Malheureusement, le GPS et des transports d'horloges ont révélé dans les Circulaires D pour 1983, fondées sur les liaisons par le LORAN-C, des incohérences de près d'une microseconde. Comme le CCDS avait admis (9e session, 1980) que les résultats de la Circulaire D étaient provisoires, une révision générale a été préparée pour le Rapport annuel du BIH pour 1983. Les délais de cette révision sont exposés dans une note technique indépendante de ce Rapport annuel.

5.2. — Gestion des données

Grâce à des crédits accordés au BIH par l'Institut National d'Astronomie et de Géophysique (France), on a monté un ensemble de trois micro-ordinateurs connectés à divers centres de calcul et au réseau Mark III de General Electric. Cette installation est pourvue de divers périphériques, unités de disques, imprimantes, table traçante. Elle sert à l'ensemble du BIH. Dans le domaine du temps atomique, elle effectue, dans bien des cas, le transfert des données sans intervention manuelle. Les données qui arrivent encore sous forme manuscrite sont transférées sur support magnétique.

L'emploi de ces appareils est indispensable pour traiter les mesures du GPS qui arrivent en abondance : l'évaluation des comparaisons de temps pour plusieurs paires de laboratoires est effectuée par le BIH lui-même.

Diverses améliorations sont en cours, notamment pour obtenir une édition plus soignée des circulaires.

5.3. — Travaux sur les algorithmes et recherches diverses

L'abondance des tâches dues au GPS et à l'informatique n'a pas permis de poursuivre l'étude d'un algorithme comprenant une modélisation des termes saisonniers de la marche des horloges. Mais, comme ces termes sont en partie fictifs et qu'ils témoignent d'irrégularités saisonnières de la propagation des signaux du LORAN-C, il est, de toute façon, préférable d'attendre les résultats des comparaisons de temps par le GPS.

Dans le but d'améliorer la stabilité du TAI, la possibilité d'utiliser des modèles ARIMA et des filtres de Kalman a été considérée.

Enfin, l'usage raisonné du TAI pour la dynamique du système solaire a été discuté dans le cadre d'une réflexion sur les référentiels d'espace et de temps.

6. Gravimétrie (A. Sakuma)

6.1. — Gravimètre absolu transportable

Nous avons poursuivi intensivement notre étude sur l'élimination des erreurs systématiques dans la mesure de g au moyen du gravimètre absolu BIPM-Jaeger. Au cours de cette étude, nous avons trouvé la cause d'une perturbation qui affectait nos mesures de g, de façon aléatoire, de quantités de l'ordre de 3 à 5×10^{-9} en valeur relative, selon l'état hygrométrique de l'air. Cette perturbation était due à des charges électrostatiques résiduelles sur la paroi en pyrex (de diamètre 250 mm) du caisson à vide dans lequel on lance le trièdre. Après installation d'un blindage électrostatique à l'intérieur de ce caisson, autour de la trajectoire du trièdre mobile, la reproductibilité de la mesure de g a été considérablement améliorée. Dans de bonnes séries de mesures nocturnes, on obtient couramment un écart-type d'une mesure de 2 à 5 $\mathrm{nm.s^{-2}}$ (soit, en valeur relative, 2 à 5×10^{-10}) sur une dizaine de lancements du trièdre, en 20 minutes.

La constatation expérimentale de la bonne reproductibilité de la mesure de g nous semble importante. La précision indiquée ci-dessus (qui devrait, dans l'avenir, devenir une exactitude) a été obtenue grâce à l'adoption d'un bon principe (la chute libre symétrique ascendante puis descendante) et aux efforts consacrés à la mise au point du trièdre et de la catapulte. Dès maintenant, cette méthode de mesure de g peut en principe être utilisée en tout point sur la Terre; sa généralisation peut être envisagée grâce à la fabrication industrielle de l'appareillage.

Par ailleurs, la réalisation d'un « état de chute libre » avec la précision indiquée ouvre de nouvelles possibilités : on peut penser, par exemple, à des comparaisons instantanées de longueur d'onde, à la mesure de la pression de radiation, à la détermination de la constante de gravitation, etc.

En profitant de la bonne reproductibilité de la valeur de g obtenue à la suite de cette amélioration, nous avons pu progresser dans l'étude des erreurs systématiques. Nous avons analysé l'effet des gradients de température dans le trièdre mobile, l'effet de la non-uniformité du champ magnétique, l'effet du freinage par l'air résiduel, l'effet du dégazage de la catapulte, l'effet dû à la limitation de la bande passante du système de chronométrage; nous n'avons trouvé jusqu'à présent aucune erreur significative. Toutefois, deux corrections mineures doivent être considérées :

1° une correction de $-1{,}4 \times 10^{-9}$ en valeur relative, à appliquer aux mesures réduites avec les valeurs de longueurs d'onde recommandées en

1973 ([11]), pour les rendre compatibles avec les valeurs de longueurs d'onde recommandées dans la « Mise en pratique » de la définition du mètre d'octobre 1983 ([12]);

2° une correction de diffraction, évaluée à $+ (1{,}0 \pm 0{,}2) \times 10^{-9}$ en valeur relative ($\lambda = 633$ nm, diamètre du faisceau : 6 mm), à appliquer à toutes les mesures.

6.2. — Étalonnage de l'intensité de la marée gravimétrique

L'utilisation de notre gravimètre absolu est maintenant devenue la meilleure méthode d'étalonnage de la marée gravimétrique (en intensité et en phase); cet étalonnage est un sujet de recherche très important en géophysique et en astronomie. Nous avons effectué jusqu'à présent de nombreuses fois cet étalonnage à la station gravimétrique Sèvres point A. Le tableau de l'amplitude de la marée à Sèvres, établi par le Centre International des Marées Terrestres à Uccle (Belgique) et fondé sur notre longue observation de la marée à Sèvres point M_1 (Rapport 1974, p. 44), est actuellement considéré comme exact avec la précision de notre gravimètre absolu, comme on peut le voir d'après les deux exemples suivants obtenus à l'époque de deux éclipses partielles de Soleil à Paris :

Date	Marée admise	Marée mesurée	Rapport
4 déc. 1983	$(2\,250 \pm 0{,}7)$ nm.s^{-2}	$(2\,249 \pm 9{,}9)$ nm.s^{-2}	$1{,}0004\ (\pm 4 \times 10^{-3})$
31 mai 1984	$(2\,331 \pm 0{,}7)$ nm.s^{-2}	$(2\,333 \pm 9{,}4)$ nm.s^{-2}	$0{,}9991\ (\pm 4 \times 10^{-3})$

Cette méthode absolue est très appréciée parmi les spécialistes du fait que, d'une part, les gravimètres relatifs en cours d'étalonnage ne subissent aucune perturbation de la part du gravimètre absolu, en raison de la vaste uniformité du champ de la marée et, d'autre part, dans les endroits calmes, exempts d'agitation industrielle, on peut espérer réduire encore l'incertitude de l'étalonnage et atteindre finalement $\pm 1 \times 10^{-3}$.

7. Thermométrie (J. Bonhoure)

On a poursuivi, dans le cadre des travaux encouragés par le CCT, l'examen du comportement des thermomètres spécialement fabriqués par le NIM (Rép. Pop. de Chine) pour la mesure des hautes températures. On a aussi procédé à la reconstruction des fours « corps noir » destinés à la comparaison des températures thermodynamiques par pyrométrie infrarouge. A ce sujet, les résultats obtenus au BIPM ou dans d'autres laboratoires, d'une part sur l'intervalle de 420 à 630 °C, d'autre part sur

---

([11]) *BIPM Proc.-Verb. Com. Int. Poids et Mesures,* **41**, 1973, p. 112.

([12]) *BIPM Comptes Rendus 17e Conf. Gén. Poids et Mesures,* 1983, p. 97, et *BIPM Proc.-Verb. Com. Int. Poids et Mesures,* **51**, 1983, pp. 25-28.

l'intervalle de 630 à 1 064 °C, posent un problème : celui de leur raccordement à 630 °C, compte tenu des pentes des courbes représentatives de $T - T_{68}$ en fonction de t, obtenues soit avec le thermomètre à résistance, soit avec le thermocouple; on s'est intéressé à cette question.

7.1. — Échelle Internationale Pratique de Température

Thermomètres à résistance de platine pour la mesure des hautes températures. — Le BIPM dispose de trois thermomètres fabriqués par le NIM. Le but poursuivi est, à terme, de remplacer le thermocouple platine/platine rhodié par le thermomètre à résistance de platine dans l'EIPT si, toutefois, ce type de thermomètre se révèle suffisamment fiable et reproductible jusqu'au point de congélation de l'or ou, au minimum, jusqu'à celui de l'argent.

On a donc commencé l'examen des trois thermomètres chinois, en effectuant des étalonnages successivement aux points de congélation de l'or, de l'argent, du zinc et de l'étain, puis à nouveau au point de congélation de l'or. Chaque détermination est suivie d'un contrôle au point triple de l'eau, en respectant scrupuleusement les spécifications de refroidissement indiquées par le NIM.

Les résultats, encore peu nombreux, semblent indiquer une stabilité des thermomètres satisfaisante, avec une répétabilité du R_0 équivalente à 3 ou 4 mK et une répétabilité de W(Au) équivalente à 15 ou 20 mK.

Différences $T - T_{68}$ de part et d'autre de 630 °C. — Dans l'EIPT-68, les instruments d'interpolation sont différents au-dessous et au-dessus de 630 °C (thermomètre à résistance de platine et thermocouple platine/platine rhodié à 10 %, respectivement) et rien ne garantit que les courbes des différences $T - T_{68}$ valables pour les deux parties de l'échelle réalisées l'une avec le thermomètre et l'autre avec le thermocouple aient la même pente à 630 °C. Au contraire, il est généralement admis que la pente de la courbe $T - T_{68}$ en fonction de t présente une discontinuité de + 0,001 8 à 630 °C ([13]); une étude parue dans *Metrologia* ([14]) donne une valeur encore plus grande. On a donc cherché à vérifier ce résultat de la façon suivante :

Dans un four horizontal à température uniforme (à bloc central en cuivre percé de six puits répartis régulièrement sur une surface conique fictive, pour rapprocher au maximum les éléments sensibles des instruments de mesure), on a placé trois thermomètres étalonnés aux points de congélation de l'étain et du zinc et trois thermocouples étalonnés aux points de congélation de l'argent et de l'or.

Au cours de la première mesure, on a ajusté le four à 630 °C pour

---

([13]) Temperature, its Measurement..., Vol. 4, Pittsburg, Instrument Society of America, 1972, p. 1601.

([14]) EVANS, J. P. and WOOD, S. D. An intercomparison of high temperature platinum resistance thermometers and standard thermocouples. *Metrologia*, 7, 1971, pp. 108-130 (voir, en particulier, le tableau 11).

étalonner les thermocouples par rapport aux thermomètres. Ensuite, sans toucher ni aux thermomètres ni aux thermocouples, on a réglé le four alternativement à 620 et à 640 °C. De cette façon, on élimine tout choc mécanique ou thermique et, s'il existe un gradient de température le long du four, on diminue son influence. Le résultat obtenu, qui est toutefois considéré comme très provisoire, ne confirme pas la valeur admise; au contraire, la discontinuité de pente serait négative.

Le problème est important. En effet, avec la valeur admise (+ 0,001 8), les courbes des différences $T - T_{68}$ déterminées au BIPM et dans d'autres laboratoires par pyrométrie infrarouge, d'une part sur l'intervalle de 420 à 630 °C, d'autre part sur l'intervalle de 630 à 1 064 °C, se raccordent convenablement à 630 °C. En revanche, si la nouvelle valeur était confirmée, une difficulté apparaîtrait.

Au BIPM, cette étude sera poursuivie en y apportant des améliorations, mais on souhaite que d'autres laboratoires effectuent ce type de mesures pour que soit établie avec certitude la valeur de la discontinuité à 630 °C.

7.2. — Températures thermodynamiques : étude par pyrométrie infrarouge

On rappelle que la méthode consiste à comparer les luminances de deux cavités « corps noir » à une longueur d'onde voisine de 1 µm. Les températures dans l'EIPT (420 °C et T compris entre 420 et 630 °C) étant connues grâce à des thermomètres étalons placés près des cavités, on déduit la différence $T - T_{68}$ à T de celle à 420 °C par application de la loi de Planck.

Dans le Rapport de 1983 (p. 53), on relatait la destruction des fours verticaux utilisés depuis trois ans, fours qui ont cependant permis d'obtenir les résultats préliminaires de la figure 6. La principale source d'incertitude

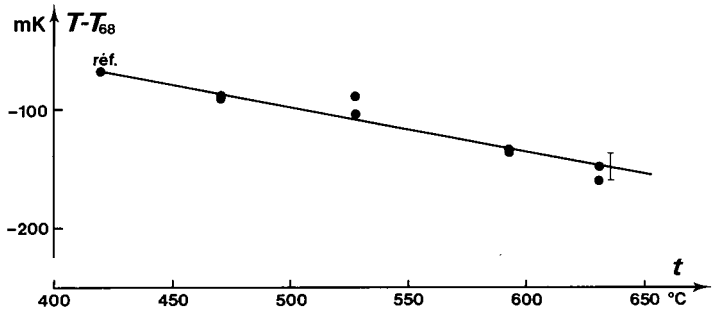

Fig. 6. — Différences $T - T_{68}$ en fonction de la température Celsius t dans l'intervalle de 420 à 630 °C.

La valeur de référence à 420 °C est l'écart $T - T_{68}$ (— 67 mK) obtenu avec le thermomètre à gaz du NBS. L'incertitude (écart-type) à 630 °C est de 11 mK.

provient de l'emploi des thermomètres à résistance : leur séjour prolongé à des températures comprises entre 420 et 630 °C a en effet entraîné des évolutions importantes. C'est la raison pour laquelle l'écart-type de la valeur moyenne de $T - T_{68}$ à 630 °C est de 11 mK. On se demande aussi si l'utilisation des thermomètres « tête en bas » n'est pas à déconseiller.

On a donc construit deux nouveaux fours; le cœur est un bloc en acier inoxydable soudé, contenant un cylindre en cuivre monté en sandwich autour de la cavité de telle sorte que le cuivre ne soit pas en contact avec l'air atmosphérique. Les nouveaux fours sont horizontaux, ce qui supprime un miroir de renvoi et permettra d'utiliser les thermomètres en position horizontale.

7.3. — Études courantes

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

Toutes ces mesures sont maintenant effectuées de manière semi-automatique, grâce à un micro-ordinateur Hewlett-Packard type 86B. Seul, l'emploi d'un pont manuel (Guildline) empêche de les automatiser complètement.

8. Manométrie (J. Bonhoure)

8.1. — Instrument de transfert de pression

On rappelle qu'il s'agit d'une cellule à point triple de l'argon, que l'on a déjà utilisée avec succès comme point fixe de pression pour la comparaison des manobaromètres à mercure de plusieurs laboratoires nationaux au manobaromètre du BIPM.

Pour poursuivre l'étude de la stabilité de cet instrument, juger en particulier de son vieillissement éventuel et voir aussi comment on pourrait l'employer comme référence absolue de pression, on a entrepris la construction d'une deuxième cellule.

Par ailleurs, grâce à un micro-ordinateur Hewlett-Packard type 86B et à une table traçante, on peut maintenant suivre le développement du palier de pression, toutes réductions faites, au fil des mesures.

8.2. — Études courantes

Comme précédemment, on a contrôlé périodiquement l'étalonnage des trois jauges (Ruska, Texas Instruments, Garrett) qui sont utilisées par la section des masses.

9. Électricité (G. Leclerc, T. Witt)

9.1. — Comparaisons de représentations nationales de l'ohm

Quatorzième comparaison des étalons nationaux de résistance de 1 Ω

C'est au cours de sa 16e session, en mars 1983, que le Comité Consultatif d'Électricité a prévu l'organisation de cette comparaison. Treize laboratoires ayant manifesté l'intention d'y participer, il ne nous a pas paru raisonnable de rassembler en même temps au BIPM les étalons de ces treize laboratoires pour n'effectuer qu'une seule comparaison, qui aurait été de très longue durée. Nous avons donc proposé aux laboratoires de les répartir en deux groupes et d'effectuer successivement deux comparaisons d'une durée d'environ six semaines chacune, les six étalons de référence du BIPM participant aux deux comparaisons.

Après consultation des laboratoires, les deux groupes ont été constitués comme suit :

1er groupe : NPRL (Afrique du Sud), ASMW (Rép. Dém. Allemande), PTB (Rép. Féd. d'Allemagne), NRC (Canada), LCIE (France), IEN (Italie) et IMM (U.R.S.S.).

Ces sept laboratoires ont fait parvenir au BIPM 19 étalons qui ont été comparés entre eux et aux étalons du BIPM suivant un schéma qui a nécessité l'exécution de 62 séries « aller » et 62 séries « retour » effectuées symétriquement dans le temps par rapport au 26 novembre 1983. La comparaison, commencée le 3 novembre 1983, a été terminée le 20 décembre. Les résistances des étalons voyageurs, exprimées en fonction de $\Omega_{69\text{-BI}}$ au 26 novembre 1983, sont connues avec un écart-type statistique d'environ 0,012 μΩ.

2e groupe : CSIRO (Australie), NIM (Rép. Pop. de Chine), NBS (É.-U. d'Amérique), ETL (Japon), VSL (Pays-Bas) et NPL (Royaume-Uni).

Ces six laboratoires ont fait parvenir au BIPM 17 étalons qui ont été comparés entre eux et aux étalons du BIPM suivant un schéma qui a nécessité l'exécution de 66 séries « aller » et 66 séries « retour » effectuées symétriquement dans le temps par rapport au 12 février 1984. La comparaison, commencée le 20 janvier 1984, a été terminée le 5 mars. Les résultats de cette seconde comparaison sont exprimés en fonction de $\Omega_{69\text{-BI}}$ avec un écart-type statistique d'environ 0,010 μΩ.

Tous les étalons voyageurs étaient des étalons de premier ordre, à quatre bornes et étanches.

Les six étalons du BIPM, dont la moyenne conserve $\Omega_{69\text{-BI}}$, ont été comparés entre eux deux à deux avant la première comparaison (du 17 au 21 octobre 1983), dans l'intervalle entre les deux comparaisons (du

30 décembre 1983 au 6 janvier 1984) et après la seconde comparaison (du 15 au 21 mars 1984).

Pendant la durée de leur séjour au BIPM, tous les étalons ont été conservés à 20 °C dans des bains d'huile thermorégulés.

Les comparaisons ont été effectuées au moyen d'un pont double de Thomson à bras de 1 000 Ω, en utilisant la méthode de substitution (les deux étalons comparés au cours d'une série de mesures étant opposés à tour de rôle à une résistance tare ajustable). Au milieu de chaque série, les bras « mesure » et « tare » du pont étaient inversés. Pendant les observations, les étalons étaient parcourus par un courant de 0,1 A et leur température était déterminée à l'aide d'un thermomètre à résistance de platine. La résistance à 0 °C des deux thermomètres utilisés et celle de la résistance tare ont été déterminées avant le commencement de la première comparaison, entre les deux comparaisons et dès la fin de la seconde comparaison. Les ponts thermométriques ont été étalonnés en octobre et fin décembre 1983. Les mesures « aller » et les mesures « retour » de chaque comparaison ont été faites en employant des boîtes shunts différentes pour réaliser l'équilibre principal du pont. Deux observateurs ont effectué chacun deux séries de mesures par jour, les séries « retour » de l'un correspondant aux séries « aller » de l'autre.

Les résultats des comparaisons sont calculés à 20 °C (EIPT-68), pour une dissipation de 0,01 W dans les étalons pendant la durée des observations et à la pression de 101 325 Pa pour ceux dont on connaissait le coefficient de pression.

Douze sur treize de ces résultats sont déjà connus :

au 26 novembre 1983	Ω_{NPRL}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$-0{,}12\ \mu\Omega$
	Ω_{ASMW}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$+0{,}06\ \mu\Omega$
	Ω_{PTB}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$+1{,}06\ \mu\Omega$
	Ω_{NRC}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$-1{,}86\ \mu\Omega$
	Ω_{LCIE}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$+0{,}93\ \mu\Omega$
	Ω_{IEN}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$+1{,}45\ \mu\Omega$
	Ω_{IMM}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$+1{,}45\ \mu\Omega$
au 12 février 1984	Ω_{NIM}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$+0{,}50\ \mu\Omega$
	Ω_{NBS}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$+0{,}19\ \mu\Omega$
	Ω_{ETL}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$+1{,}56\ \mu\Omega$
	Ω_{VSL}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$+0{,}56\ \mu\Omega$
	Ω_{NPL}	$= \Omega_{69\text{-BI}}$	$+0{,}32\ \mu\Omega$

avec

$$\Omega_{69\text{-BI}}\ (\text{au } 26 \text{ nov. } 83) - \Omega_{69\text{-BI}}\ (\text{au } 12 \text{ fév. } 84) = +0{,}012\ \mu\Omega$$
$$(s = 0{,}001\ \mu\Omega).$$

Un rapport détaillé sur cette 14e comparaison sera publié lorsque tous les résultats seront connus.

Mesures complémentaires

Indépendamment des deux étalons voyageurs qui ont participé à la comparaison internationale, le CSIRO (Australie) a envoyé quatre autres étalons de 1 Ω au BIPM; deux d'entre eux doivent demeurer en dépôt à Sèvres, les deux autres ont été déposés au NPL après étalonnage au BIPM. Ces quatre étalons, construits par le CSIRO, sont bien entendu de premier ordre; les deux étalons déposés au BIPM constituent donc une acquisition précieuse et nous désirons remercier ici le CSIRO. Chacun des quatre étalons a été comparé aux six étalons primaires du BIPM en janvier puis en mars 1984. Les résultats de ces mesures, comparés aux valeurs attribuées aux étalons par le CSIRO en octobre 1983, fourniront une relation entre Ω_{CSIRO} et $\Omega_{69\text{-BI}}$ complémentaire de celle donnée par la comparaison internationale. Ils ont aussi permis, par l'intermédiaire des deux étalons australiens transportés au NPL, de contrôler la relation obtenue entre Ω_{NPL} et $\Omega_{69\text{-BI}}$.

9.2. — Travaux relatifs à la conservation et au transfert de $V_{76\text{-BI}}$

Effet Josephson et rattachements des piles étalons de référence

Pendant la période couverte par ce Rapport, nous avons effectué neuf séries de mesures de l'effet Josephson et environ 200 séries de comparaisons de nos piles étalons de référence afin de conserver notre représentation du volt.

Pour assurer le fonctionnement des mesures de l'effet Josephson, nous avons fabriqué de nouvelles séries de jonctions; malgré des progrès importants, la maîtrise complète des paramètres des jonctions est encore difficile.

Nous avons donné plusieurs jonctions au VSL (Pays-Bas) pour permettre à ce laboratoire de poursuivre ses mesures.

Comparateur automatique de piles étalons

Depuis décembre 1983, le comparateur automatique de piles est installé à sa place définitive dans la cage de Faraday de la salle 4 qui est réservée aux comparaisons de piles. Nous avons effectué une centaine de séries de comparaisons avec ce comparateur, la plupart en utilisant nos propres piles de référence dont le niveau de bruit est faible. Si, comme c'est l'habitude, on suppose que les piles ont des dérives linéaires en fonction du temps, l'écart-type d'une observation par rapport à une droite est d'environ 8 nV. Pour 56 comparaisons de piles dont les forces électromotrices diffèrent d'environ 220 μV, nous avons fait suivre les mesures automatiques de mesures manuelles avec le potentiomètre. La différence statistique des deux ensembles de résultats est — 2 nV, avec un écart-type de 3 nV. Nous

estimons à 7 nV (écart-type) l'exactitude du comparateur automatique, dans le cas où les f.é.m. des piles diffèrent de 220 μV. Pendant toutes ces mesures, nous n'avons en aucun cas observé une modification des valeurs des piles (par charge ou décharge accidentelle) qui puisse être imputée au comparateur automatique.

Récemment, nous avons mis au point des modules de commutation et le logiciel permettant d'accepter au total quatre groupes de six piles.

Nous effectuons maintenant la mesure des f.é.m. des piles des laboratoires nationaux avec le comparateur automatique.

Étude d'un étalon de tension à diode de Zener

A la suite des résultats prometteurs obtenus par le CSIRO sur le comportement, lors de transports, d'un étalon de tension commercial à diode de Zener ([15]), nous étudions un tel étalon. Nous savons ([16]) que, lors d'un rattachement entre laboratoires éloignés, la force électromotrice d'une pile utilisée comme étalon voyageur subit une variation dont la valeur absolue est en moyenne de 0,4 à 0,5 μV. Les expériences du CSIRO indiquent qu'il est peut-être possible que des étalons fondés sur une diode de Zener varient moins. Nous savons déjà que leur coefficient de température est assez faible (de l'ordre de — 0,4 μV/K) et que leur niveau de bruit à court terme est de l'ordre de $20\ \mathrm{nV}/\sqrt{\mathrm{Hz}}$. Nous étudions actuellement la stabilité à moyen terme, c'est-à-dire de semaine en semaine. Dans l'ensemble, les résultats sont encourageants.

9.3. — Travaux relatifs à l'amélioration des mesures de résistance

L'avancement des travaux relatifs à l'amélioration des mesures de résistance a été modeste cette année, notamment à cause de la comparaison internationale d'étalons de résistance, des préparatifs concernant l'effet Hall quantique et de la mise au point de la climatisation des salles 4 et 13.

Cependant, nous avons monté, à titre d'essai, un circuit prototype qui permet de comparer deux résistances de valeur nominale 10 kΩ. Cette même méthode est employée par quelques grands laboratoires nationaux pour les mesures précises de l'effet Hall quantique. La figure 7 donne le schéma de principe du comparateur, qui permet de déduire le rapport des deux résistances R et X de la mesure des trois tensions U_1, U_2 et U_3. Dans notre prototype, les deux résistances de précision T et T' ont des valeurs

---

([15]) MURRAY, W. and DENCHER, P. High-accuracy voltage transfer using a modified commercial solid-state reference. *J. Phys. E: Sci. Instrum.*, **17**, 1984, pp. 354-356.

([16]) WITT, T. J. and REYMANN, D. The maintenance and comparison of standards of electromotive force at the BIPM. *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, **IM-32**, 1983, pp. 260-266.

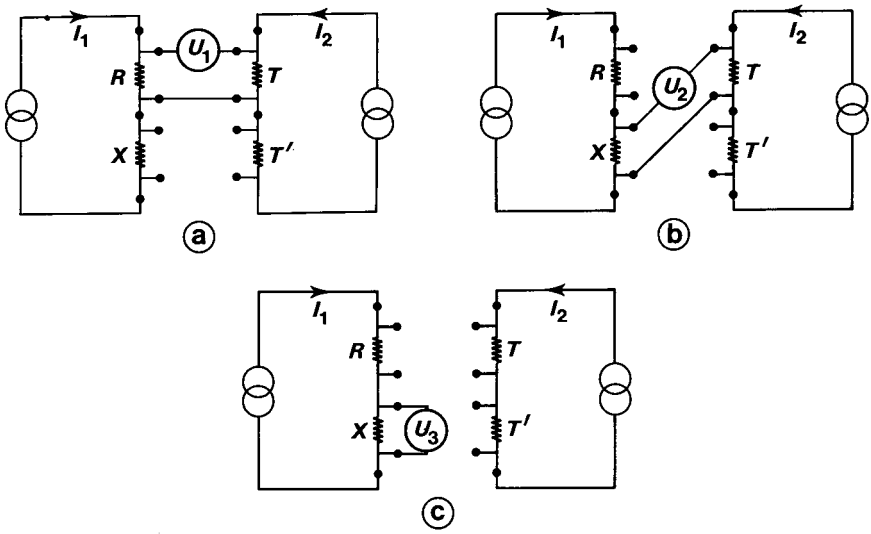

Fig. 7. — Schéma de principe du comparateur de résistances de 10 kΩ.

De la mesure des trois tensions U_1, U_2 et U_3 on déduit le rapport des résistances R et X. En effet : a) $RI_1 - TI_2 = U_1$, b) $XI_1 - TI_2 = U_2$, c) $XI_1 = U_3$, d'où

$$\frac{R}{X} = 1 + \frac{U_1 - U_2}{U_3}.$$

voisines de celles des étalons R et X; les sources de courant sont des piles à mercure.

L'utilisation d'un ordinateur pour l'acquisition des indications du voltmètre permet de chronométrer les mesures et d'éliminer, dans le résultat, l'effet des variations linéaires des alimentations en courant. Pour le comparateur prototype, l'incertitude de la mesure est de 2×10^{-8} en valeur relative.

Nous sommes également en train de construire nous-mêmes deux circuits de passage de type Hamon. L'un donnera 1 Ω et 100 Ω, l'autre donnera 100 Ω et 10 000 Ω. Nous avons déterminé les coefficients de température entre 20 °C et 30 °C de 25 résistances de 10 Ω et de 15 résistances de 1 000 Ω afin d'en sélectionner dix de chaque sorte pour ces circuits. Nous avons fait fabriquer six des 22 jonctions tétrapolaires nécessaires pour réaliser les passages série-parallèle. La plus grande résistance de ces six jonctions est 6 nΩ, sans ajustage.

9.4. — Activités relatives à la mise en œuvre de l'effet Hall quantique

Comparateur cryogénique de courants

Dans le cadre d'une collaboration avec le LCIE, nous avons participé à la construction et à la mise au point d'un comparateur cryogénique de

courants (C.C.C.). La figure 8 donne le schéma de principe de la mesure de résistances au moyen de ce comparateur. Le pont de comparaison des résistances est alimenté par une source de courant primaire et une source de courant secondaire asservie, de telle façon que l'intensité du courant qui traverse chacune des deux résistances à comparer soit inversement proportionnelle à la valeur de cette résistance. Ces courants traversent respectivement les enroulements primaire (Nn tours) et secondaire (n tours) du C.C.C. Un détecteur SQUID, couplé au C.C.C. par un transformateur de flux, mesure la différence des forces magnétomotrices produites par ces deux courants. Son signal de sortie est ramené à zéro à l'aide d'un diviseur qui envoie une très faible partie du courant secondaire, εI_s, dans un enroulement auxiliaire (n' tours). On a alors exactement :

$$Nn\ I_p = n\ I_s + n'\ \varepsilon I_s$$

à l'équilibre du pont : $R_s I_s = R_p I_p$ et donc :

$$R_p/R_s = I_s/I_p = N/[1 + \varepsilon n'/n].$$

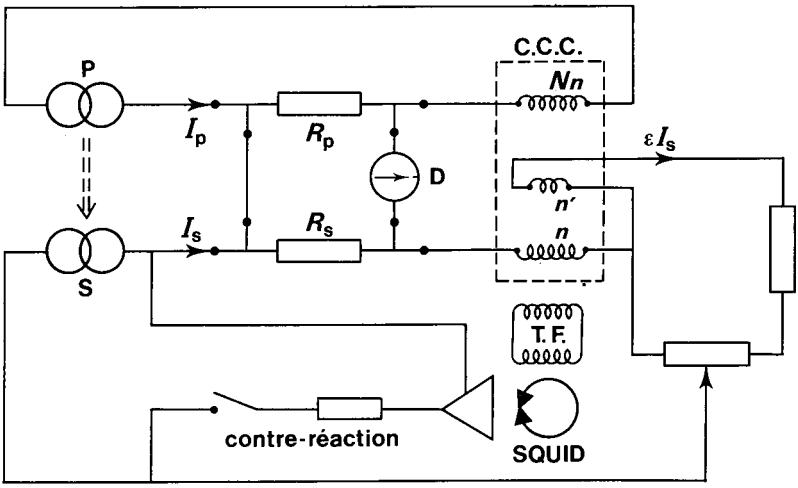

Fig. 8. — Schéma de principe de la mesure de résistances au moyen du comparateur cryogénique de courants.

P et S, sources de courant primaire (I_p) et secondaire (I_s); R_p et R_s, résistances étalons à comparer; C.C.C., comparateur cryogénique de courants; Nn, n et n', nombre de tours des enroulements primaire, secondaire et auxiliaire; εI_s, courant auxilaire; T.F., transformateur de flux; D, Détecteur de zéro.

En fait, pour maintenir ces conditions malgré la dérive des composants électroniques, on utilise le signal de sortie du SQUID en contre-réaction externe, ce qui permet d'augmenter la durée de la mesure et de diminuer l'incertitude due au bruit.

Des mesures préliminaires ont été faites en utilisant les rapports $N = 1$

et $N = 100$ d'un premier comparateur, pour contrôler l'exactitude de dispositifs série-parallèle de type Hamon utilisés pour le passage de 1 Ω à 100 Ω. Pour diminuer l'incertitude des résultats obtenus, il a été décidé de construire un nouveau comparateur disposant, entre autres, d'un rapport $N = 10$ auto-étalonnable qui a pu être vérifié à mieux que 1×10^{-9} près.

Les mesures sur les dispositifs de Hamon ont alors été faites en répétant plusieurs fois une comparaison des dispositifs en position « série » (100 Ω) avec une résistance fixe de 10 Ω, suivie d'une comparaison de cette résistance avec les dispositifs en position « parallèle » (1 Ω). Ces mesures ont été faites sur trois dispositifs (dont deux appartiennent au BIPM) et sur deux résistances auxiliaires (1 Ω et 100 Ω) servant de témoins. Elles ont mis en évidence la nécessité, pour obtenir une bonne reproductibilité des mesures, de modifier aussi peu que possible l'environnement des dispositifs de Hamon; certaines mesures ont donné des résultats aberrants dus à des défauts des contacts des dispositifs de Hamon; après élimination de ces défauts, on a constaté que le rapport des trois dispositifs était exact à mieux que 1×10^{-8} près, l'écart-type d'une observation étant de $1{,}2 \times 10^{-8}$ (et deux fois moindre pour les résistances fixes auxiliaires).

Des mesures de rattachement d'un groupe de résistances de 10 kΩ aux étalons maintenant l'ohm au LCIE ont aussi été faites, ainsi que la vérification de deux dispositifs de Hamon du BIPM, permettant le passage de 100 Ω à 10 kΩ. Pour ces mesures, nous avons utilisé directement le rapport 100 du C.C.C. L'exactitude du rapport des dispositifs de Hamon a été vérifiée à 10^{-8} près sur deux séries de mesures aller et retour; l'incertitude de ces résultats, estimée actuellement à 2×10^{-8} (écart-type) devrait être réduite lorsque l'environnement électrique aura été amélioré. Il est à noter que la valeur des résistances de l'un des dispositifs de Hamon a changé, d'un jour à l'autre, d'une valeur significative, nettement supérieure à la limite de reproductibilité des comparaisons série-parallèle. Ces mesures, qui ont permis de contrôler directement et indépendamment les dispositifs de type Hamon, nous ont montré comment les utiliser pour obtenir des résultats avec une bonne reproductibilité. Les mesures aller et retour doivent être effectuées en déplaçant aussi peu que possible ces dispositifs et en une durée aussi réduite que possible, en tout cas certainement dans la même journée.

Les C.C.C. construits au LCIE peuvent aussi permettre de comparer directement les résistances apparaissant dans l'effet Hall quantique à une résistance étalon de 100 Ω. Les premiers essais ont été faits avec un échantillon de AlGaAs/GaAs; les mesures, rendues difficiles par des résistances d'accès trop élevées dans les prises de courant, ont néanmoins permis d'obtenir pour la résistance ($R_H = h/ne^2$) correspondant au plateau $n = 4$, une valeur préliminaire compatible avec celles mesurées dans les autres grands laboratoires, dans la limite des incertitudes, estimées à quelques 10^{-7} (écart-type).

Nous remercions le LCIE pour son accueil qui nous a permis de profiter des travaux faits dans ce laboratoire.

Autres préparatifs

La mise en place prochaine au BIPM d'un équipement permettant la mesure de l'effet Hall quantique a nécessité de nombreuses visites et rencontres (NPL, PTB, LCIE, etc.).

9.5. — Troisième comparaison internationale circulaire des étalons de capacité en silice de 10 pF

C'est au cours de sa 15e session, en septembre 1978, que le CCE a décidé l'organisation de cette 3e comparaison. En mars 1983, trois circuits de mesures étaient terminés; les résultats correspondants ont été présentés à la 16e session du CCE. Le quatrième et dernier circuit est en voie d'achèvement. Les trois condensateurs étalonnés successivement à l'ASMW, à la PTB et au NPL sont maintenant au VSL. Lorsque ce dernier aura effectué leur étude, ils retourneront au NBS (probablement à la fin de l'année 1984) et la 3e comparaison internationale sera terminée.

9.6. — Études courantes

Outre l'étalonnage de ses références et de celles des autres sections du BIPM, la section d'électricité a étudié douze étalons de résistance (de valeurs comprises entre 0,001 et 10^4 Ω) et 18 piles (définies à 20 °C ou 30 °C) pour la Belgique, la Bulgarie, la Hongrie, la Norvège, la Suisse et la Tchécoslovaquie.

10. Photométrie (J. Bonhoure)

10.1. — Comparaison internationale

La comparaison internationale de lampes étalons d'intensité lumineuse et de flux lumineux, décidée par le CCPR en septembre 1982 et à laquelle quinze laboratoires nationaux participeront, n'a pas pu commencer au début de 1984 : la fabrication et la distribution des lampes nécessaires ont pris un très grand retard. On espère maintenant pouvoir faire les premières mesures en avril 1985.

Dans ce but, on a poursuivi la préparation et la modernisation des installations du BIPM.

10.2. — Études courantes

En plus de la vérification de plusieurs groupes de lampes appartenant au BIPM, on a contrôlé des lampes étalons d'intensité et de flux lumineux appartenant au laboratoire national polonais.

11. Rayons X et γ, électrons (A. Allisy)

11.1. — Rayons X (M. Boutillon *)

Comparaison d'étalons d'exposition

Une comparaison indirecte d'étalons d'exposition a été effectuée entre le BIPM et l'Istituto Superiore di Sanità (ISS) dans le domaine des rayons X d'énergie moyenne (100 à 250 kV). La chambre de transfert utilisée a été construite à l'ISS. Les mesures ont mis en évidence un écart de 0,5 % entre les rapports des aires des diaphragmes du BIPM et de l'ISS, mesurés ionométriquement et mécaniquement. Cet écart a été réduit à 0,2 % après des mesures mécaniques ultérieures du diaphragme ISS, effectuées en Italie après la comparaison. Compte tenu de la nouvelle valeur de l'aire du diaphragme ISS ainsi obtenue, les résultats définitifs de la comparaison donnent, pour le rapport M_{ISS}/M_{BIPM} (où M est le facteur d'étalonnage de la chambre de transfert), des valeurs comprises entre 0,998 4 à 100 kV et 0,995 2 à 250 kV. Ces résultats sont compatibles avec les incertitudes estimées. Ils remplacent ceux qui ont été obtenus lors d'une première comparaison (Rapport 1979, p. 48) et qui étaient entachés d'une grande incertitude due à l'inhomogénéité du faisceau dans lequel la chambre de transfert avait été étalonnée à l'ISS.

Modification du système de régulation de température de l'étalon du BIPM

L'étalon du BIPM, pour les rayons X d'énergie moyenne, est maintenu à une température voisine de 25 °C et le système de tout ou rien utilisé jusque-là pour réguler la température a été remplacé par un système proportionnel. La température au sein du volume de mesure est déterminée à partir d'une thermistance fixée au voisinage de la paroi. La variation de cette température est maintenant inférieure à 0,01 K dans le courant d'une journée. Afin de vérifier que ces transformations n'entraînent pas de modification de la réponse de l'étalon, on a contrôlé que le facteur d'étalonnage d'une chambre de Shonka prise comme témoin n'avait pas varié de manière significative.

11.2. — Rayonnement γ du ^{60}Co (M.-T. Niatel *, M. Boutillon *)

Mesure du courant d'ionisation

Un nouveau dispositif d'acquisition de données a été mis en service. La pression atmosphérique moyenne pendant la durée d'une mesure est maintenant obtenue par intégration numérique. Par ailleurs, quatre ponts permettent la mesure simultanée de quatre températures. On peut

introduire dans ces ponts diverses thermistances et déterminer ainsi la température en des points variés à l'intérieur ou au voisinage des chambres d'ionisation.

Ces changements ont entraîné des modifications des programmes d'exploitation des mesures. On a constaté un excellent accord entre les mesures d'un même courant d'ionisation avec l'ancien et le nouveau système (écart de quelques cent-millièmes).

Comparaisons d'étalons d'exposition

Deux chambres d'ionisation à cavité en graphite, construites au Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants (LMRI) dans le cadre d'une coopération franco-chinoise, ont été étalonnées au BIPM en exposition.

La première chambre, qui appartient au LMRI, a été utilisée comme instrument de transfert pour comparer à l'étalon du BIPM l'étalon du LMRI qui est constitué par un ensemble de chambres d'ionisation. Le même système (LMRI) de mesure du courant d'ionisation a été employé à Saclay et à Sèvres. On a trouvé $\dot{X}_{\mathrm{LMRI}}/\dot{X}_{\mathrm{BIPM}} = 1{,}005$. Le LMRI étudie actuellement une éventuelle révision de son étalon. La chambre de transfert, dont le volume a été mesuré et certaines corrections déterminées, pourrait contribuer à l'établissement d'une nouvelle référence LMRI. Si l'on considère cette chambre, non plus comme une chambre de transfert, mais comme une chambre primaire, on trouve un écart inférieur à 0,1 % avec l'étalon du BIPM.

La seconde chambre est destinée à l'Institut National de Métrologie (NIM) de Beijing. Son facteur d'étalonnage en exposition a été déterminé par rapport à l'étalon du BIPM en employant le même système (BIPM) de mesure du courant d'ionisation. Cette chambre permettra de comparer de manière indirecte la référence d'exposition NIM à celle du BIPM et, comme dans le cas précédent, elle pourrait aussi jouer le rôle d'étalon primaire.

Étalonnages de chambres d'ionisation

On a continué à contrôler la stabilité du facteur d'étalonnage des chambres Exradin T2 (à parois équivalentes au tissu) du groupe de mesures neutroniques du BIPM. Quatre chambres (dont deux nouvelles) ont été ainsi mesurées à l'automne 1983 et en juillet 1984 (*voir* « Mesures neutroniques »).

Facteur de conversion C_λ d'une chambre Exradin

On a effectué des mesures avec une chambre Exradin T2, successivement dans l'air et dans le fantôme d'eau du BIPM. La première mesure permet de déterminer le facteur d'étalonnage en exposition. La seconde mesure comparée à la première donne (si la dose absorbée dans l'eau est connue par ailleurs) le facteur de conversion C_λ de la chambre

Exradin. La connaissance des facteurs C_λ, grâce auxquels des chambres d'ionisation étalonnées en exposition peuvent devenir des instruments de mesure de la dose absorbée dans l'eau, est d'une grande importance en radiothérapie.

La dose absorbée dans l'eau est obtenue à partir de la dose absorbée dans le graphite à la même profondeur avec le même faisceau ([17]). En ce qui concerne la chambre Exradin, le manque de stabilité des mesures n'a par permis une détermination précise de C_λ. La moyenne des mesures dans l'eau a augmenté de 0,88 % entre juillet-août 1983 et décembre 1983-février 1984. Les mesures dans l'air sont plus reproductibles : écart de 0,15 % entre les mesures d'août-septembre 1983 et la moyenne de celles de décembre 1983 et février 1984. Mais les deux écarts s'ajoutent, de sorte que les deux valeurs de C_λ obtenues (36,78 et 36,40 $Gy.C^{-1}.kg$ ou 0,949 et 0,939 rad/R) diffèrent de plus de 1 %. La cause de ces variations n'est pas évidente : peut-être, contrairement aux conclusions des contrôles qui avaient été faits au préalable, y a-t-il absorption d'eau par les parois de la chambre à travers le support de plexiglas ?

11.3. — **Électrons** (A.-M. Perroche *, M. Boutillon *)

Révision de la valeur de W publiée par l'ICRU

L'ICRU (International Commission on Radiation Units and Measurements) dans son Rapport 31 (1979) a effectué une compilation de toutes les valeurs de W obtenues expérimentalement par différents auteurs. La plupart des expériences utilisent des mesures ionométriques, et W est connu à partir du produit $W.\bar{s}$, où $\bar{s}$ est le rapport moyen du pouvoir de ralentissement du matériau de la chambre d'ionisation à celui de l'air, pour les électrons traversant la cavité. Si $\bar{s}$ est connu, on en déduit W. Les valeurs de $\bar{s}$ utilisées par les auteurs sont, pour la plupart, déduites des tables de pouvoirs de ralentissement de Berger et Seltzer (1964), ou encore de données antérieures. Cependant, de nouvelles tables ont été récemment publiées par Berger et Seltzer (1982) et nous avons réajusté les valeurs de $\bar{s}$ en tenant compte de ces données. Nous avons d'autre part tenu compte, pour le calcul de $\bar{s}$, de la présence du rayonnement diffusé dans les faisceaux de photons utilisés par les auteurs.

La valeur moyenne ainsi obtenue pour W est égale à 33,97 J/C, soit 0,35 % de plus que la valeur recommandée par l'ICRU en 1979.

Mesure de W

On a choisi d'effectuer des mesures dans l'azote. On a étudié, à pression constante p dans la chambre d'ionisation, le courant I en fonction du

---

([17]) BOUTILLON, M. Determination of absorbed dose in a water phantom from the measurement of absorbed dose in a graphite phantom. *BIPM Rapport* **BIPM-81/2,** 6 pages.

champ électrique collecteur E. On observe que ce courant croît ou décroît suivant que le champ augmente ou diminue l'énergie des électrons. Cet effet masque les pertes par recombinaison des ions. Pour évaluer la correction due à ces pertes, on a extrapolé à p/E nul la courbe donnant en fonction de p/E l'inverse du courant moyen I_m pour les deux polarités.

Pour des électrons de 4 keV et un courant d'ionisation de 70 nA, on estime que cette correction est de 0,3 % pour une valeur de E/p égale à 0,05 V/(cm.Pa).

12. Radionucléides

12.1. — Mesures d'activité (A. Rytz, J. W. Müller)

Le but principal des mesures d'activité effectuées au BIPM est d'établir une référence de cette grandeur et d'en assurer la fiabilité et la pérennité, afin que les laboratoires nationaux puissent y rattacher leurs propres mesures. Ce rattachement (« traçabilité ») est parfois obtenu au moyen de sources solides de certains radionucléides, étalonnées au BIPM et envoyées aux intéressés. En outre, les comparaisons internationales fournissent à chaque participant un échantillon d'une solution étalonnée postérieurement par l'ensemble des participants. Toutefois, le nombre de radionucléides envisageables, ainsi que la fréquence et la durée de leur disponibilité, sont trop limités pour atteindre le but proposé. La portée de l'effort du BIPM a pu être étendue considérablement par la création du Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons γ (SIR) qui représente un moyen de comparaison simple et permanent, applicable à un nombre de radionucléides beaucoup plus élevé.

Comparaisons internationales de mesures d'activité

^{137}Cs. — Un compte rendu détaillé de cette importante comparaison a été rédigé (Rapport BIPM-83/8) et distribué aux 23 participants et à quelques autres personnes. Les mesures étaient fondées presque exclusivement sur la méthode de l'indicateur d'efficacité. Cette méthode, quoique d'une application relativement fréquente, ne semble avoir été décrite qu'assez sommairement. Il était donc indiqué d'y consacrer une partie importante du rapport, à laquelle plusieurs membres de la Section II du CCEMRI ont apporté un concours hautement apprécié. Une version condensée de ce rapport a été soumise pour publication dans *Nuclear Instruments and Methods.*

^{133}Ba. — Deux comparaisons préliminaires avaient déjà eu lieu antérieurement, mais les résultats de la deuxième, effectuée en 1981, n'étaient pas beaucoup plus satisfaisants que ceux de la première. L'échec

semblait dû à un effet chimique facile à éviter. Un troisième essai pouvait donc se limiter à quelques mesures de contrôle par les six laboratoires qui avaient participé aux deux comparaisons précédentes. Dans un premier temps, des échantillons de la solution préparée par le NBS furent envoyés seulement à ces six laboratoires. Lorsque les résultats se furent avérés suffisamment cohérents, le reste des échantillons fut distribué aux 19 autres participants. Compte tenu de la longue période du ^{133}Ba ($T_{1/2} \approx 10$ a) et de la haute pureté radionucléidique de la solution, aucune perte d'exactitude ne sera à craindre pour comparer des résultats répartis sur plusieurs mois.

Un rapport préliminaire ([18]) contenant les valeurs obtenues et quelques détails expérimentaux a été distribué aux 19 laboratoires ayant soumis leurs résultats, qui peuvent être résumés comme suit :

	Tous les résultats	Sans les trois résultats qui s'écartent le plus de la moyenne
Activité massique à la date de référence (moyenne non pondérée)	1 160,9 Bq/mg	1 160,5 Bq/mg
Dispersion totale	1,64 %	0,47 %
Incertitude combinée (éc.-type)	0,36 %	0,19 %

^{109}Cd. — Selon une enquête récente menée auprès d'une trentaine de laboratoires nationaux, une comparaison de mesures d'activité de ce radionucléide souvent utilisé comme référence d'énergie de rayons γ (88 keV) susciterait un intérêt considérable. Comme les détails des mesures complexes et difficiles sont encore insuffisamment connus, une comparaison préliminaire devra être organisée par un laboratoire disposant d'une certaine expérience. L'OMH (Hongrie) s'est porté volontaire et le NAC (Afrique du Sud) a offert de fournir la solution de départ. Cette précomparaison est prévue pour décembre 1984.

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

La référence sur laquelle s'appuient ces mesures consiste en un jeu de cinq sources de radium qui font l'objet de contrôles dix fois par an. Ces contrôles ont été étendus à deux sources de radium âgé, acquises il y a deux ans, afin de voir si la période effective dépend de l'âge, ce qui serait imputable au changement du taux de ^{210}Pb. Cependant, aucune variation significative n'a pu être observée jusqu'à présent.

([18]) RYTZ, A. International comparison of activity measurements of a solution of ^{133}Ba (March 1984). Preliminary report. *BIPM Rapport* **BIPM-84/5**, août 1984, 5 pages.

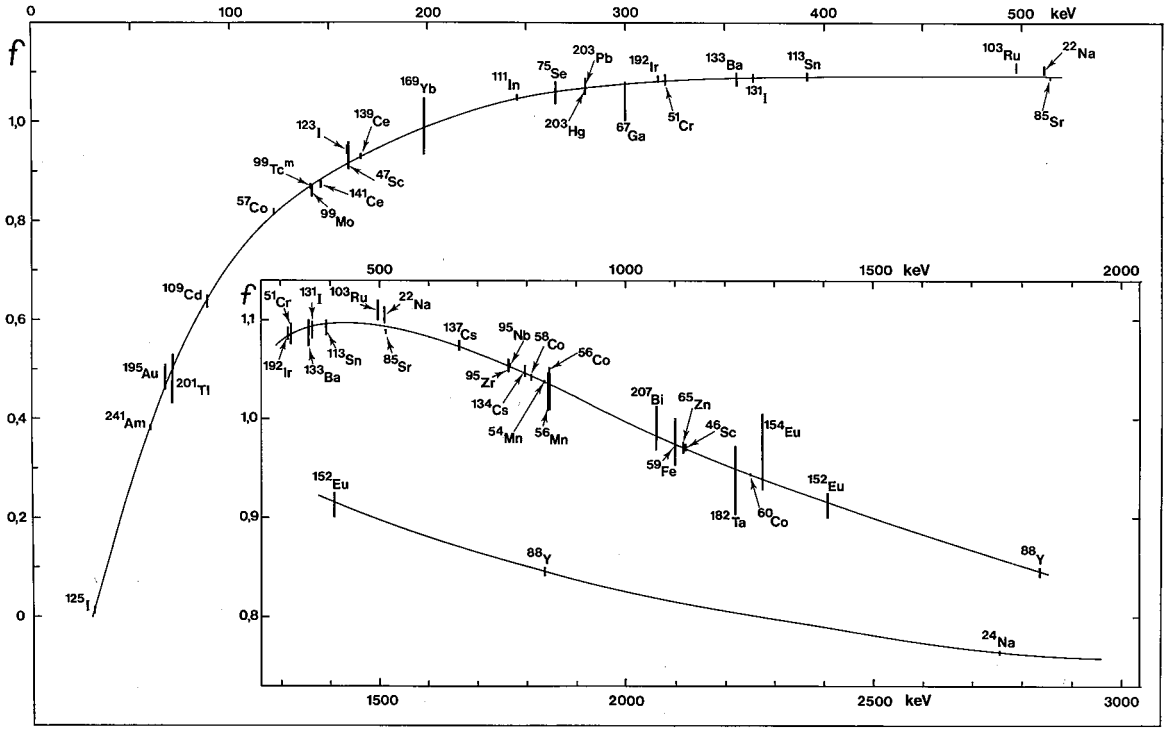

Fig. 9. — Courbe d'efficacité de la chambre d'ionisation.
L'ordonnée $f = \varepsilon/\varepsilon'$ est l'efficacité relative, où ε désigne l'efficacité mesurée pour les photons d'énergie E (abscisse) et $\varepsilon' = kE$ la valeur que l'on obtiendrait pour une dépendance linéaire; k est une constante choisie arbitrairement.

Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons γ (SIR). — La croissance à peu près constante du nombre d'ampoules de solutions étalonnées soumises par les participants, du nombre de radionucléides et des résultats nouveaux reflète un intérêt toujours aussi vif de la part des laboratoires nationaux.

En utilisant les quelques trois cents résultats concernant 45 radionucléides, ainsi que les valeurs les plus récentes des paramètres nucléaires, on a établi une nouvelle courbe d'efficacité de la chambre d'ionisation (fig. 9); des détails complémentaires sont donnés par ailleurs ([19]). Il est important de pouvoir disposer d'une courbe précise pour déterminer les corrections d'impuretés qui sont souvent dues à des radionucléides pour lesquels il n'y a pas eu de mesure séparée. Tous les résultats contenant de telles corrections — ils sont de l'ordre d'une centaine — ont été recalculés et modifiés en conséquence. Dans quelques rares cas, ces modifications, dues à une connaissance jadis incomplète de l'efficacité de la chambre, étaient considérables.

Le rayonnement de freinage peut donner lieu à des corrections semblables et jusqu'à présent négligées. Quelques mesures récentes, effectuées avec des émetteurs de particules β, purs (^{204}Tl, ^{99}Y) ou avec des rayons γ associés [^{144}(Ce + Pr)], permettent, dans un premier temps, d'évaluer ces corrections pour tous les radionucléides du SIR. Pour la plupart d'entre eux, ces corrections sont très faibles. Des mesures ultérieures suivront.

Un rapport (Rapport BIPM-83/9) a été préparé et distribué aux participants, afin qu'ils connaissent mieux les activités minimales nécessaires pour les divers radionucléides, ainsi que les taux d'impuretés maximaux acceptables pour que les mesures du SIR soient suffisamment précises.

12.2. — Statistiques de comptage (J. W. Müller)

Un intérêt particulier a été porté à l'étude du comportement d'un temps mort généralisé, qui contient les deux types habituels comme cas limites. Bien que la généralisation se fonde sur une idée déjà ancienne, son adaptation aux mesures pratiques pose parfois des problèmes, et il dépend de leur solution si cette approche plus générale devient aussi plus utile. Deux de ces problèmes sont esquissés dans ce qui suit.

Détermination des nouveaux paramètres

Pour la détermination de l'activité d'une source dont le taux de comptage bêta est très élevé, il est nécessaire de tenir compte de la déformation apportée à la séquence d'impulsions par l'ensemble de la

---

([19]) RYTZ, A. The international reference system for activity measurements of γ-ray emitting nuclides. *Int. J. Appl. Radiat. Isot.*, **34**, 1983, pp. 1047-1056.

chaîne électronique. Bien que ce problème soit de nature générale, il se manifeste en particulier dans l'application de l'échantillonnage sélectif. Par des méthodes décrites précédemment, il est possible de mesurer ce « premier » temps mort τ_1 que l'on peut considérer comme cause de la perturbation. Or, les résultats expérimentaux montrent que la valeur numérique ainsi obtenue pour τ_1 ne dépend pas seulement du type admis, mais aussi du taux de comptage (fig. 10a). Par conséquent, l'évaluation du taux de comptage originel, et donc aussi de l'activité de la source, est affectée d'une incertitude qui peut être gênante.

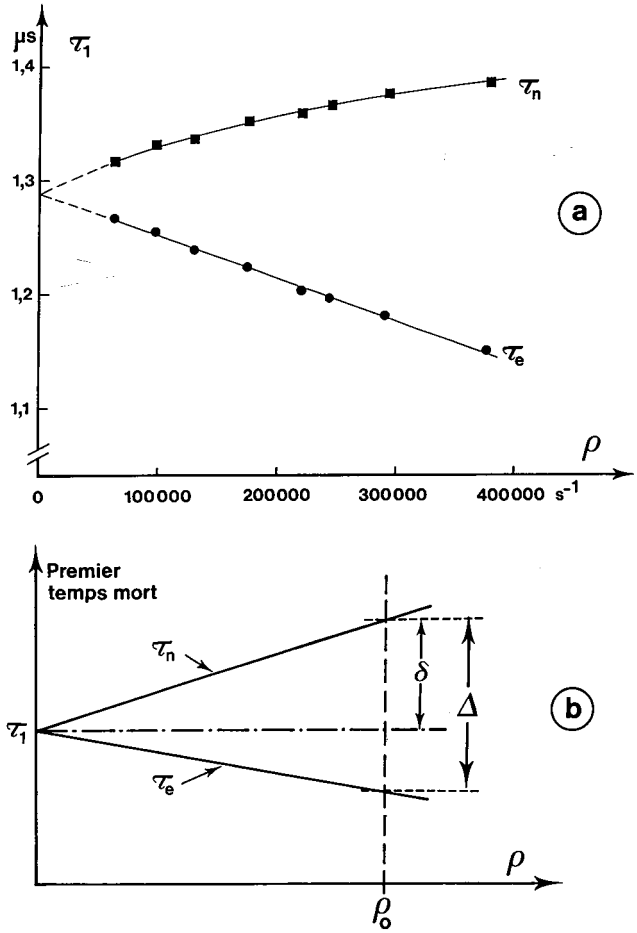

Fig. 10. — a) Comportement de la valeur déduite pour le premier temps mort τ_1 de notre appareillage, supposé de type étendu (e) ou non étendu (n), en fonction du taux de comptage bêta ρ.

b) Comportement schématique des valeurs obtenues pour un temps mort qui est du type généralisé, mais auquel on attribue un des deux types habituels. Le nouveau paramètre s'obtient à l'aide de $\delta/\Delta \approx \theta$.

On peut en déduire — au moins pour notre appareillage — que le premier temps mort ne correspond à aucun des deux types habituels, mais que son comportement est d'une certaine manière « intermédiaire ». Il s'ensuit qu'une description plus fidèle demande l'utilisation d'un temps mort généralisé. Il se trouve qu'un modèle approprié a été proposé, il y a une trentaine d'années déjà ([20]), mais il ne semble pas avoir donné lieu à une application pratique. La généralisation consiste à supposer que la prolongation d'un temps mort par une nouvelle impulsion se fait seulement avec une certaine probabilité θ qui est indépendante des décisions antérieures. On peut montrer que dans ce cas, c'est-à-dire pour un processus originel de Poisson avec taux de comptage ρ qui est passé par un temps mort caractérisé par τ_1 et θ, le taux de comptage R à la sortie du dispositif est donné par la formule de Takács

$$R = \frac{\theta\rho}{e^{\theta\rho\tau_1} + \theta - 1},$$

qui est représentée sur la figure 11.

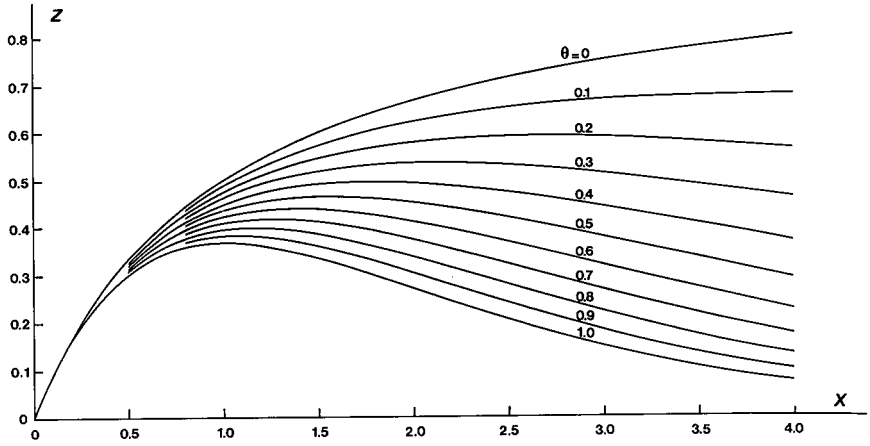

Fig. 11. — Représentation graphique de la relation qui existe entre les taux de comptage à l'entrée et à la sortie d'un temps mort généralisé, avec $x = \rho\tau$ et $z = R\tau$, pour quelques valeurs de θ.

Supposons maintenant que le comportement réel de τ_1 soit en effet décrit par ce modèle. En attribuant arbitrairement à τ_1 un certain type, (n ou e), comme on le faisait auparavant, on identifie R soit avec $R_n = \rho/(1 + \rho\tau_n)$, soit avec $R_e = \rho \exp(-\rho\tau_e)$, et il en résulte qu'en apparence les valeurs de τ_n et τ_e dépendent du taux de comptage. Par un

([20]) ALBERT, G. E. and NELSON, L. Contributions to the statistical theory of counter data. *Ann. Math. Stat.*, **24**, 1953, pp. 9-22.

simple développement en série, on trouve en effet qu'alors

$$\tau_n \approx \tau_1 \left[1 + \frac{\theta}{2} \rho \tau_1 \right]$$

et

$$\tau_e \approx \tau_1 \left[1 - \left(\frac{1 - \theta}{2} \right) \rho \tau_1 \right].$$

Ces deux expressions correspondent aux lignes droites de la figure 10b qui se coupent à τ_1 pour $\rho = 0$. Le comportement observé sur la figure 10a s'explique donc de façon naturelle. Cela montre clairement l'utilité du concept d'un temps mort généralisé, tout en permettant d'en déduire les paramètres τ_1 et θ qui le caractérisent. Une description plus détaillée de cette méthode se trouve dans la note BIPM WPN-227.

Évaluation du taux de comptage originel

Dans la grande majorité des applications pratiques, la seule grandeur directement accessible à la mesure est R, taux de comptage après le temps mort, tandis que la grandeur recherchée est normalement le taux initial ρ. Or, les formules disponibles ne donnent souvent que R en fonction de ρ (pour un temps mort supposé connu), comme c'est par exemple le cas pour un temps mort du type étendu (e) où l'on a $R_e = \rho \exp(-\rho\tau_e)$, tandis que leur forme réciproque, qui exprime ρ en fonction de R_e, est laissée à l'expérimentateur, qui s'en tire comme il le peut (par itérations numériques, en général). Le même problème se pose évidemment dans le cas d'un temps mort généralisé, où il s'agit de trouver la réciproque de la formule de Takács.

En dépit d'une chance de réussite jugée bien faible au départ, on a attaqué ce problème. Puisque les expressions pour les inverses de séries formelles, qui y jouent un grand rôle, n'étaient apparemment connues que jusqu'au quatrième ordre, il fallait d'abord disposer de formules fiables permettant d'aller suffisamment loin dans les développements pour pouvoir reconnaître, dans les résultats d'ordre successif, une éventuelle régularité sous-jacente.

Comme préparation à ce travail, on a donc déduit des formules explicites pour l'inversion d'une série, valables jusqu'au huitième ordre. Ce travail, qui a également permis l'établissement d'une expression générale, est décrit dans le Rapport BIPM-84/1.

L'application de ces formules, ainsi que d'autres (déjà connues) servant à trouver une fonction réciproque, a permis d'« inverser » la formule de Takács. En posant $\rho\tau = x$ et $R\tau = z$, elle peut maintenant s'écrire sous la forme :

$$x = z \left[1 + z + \sum_{k=2}^{\infty} \alpha_k z^k \right],$$

avec

$$\alpha_k = \sum_{j=0}^{k-1} \frac{S(k,\ k-j)}{(j+1)!}\,\theta^j,$$

où $S(n, k)$ sont les nombres de Stirling de seconde espèce.

De façon analogue, il a été possible de trouver une forme un peu différente, mais équivalente, qui est

$$x = \frac{z}{1 - z - \sum_{k=2}^{\infty} \beta_k z^k},$$

avec

$$\beta_k = \frac{1}{k(k-1)} \sum_{j=1}^{k-1} \frac{S(k,\ k-j)}{(j-1)!}\,\theta^j.$$

Il est possible (bien que pas toujours aisé) de montrer que ces nouvelles formules sont en effet compatibles avec les expressions attendues pour les deux types habituels, c'est-à-dire que

— pour $\theta = 0$, donc τ non étendu :

$$\alpha_k = 1,\ \beta_k = 0;$$

— pour $\theta = 1$, donc τ étendu :

$$\alpha_k = \frac{(k+1)^{k-1}}{k!},\ \beta_k = \frac{(k-1)^{k-1}}{k!}.$$

Ainsi, ces résultats semblent donner une solution générale pour la forme réciproque de la formule de Takács. Néanmoins, il reste un domaine inexploré, car pour tout $\theta > 0$ et une valeur donnée de z, il y a en réalité deux solutions x, comme le montre la figure 11. Or, pour la deuxième solution, qui correspond à des pertes de comptage plus importantes — et qui, pour cette raison, est peu utilisée —, nous ne disposons toujours pas d'une autre approche que par « tâtonnements » numériques répétés. Pour plus de détails, on consultera le Rapport BIPM-84/3.

Autres travaux

Dans la simulation par la méthode de Monte-Carlo de l'enregistrement des impulsions gamma par échantillonnage sélectif, on rencontre un petit obstacle pour le mouvement propre, auquel il faut attribuer des efficacités qui diffèrent de celles qui sont valables pour les émissions de la source mesurée. Ce problème a trouvé une solution qui est décrite dans la note BIPM WPN-226.

Le lien qui existe entre la définition habituelle d'une variance et celle, dite d'Allan, utilisée le plus souvent dans l'étude d'étalons de fréquence, a été clarifié dans un rapport qui est en préparation.

12.3. — Spectrométrie alpha (A. Rytz)

Dans le passé, l'étude des spectres de particules α a permis d'interpréter un grand nombre de faits expérimentaux et a contribué de manière décisive au développement de la science nucléaire. Cependant, lorsque la liste des émetteurs de particules α se prêtant à de telles expériences fut pratiquement épuisée, l'intérêt diminua et s'orienta plutôt vers l'étude de spectres complexes de mélanges isotopiques, donc vers des applications pratiques.

La mesure de l'énergie et la spectrométrie sont complémentaires en ce sens que les résultats de la première ne peuvent être obtenus par la seconde, et vice versa. L'équipement du BIPM a été conçu pour la mesure absolue de l'énergie de particules α et a permis d'obtenir de nombreux résultats de haute qualité. Tant que l'on peut trouver des émetteurs non encore étudiés, il paraît souhaitable de continuer ces expériences qui contribuent à la connaissance des masses atomiques.

Utilisation de nouveaux types de détecteurs

En raison des inconvénients bien connus propres aux plaques photographiques, celles-ci sont de plus en plus remplacées par des films de nitrate de cellulose ou des feuilles de matière plastique. Toutefois, l'enregistrement de spectres de particules α par de tels détecteurs n'est pas évident et nécessite de nombreux essais pour déterminer les meilleures conditions d'utilisation. Les paramètres à ajuster sont la concentration et la température du bain d'attaque ainsi que la durée de l'immersion. En outre, il peut être nécessaire de freiner les particules alpha avant qu'elles n'atteignent la surface, afin d'augmenter l'énergie qui peut être déposée dans le détecteur.

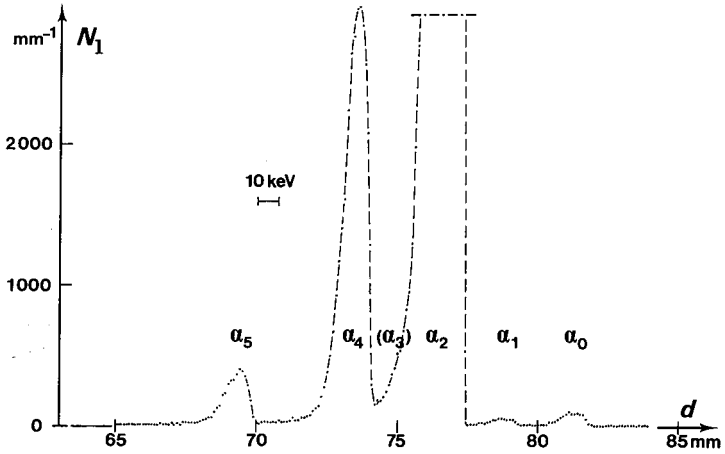

Fig. 12. — Spectre d'une source de ^{241}Am. Nombre linéique N_1 de particules α en fonction de la distance d sur le film (origine arbitraire, l'énergie augmente avec d).

La raie α_0 correspond à la transition vers l'état fondamental du ^{237}Np. La raie α_3 (non visible) est environ trois fois plus faible que α_1.

Pour le film de nitrate de cellulose (Kodak LR 115), des conditions favorables ont pu être trouvées, ce qui a permis d'obtenir des spectres de bonne qualité avec le ^{236}Pu ([21]) (Rapport 1983, p. 74). Quant au spectre du ^{241}Am représenté sur la figure 12, il a été enregistré en deux temps : une pose longue avec un film LR 115 et une pose onze fois plus courte avec, comme détecteur, une feuille de CR-39 ([22]). Les traces de la raie α_2 sur le film étaient trop denses pour être comptées, mais le rapport d'intensité a été déterminé par la deuxième pose. Le contraste et la discrimination des traces parasites sont meilleurs dans ce type de détecteur, mais les conditions optimales ne semblent pas encore être atteintes. De nouveaux essais sont en cours.

13. Mesures neutroniques (V. D. Huynh)

13.1. — Comparaison internationale d'étalons de dosimétrie neutronique

Le BIPM a participé à une seconde comparaison internationale de mesures de débit de kerma dans le tissu. Rappelons que la première comparaison était organisée par le NPL et utilisait son faisceau collimaté de neutrons de 14,7 MeV (Rapport 1983, p. 76). Sept équipes, y compris le BIPM, y ont participé.

La seconde comparaison est organisée par la Commission des Communautés Européennes et porte le nom de ENDIP-2 (European Neutron Dosimetry Intercomparison Project). Dix-huit centres y participent. Une équipe voyageuse, composée de deux physiciens (l'un du Radiobiological Institute TNO, Pays-Bas, et l'autre de la Gesellschaft für Strahlen- und Umweltforschung mbH, Rép. Féd. d'Allemagne) avec leur équipement complet, effectue les mesures sur place dans chaque centre. Le BIPM, le NPL et la PTB figurent parmi les participants; les autres sont essentiellement des centres de radiobiologie ou de radioprotection.

En ce qui concerne la première comparaison (effectuée au NPL), les résultats du BIPM sont en très bon accord avec ceux des autres laboratoires. Quant aux résultats préliminaires obtenus par l'équipe ENDIP-2 au BIPM, ils s'écartent de 1 à 2 % de ceux du BIPM.

13.2. — Comparaisons internationales de mesures de débit de fluence

a) *Réaction* ^{115}In(n, n′) ^{115}In^{m}

Rappelons que, dans la comparaison internationale des mesures de débit de fluence de neutrons à 14,8 MeV utilisant la réaction ^{115}In(n, n′) ^{115}In^{m} comme méthode de transfert, le problème de la correction due à la contribution des neutrons diffusés n'a pas été étudié de

---

([21]) RYTZ, A. and WILTSHIRE, R. A. P. Absolute determination of the energies of alpha particles emitted by ^{236}Pu. *Nucl. Instr. and Meth.*, **223**, 1984, pp. 325-328

([22]) Nous remercions D. L. Henshaw, du H. H. Wills Physics Laboratory (Bristol, Royaume-Uni), de nous avoir offert plusieurs feuilles de ce matériau plastique d'excellente qualité.

façon approfondie par tous les participants. Pour le BIPM, cette contribution provient principalement des neutrons diffusés par le support de la cible qui est constitué d'un disque de cuivre de 28,5 mm de diamètre et de 0,5 mm d'épaisseur. Nous avons donc refait une mesure relative en triplant l'épaisseur du support. Les résultats sont résumés ci-après.

Épaisseur du support	A/Φ
0,5 mm	$6{,}115 \times 10^{-5}$ cm^2
1,5	$6{,}460 \times 10^{-5}$

A est le taux de comptage à saturation du pic photoélectrique de 336 keV de $^{115}In^m$ et Φ est le débit de fluence de neutrons. Une augmentation de 5,6 % a donc été observée pour une augmentation d'épaisseur de cuivre de 1 mm, ce qui donne une contribution de neutrons diffusés de 2,8 % dans la comparaison.

b) *Chambres à fission*

Le BIPM a participé à la comparaison internationale de mesures de débit de fluence de neutrons à 14,65 MeV, en utilisant les chambres à fission comme instruments de transfert.

Deux chambres contenant l'une un dépôt de ^{235}U et l'autre un dépôt de ^{238}U, ont été construites et fournies par l'AERE, Harwell (coordonnateur D. B. Gayther). Chaque chambre contient cinq plaques de platine sur lesquelles sont déposés les matériaux fissiles (sur les deux faces). Chaque plaque a un diamètre de 86 mm et une épaisseur de 0,125 mm. Les dépôts fissiles ont chacun un diamètre de 76 mm et une masse surfacique d'environ 5 µg/mm^2. Les cinq plaques « fissiles » sont intercalées entre six plaques de tantale de mêmes dimensions, servant d'électrodes collectrices. La distance entre deux plaques successives est de 5 mm. Le corps de la chambre est en acier inoxydable, avec deux fenêtres en tantale (d'épaisseur 0,150 mm) qui sont parallèles aux onze plaques. Le gaz qui circule à travers la chambre est constitué de 90 % d'argon et de 10 % de méthane; une tension de + 120 V est appliquée aux électrodes.

Dans la comparaison, la chambre à fission est placée à environ 2,0 m de la cible et à 26,7° par rapport à la direction du faisceau de deutons.

La grandeur à comparer entre les laboratoires est le quotient du comptage de la chambre à fission (corrigé de la contribution des neutrons diffusés) par la fluence de neutrons. Le comptage de la chambre est obtenu à partir du spectre d'amplitude enregistré à l'aide d'un sélecteur multicanal; il est la somme du comptage au-delà d'un seuil qui a été choisi dans la comparaison à l'abscisse égale à 45 % de celle du sommet du spectre et du comptage en deçà de ce seuil en extrapolant à zéro par une ligne droite horizontale.

Chambre à fission (^{238}U). — Nous avons effectué une série de quatre mesures dont deux avec un débit de gaz de 10 cm^3/s et deux autres avec un

débit de gaz de 1 cm^3/s en utilisant un système de bulle à bulle (mais la chambre est préalablement traversée durant 2 à 3 heures par le même gaz avec un débit de 10 cm^3/s). Les résultats de ces quatre mesures sont en parfait accord.

Afin de corriger le résultat pour la contribution des neutrons diffusés, deux mesures ont été effectuées en plaçant un cône d'ombre entre la source de neutrons et la chambre à fission. Le cône d'ombre est constitué de 30 cm de laiton et de 20 cm de polyéthylène boré (5 % de bore). La contribution des neutrons diffusés a été de 6,9 %. D'autre part, il faut souligner que la partie extrapolée ne représente que 2,2 % du comptage total de la chambre et qu'une valeur de 22,3 a été observée pour le rapport « pic/vallée » du spectre du sélecteur d'amplitude. Les résultats de ces mesures seront publiés à la fin de la comparaison.

Chambre à fission (^{235}U). — Afin de réduire les effets des neutrons thermiques, la chambre est entourée d'un écran de cadmium de 0,8 mm d'épaisseur. Cet écran est, en fait, constitué de six plaques de cadmium disposées sur les six faces du cadre support de la chambre.

Avec un débit de gaz de 1 cm^3/s (chambre toujours préalablement traversée durant 2 à 3 heures par le même gaz avec un débit de 10 cm^3/s), nous avons effectué une série de cinq mesures sans cône d'ombre et une série de deux mesures avec cône d'ombre. La contribution des neutrons diffusés a été de 36,4 %. D'autre part, une valeur de 20,2 a été observée pour le rapport « pic/vallée » du spectre du sélecteur d'amplitude.

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

Nous disposons, depuis septembre 1983, de deux nouvelles chambres Exradin T2 (réf. 250 et 252) à paroi équivalente au tissu qui ont été étalonnées en octobre 1983, à l'air libre, dans le faisceau de ^{60}Co du groupe des rayons X et γ du BIPM. Nous avons ensuite effectué une série de mesures dans notre champ neutronique de 14,65 MeV. Nous avons étudié le comportement de ces deux chambres en fonction de différents paramètres, afin de déterminer les différents facteurs de correction pour la mesure du courant d'ionisation.

Par ailleurs, en collaboration avec le groupe des rayons X et γ, nous poursuivons périodiquement l'étude de la stabilité à long terme de nos chambres d'ionisation.

Ces études ont pour but de sélectionner certaines de nos chambres comme instruments de transfert pour la prochaine comparaison internationale qui sera organisée par le BIPM.

Rappelons que notre faisceau de neutrons de 14,65 MeV est maintenant étalonné non seulement en débit de fluence, mais aussi en débit de kerma dans les tissus. Un rapport détaillé sur la détermination du débit de kerma dans les tissus par la méthode de la chambre d'ionisation a été présenté au « Fifth Symposium on Neutron Dosimetry » (Neuherberg, 17-21 septembre 1984). Soulignons que la valeur du débit de kerma déterminée par la

méthode de la chambre d'ionisation est en très bon accord avec la valeur obtenue par la méthode du débit de fluence (un écart de 0,8 % a été observé).

14. Publications

Publications du BIPM

Depuis octobre 1983 ont été publiés :

Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie, 10e session (1982), 112 pages.

Procès-verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures, tome **51** (72e session, octobre 1983), 140 pages.

Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures, volume 8 (1981-1982), 51 articles.

17e Conférence Générale des Poids et Mesures (1983), Comptes Rendus, 114 pages.

Monographies

Monographie (1983). Supplementary information for the IPTS-68 and the EPT-76 (143 pages).

Monographie (1983). Principes régissant la photométrie (32 pages).

Monographie 84/1. International intercomparison of RF voltage at 100 MHz, 250 MHz, 500 MHz and 1 000 MHz (57 pages).

Monographie 84/2. An international comparison of reflection coefficient magnitudes at 10 GHz (34 pages).

Monographie 84/3. International intercomparison of power at 15 GHz (41 pages).

Metrologia (R. P. Hudson)

Pour l'année 1983, nous avons reçu environ le même nombre d'articles que pour 1982 : un peu plus de manuscrits courts et un peu moins de manuscrits de longueur moyenne. Pour ces derniers, le taux de refus a été un peu plus élevé. L'équilibre entre le nombre de manuscrits reçus et le nombre de manuscrits nécessaires reste précaire : il est rare que nous ayons des manuscrits d'avance et, quelquefois, nous n'en avons pas assez pour remplir un numéro de façon adéquate avant la date limite. Nous poursuivons nos efforts pour que le nombre d'articles soumis s'accroisse.

Signalons enfin, avec un certain plaisir, que l'éditeur Springer-Verlag est en train de changer de mode opératoire pour la composition de Metrologia, changement qui devrait améliorer l'efficacité de la publication de cette revue.

Publications extérieures

Giacomo, P. The new definition of the metre. *Eur. J. Phys.*, **4**, 1983, pp. 190-197.

GIACOMO, P. The new definition of the metre. *Am. J. Phys.*, **52,** 1984, pp. 607-613.

GIACOMO, P. La nouvelle définition du mètre. *J. Optics (Paris),* **15,** 1984, pp. 167-169.

GIACOMO, P. Nouvelles du BIPM. *Bulletin BNM,* N° 56, 1984, pp. 7-13.

GIACOMO, P. News from the BIPM. *Metrologia,* **20,** 1984, pp. 25-30.

GIACOMO, P. Nové zprávy z Mezinárodního úřadu pro míry a váhy (BIPM), *Československá standardizace,* **9,** 1984, pp. 287-291.

GIACOMO, P. Kierunki rozwoju jednostek SI (Traduction en polonais de l'article « Future trends in the SI units » paru dans *IEEE Trans. Instrum. Meas.,* **IM-29,** 1980, pp. 224-226). *Postepy Fizyki,* Zeszyt 5-6, 1982, pp. 367-372.

Documents Concerning the New Definition of the Metre. *Metrologia,* **19,** 1984, pp. 163-177.

ALLISY, A. Les incertitudes des mesures. Applications pratiques. *Bulletin BNM,* N° 53, 1983, pp. 5-15.

RYTZ, A. Activity concentration of a solution of ^{137}Cs: An international comparison (16 pages, soumis pour publication dans *Nuclear Instruments and Methods*).

RYTZ, A. Alpha particles as probes for the comparison of circular diaphragms. *Int. J. Appl. Radiat. Isot.* **35,** 1984, p. 311 (résumé seulement).

RYTZ, A. and WILTSHIRE, R. A. P. Absolute determination of the energies of alpha particles emitted by ^{236}Pu. *Nucl. Instr. and Meth.,* **223,** 1984, pp. 325-328.

CARRÉ, P. La nouvelle définition du mètre. *Bulletin de l'Union des Physiciens,* N° 660, 1984, pp. 503-506 et *Bulletin de la Société Française de Physique,* N° 51, 1984, pp. 9-10.

CARRÉ, P. Le mètre devient-il une unité dérivée ? *Bulletin de l'Union des Physiciens,* N° 660, 1984, pp. 507-508.

MÜLLER, J. W. Estimation du nombre originel de coins. PACT **5,** 1981 (Conseil de l'Europe, Strasbourg), pp. 157-172.

HUDSON, R. P. Temperature scales, the IPTS and its future development. *Temperature* Vol. **5,** part 1, 1982, pp. 1-8 (Amer. Inst. Phys., New York, 1982).

HUYNH, V. D. Activity of the Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) in neutron dosimetry. *In* Advances in dosimetry for fast neutrons and heavy charged particles for therapy applications. AIEA, Vienne, 1984, pp. 229-233.

HUYNH, V. D. Neutron dosimetry measurements at the Bureau International des Poids et Mesures. Proceedings of « Fifth Symposium on Neutron Dosimetry », Neuherberg/München, 17-21 septembre 1984 (à paraître).

SNYDER, J. J., HELMCKE, J., GLÄSER, M. and ZEVGOLIS, D. Longitudinal Ramsey fringe spectroscopy in an atomic beam. Laser Spectroscopy VI, Proceedings of the Sixth International Conference, Interlaken, Suisse, 1983, pp. 108-112.

REYMANN, D. A simple thermoregulated enclosure for standard cells. *J. Phys. E : Sci. Instrum.* **17,** 1984, pp. 1142-1147.

GRANVEAUD, M., AZOUBIB, J. and GUINOT, B. Impact of GPS comparisons upon the International Atomic Time TAI (à paraître dans *IEEE Trans. Instrum. Meas.*).

CÉREZ, P. and FELDER, R. Gas-lens effect and cavity design of some frequency-stabilized He-Ne lasers : author's reply to comments. *Appl. Opt.,* **22,** 1983, pp. 3313-3314.

TERRIEN, J. José Maria Otero et le Bureau International des Poids et Mesures. *Optica Pura y Applicada,* **17,** 1984, pp. 49-51.

Rapports

RYTZ, A. International comparison of activity measurements of a solution of ^{133}Ba (March 1984), Preliminary report. Rapport **BIPM-84/5,** août 1984, 5 pages.

MÜLLER, J. W. On background radiation and effective source strength. BIPM WPN-226, octobre 1983, 8 pages.

RYTZ, A. Minimum activity and maximum impurity rates for SIR samples. Rapport **BIPM-83/9,** novembre 1983, 9 pages.

MÜLLER, J. W. Statistiques de comptage. Rapport **BIPM-83/10,** octobre 1983, 5 pages.

MÜLLER, J. W. Sur l'utilité d'un temps mort généralisé. BIPM WPN-227, février 1984, 4 pages.

MÜLLER, J. W. Some simple operations with series. Rapport **BIPM-84/1,** février 1984, 9 pages.

LEGRAS, J. C., BEAN, V., JÄGER, J., LEWIS, S. L. et MOLINAR, G. F. Comparaison internationale dans le domaine de pression 20 à 100 MPa (1re phase) organisée par le Groupe de travail « Hautes pressions » du CCM. Rapport **BIPM-84/2,** novembre 1984, 15 pages.

MÜLLER, J. W. Inversion of the Takács formula. Rapport **BIPM-84/3,** mai 1984, 15 pages.

RYTZ, A. Commentaires sur l'organisation de comparaisons internationales. Rapport **BIPM-84/4,** avril 1984, révisé en août 1984, 6 pages, avec traduction en anglais.

AZOUBIB, J. and GUINOT, B. Use of GPS time comparisons for establishing TAI in 1983 and related problems. Note interne N° 1 du BIH, 1983.

15. Certificats et Notes d'étude

Du 1er octobre 1983 au 30 septembre 1984, 54 Certificats et 4 Notes d'étude ont été délivrés.

CERTIFICATS

1983

N°		
28.	Cinq calibres en acier de 125, 150, 175, 200 et 250 mm (addition)	Ceskoslovensky Metrologicky Ustav, Bratislava, Tchécoslovaquie.
29.	Quatre calibres en acier de 250, 300, 400 et 500 mm (addition)	Id.
30.	Quatre étalons de résistance de 1 Ω, N°s 76088, 224907, 470205 et 470461 (addition)	Centre National de Métrologie, Sofia, Bulgarie.
31.	Cinq étalons de force électromotrice, N°s 47997, 48008, 48021, 48034 et 48038 (addition)	Id.
32.	Deux étalons de résistance de 1 Ω N°s 076080 et 076124 (addition)	Office National des Mesures, Budapest, Hongrie.
33.	Deux étalons de résistance de 10 000 Ω N°s 115021 et 115027	Id.
34.	Deux étalons de résistance de 1 Ω N°s 1870791 et 1870794 (addition)	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
35.	Quatre étalons de force électromotrice N°s 60329, 60333, 60342 et 60396	Id.
36.	Etalon de résistance de 10 000 Ω N° 718011 (addition)	Id.
37.	Etalon de résistance de 10 000 Ω N° 043024	Id.
38.	Etalon de résistance de 10 Ω N° 1887700 ..	Id.
39.	Etalon de résistance de 0,1 Ω N° 1893070 .	Id.
40.	Etalon de résistance de 0,01 Ω N° 236292 .	Id.
41.	Kilogramme prototype N° 64	République Populaire de Chine.
42.	Kilogramme prototype N° 66	Brésil.
43.	Kilogramme prototype N° 65	Ceskoslovensky Metrologicky Ustav, Bratislava, Tchécoslovaquie.
44.	Kilogramme prototype N° 39 (addition)	République de Corée.
45.	Kilogramme prototype N° 56 (addition)	Afrique du Sud.
46.	Etalon de masse de 1 kg en acier inoxydable	Ceskoslovensky Metrologicky Ustav, Bratislava, Tchécoslovaquie.
47.	Etalon de masse de 1 kg en baros (addition)	Centre National de Métrologie, Sofia, Bulgarie.

1983 (suite)

N°		
48.	Kilogramme A en platine iridié	National Physical Laboratory, Grande-Bretagne.
49.	Kilogramme B en platine iridié	Id.
50.	Dix calibres en acier de 1,02, 1,18, 1,21, 1,26, 1,35, 1,5, 9, 14, 75 et 100 mm	Etablissement Technique Central de l'Armement, Arcueil, France.

1984

N°		
1.	Kilogramme prototype N° 10 (addition)	Portugal.
2.	Kilogramme prototype N° 40 (addition)	Suède.
3.	Etalon de masse de 1 kg MJV1 en acier inoxydable	Statens Provningsanstalt, Borås, Suède.
4.	Etalon de masse de 1 kg G1 en acier inoxydable	Id.
5.	Deux étalons de résistance de 1 Ω, N°s 225312 et 230026 (addition).....	Det Norske Justervesen, Oslo, Norvège.
6.	Etalon de résistance de 10 000 Ω, N° 225446 (addition)	Id.
7.	Quatre étalons de force électromotrice N°s 40235, 40237, 40251 et 40279 (addition)	Id.
8.	Sept calibres en acier de 15, 25, 40, 50, 60, 90 et 100 mm (addition)	Office Fédéral de Métrologie, Wabern, Suisse.
9.	Etalon de masse de 1 kg en acier inoxydable	Ceskoslovensky Metrologicky Ustav, Bratislava, Tchécoslovaquie.
10.	Etalon de masse de 1 kg N° 1 en nickel-chrome (addition)	National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud.
11.	Thermomètre à résistance de platine N° 429	Id.
12.	Kilogramme prototype N° 4 (addition)	Etats-Unis d'Amérique.
13.	Kilogramme prototype N° 20 (addition)	Id.
14.	Etalon de masse de 1 kg D2 en acier inoxydable	National Bureau of Standards, Washington, Etats-Unis d'Amérique.
15.	Etalon de masse de 1 kg en acier inoxydable	Id.
16.	Deux étalons de 100 mg	Institut National de Métrologie, Paris.
17.	Deux étalons de résistance de 1 Ω, N°s 1624034 et 1844266 (addition)	Office Fédéral de Métrologie, Wabern, Suisse.
18.	Thermomètre à résistance de platine N° 1831377	Id.
19.	Thermomètre à résistance de platine N° 1871480	Id.

1984 (suite)

N°		
20.	Kilogramme prototype N° 13 (addition)	Institut National de Métrologie, Paris, France.
21.	Ruban de 20 m SIM-INVAR N° 1 (addition)	Service des Instruments de Mesures, Ivry-sur-Seine, France.
22.	Fil géodésique en invar de 8 m (addition)	Id.
23.	Fil géodésique en invar de 20 m N° 351 (addition)	Id.
24.	Fil géodésique en invar de 24 m N° 1055 (addition)	Id.
25.	Cinq étalons secondaires de flux lumineux (2 353 K) N°s 1-83, 2-83, 3-83, 4-83 et 5-83	Comité Polonais de Normalisation et des Mesures, Varsovie, Pologne.
26.	Cinq étalons secondaires de flux lumineux (2 787 K) N^os TA21536C, TA21537C, TA21538C, TA21539C, TA21540C (addition) .	Id.
27.	Deux étalons secondaires d'intensité lumineuse (2 853 K) N°s 617 et 618 (addition)	Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade, Yougoslavie.
28.	Trois étalons secondaires d'intensité lumineuse (2 853 K) N°s 7HE 78, 7GX 78, 7GZ 78	Id.
29.	Six calibres en acier de 5, 10, 20, 50, 75 et 100 mm	Id.
30.	Calibre en acier de 250 mm	Institut Central de Métrologie, Pyongyang Rép. Pop. Dém. de Corée.
31.	Quatre calibres en acier de 700, 800, 900 et 1000 mm	Id.

NOTES D'ETUDE

1983

3.	Deux étalons de résistance de 0,001 Ω, N°s 1130 et 47821	Office National des Mesures, Budapest, Hongrie.
4.	Etalon de résistance de 25 Ω, N° 234451 (addition)	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
5.	Kilogramme N° 651 en platine iridié	National Physical Laboratory, Grande-Bretagne.

1984

1.	Laser à hélium-néon de longueur d'onde 633 nm	Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade, Yougoslavie.

IV. — ACTIVITÉS ET RELATIONS EXTÉRIEURES

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

P. Giacomo a continué à participer au travail de préparation du Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie qui a été publié par l'Organisation internationale de normalisation (ISO) en mai 1984.

Il participe aux travaux de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (Commission SUN-AMCO), de l'Union Astronomique Internationale (Commission de l'Heure), du Comité de direction et du Conseil scientifique du Bureau National de Métrologie français.

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

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

G. Girard a participé au Groupe de travail Symboles, Unités, Nomenclature de l'Association Internationale des Sciences Physiques de l'Océan (AISPO) qui prépare une brochure intitulée « The International System of Units (SI) in Oceanography ».

Dans le cadre des travaux de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), J. Terrien, directeur honoraire, et H. Moreau, métrologiste honoraire, poursuivent la préparation de la 4e édition du Vocabulaire international de l'éclairage.

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 ($^{+}$).

La « Conference on Precision Electromagnetic Measurements » présente toujours une grande importance pour le BIPM. Cette année, elle a eu lieu à Delft, Pays-Bas, du 20 au 24 août 1984. Le BIPM y était représenté par P. Giacomo, T. J. Quinn, G. Leclerc, T. Witt, R. P. Hudson, M. Gläser, D. Reymann et T. Endo.

P. Giacomo a présenté une conférence intitulée « News from the Bureau International des Poids et Mesures : some changes in the SI ».

T. J. Quinn a présenté une contribution de lui-même et J. E. Martin sur « Final results of a radiometric determination of Stefan-Boltzmann constant ».

Il a présenté aussi une contribution de A. Sakuma sur « Gravimetric measurements at the BIPM ».

T. J. Witt a présenté une contribution sur « An automatic system for accurate standard cell comparisons ».

M. Gläser a présenté une contribution sur « Perturbing I_2-hyperfine-structure components at some reference frequencies in the visible spectrum ».

Enfin, une contribution de F. Delahaye (LCIE) et D. Reymann sur « Progress in resistance ratio measurements using a cryogenic comparator at LCIE » a été présentée par F. Delahaye.

P. Giacomo s'est en outre rendu :

— du 21 au 23 octobre 1983, à Bordeaux, pour un congrès « Horizons de l'optique » organisé par le Comité français d'optique; il y a présenté une conférence sur « La nouvelle définition du mètre »;

— le 6 novembre 1983, au Laboratoire Central des Industries Électriques, à Fontenay-aux-Roses, où il a donné une conférence intitulée « Pourquoi la métrologie ? » à l'occasion du centenaire de ce laboratoire;

— du 19 au 25 avril 1984$^+$, à la PTB, Braunschweig, où il a visité quelques laboratoires, puis à Stockholm pour une réunion du Club de Métrologie de l'Europe de l'Ouest;

— le 6 juin 1984, à la conférence « Capteurs 84 », à Paris, où il a fait un exposé sur « La nouvelle définition du mètre, quelques problèmes de capteurs »;

— du 3 au 7 septembre 1984, accompagné de J.-M. Chartier, à Bratislava (Tchécoslovaquie)$^+$, au symposium INSYMET 84 où il a donné une conférence d'ouverture;

— du 10 au 21 septembre 1984^{++}, avec J. W. Müller$^+$, à Vienne (Autriche), pour participer à un « Interregional training course on ensuring measurement accuracy », où il a présenté une conférence sur « International and national standards and the role of BIPM in their intercomparisons » et J. W. Müller une conférence sur « The treatment of measurement uncertainties ».

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

— à Braunschweig, le 6 février 1984, où il a visité les sections des masses, du temps et des fréquences et d'électricité de la PTB;

— à Londres^{++}, le 18 avril 1984, où il a participé au congrès « Physics of Fundamental Metrology » organisé par the Institute of Physics;

— à Moscou, le 15 mai 1984, il a visité les sections du temps et des fréquences, d'électricité et de thermométrie du VNIIFTRI; le 18 mai, il a eu des discussions avec Mr Kiparenko sur les questions d'intérêt commun avec le Gosstandart;

— à Leningrad, les 16 et 17 mai, où il a visité les sections de thermométrie, d'électricité, des neutrons, des masses et des constantes fondamentales du VNIIM;

— à Delft, du 20 au 25 août 1984, où il a participé à la CPEM et à la réunion du « Task Group on Fundamental Constants » de Codata;

— à Turin^{++}, deux fois, pour participer au Conseil scientifique de l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti;

— à Teddington^{++}, plusieurs fois, pour la poursuite de son expérience, maintenant achevée, sur la mesure des températures thermodynamiques et de la constante de Stefan-Boltzmann et aussi pour des discussions sur des questions relatives aux balances à suspensions flexibles.

A. Allisy a participé

— du 28 novembre au 2 décembre 1983, à la réunion du comité de l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) sur l'équivalent de dose, à Sèvres (France);

— le 2 mai 1984, aux Journées de métrologie de la Junta de Energía Nuclear, Madrid^{++};

— du 7 au 11 mai 1984, à la réunion du comité Quantities and Units de l'ICRU, à Sèvres (France);

— du 28 juillet au 4 août 1984, à la réunion de la Main Commission ICRU, à Helsinki^{++}.

A. Rytz s'est rendu :

— à Lausanne^{++}, où il a discuté, le 29 mars 1984, avec les collègues de l'Institut d'Électrochimie et de Radiochimie, des problèmes de spectrométrie γ;

— à Madrid^{++} pour participer, du 2 au 4 mai 1984, aux Journées de métrologie de la Junta de Energía Nuclear; il y a fait un exposé sur « Le rôle du BIPM dans la mise en place d'étalons de radioactivité »;

— au NBS (Gaithersburg), les 18 et 19 septembre, pour visiter le laboratoire de radioactivité et faire un exposé intitulé « Description of the BIPM radioactivity program ».

J. W. Müller s'est rendu à Zurich^{++} (Suisse) pour présenter, le 7 juin 1984, dans le cadre du Séminaire en physique expérimentale de l'Université de Zurich, une conférence intitulée « Koinzidenzen ohne Koinzidenzen ? Eine neue Präzisionsmethode für Aktivitätsmessungen ».

T. Witt s'est rendu, du 9 au 11 mai 1984, au NPL (M. Hartland) et aux Établissements Cryogenic Consultants, Ltd, pour discuter du fonctionnement d'un aimant supraconducteur de 13 T, en vue de la mise en œuvre de l'effet Hall quantique.

Il a participé, les 29 et 30 mai 1984, à la PTB, à une réunion des spécialistes de l'effet Hall quantique de la Communauté Économique Européenne.

Il a eu, le 7 juin 1984, au NPL, Teddington, un entretien avec M. A. Satrapinski (IMM, Leningrad) pour discuter la possibilité que ce dernier fasse un stage au BIPM.

A. Sakuma s'est rendu à Londres, les 9 et 10 février 1984, sur l'invitation de la Joint Association for Geophysics (Royaume-Uni), pour faire une conférence sur « Absolute gravimetry developed at BIPM ».

R. P. Hudson s'est rendu :

— au NPL (Teddington), le 24 octobre 1983, pour prendre part à une réunion commune des Groupes de travail 1 et 4 du CCT, où l'on a discuté le projet d'une EIPT révisée;

— à Heidelberg, chez Springer-Verlag, le 18 novembre 1983, pour résoudre des problèmes divers concernant la publication de *Metrologia;*

— à Grenoble, du 24 au 27 avril 1984, pour assister aux « Journées Internationales d'Études sur le Vide et la Cryogénie », réunion de la Société Française du Vide; il a eu ainsi l'occasion de visiter les laboratoires de physique des très basses températures du CNRS;

— à Karlsruhe, du 14 au 20 août 1984, pour participer à la « 17th International Low Temperature Physics Conference ».

Profitant d'un séjour à Washington pendant ses vacances en Amérique du Nord, en septembre 1984, il a rendu visite à plusieurs scientifiques au NBS pour solliciter des manuscrits pour *Metrologia.*

V. D. Huynh s'est rendu :

— à Bruges, Belgique, du 10 au 12 mai 1984, pour assister au « Microsymposium on Neutron Dosimetry » organisé par l'ECNEU (European Clinical Neutron Dosimetry Group); il y a fait un exposé sur les travaux effectués au BIPM en dosimétrie neutronique;

— à Braunschweig, du 6 au 8 juin 1984, pour assister au « Neutron Interlab Seminar »; il y a fait un exposé sur « International comparisons of neutron emission rate and fluence rate measurements »;

— en Chine^{+}, du 30 juillet au 2 septembre 1984; il y a fait plusieurs exposés sur les travaux de mesures neutroniques effectués au BIPM;

— à Neuherberg (Munich), du 17 au 21 septembre 1984, pour assister au « Fifth Symposium on Neutron Dosimetry »; il y a fait un exposé sur « Neutron dosimetry measurements at the Bureau International des Poids et Mesures ».

G. Girard s'est rendu à Braunschweig, les 13 et 14 février 1984, pour assister à un séminaire sur les mesures de masse. Il en a profité pour voir les dernières réalisations de la PTB dans ce domaine.

Du 5 septembre au 1er octobre 1984, au Japon, il a participé à une réunion IMEKO (Force et Masse) puis à une réunion du Groupe de travail « masses volumiques » du CCM. Il a fait un exposé sur l'unité de masse et sur le BIPM en général à l'Osaka Institute of Technology. Une comparaison d'étalons de masse de 1 kg entre le NRLM et le BIPM a eu lieu pendant cette période.

D. Reymann effectue, depuis le 1er juin 1983, un stage à temps partiel au LCIE sur la réalisation d'un étalon de résistance utilisant l'effet Hall quantique.

R. Pello s'est rendu en Grande-Bretagne+, du 20 au 24 août 1984; il a successivement visité les Éts Automatic Systems Laboratories (ASL) à Milton Keynes et le département du vide de la Société Edwards à Crawley. Au retour, il a assuré le transport d'étalons photométriques enlevés au NPL et d'un pont thermométrique ASL.

M.-J. Coarasa s'est rendue à Lyon, du 18 au 20 septembre 1984, pour participer aux journées « Mesures d'humidité dans les gaz » organisées à l'Institut National des Sciences Appliquées par le Bureau National de Métrologie français.

Dans le cadre de l'information du personnel du BIPM, l'exposé suivant a été présenté par V. D. Huynh, le 11 septembre 1984 : « Détermination expérimentale du débit de kerma dans les tissus irradiés par le faisceau de neutrons de 14,65 MeV du BIPM ».

Visites et stages au BIPM

Une visite du BIPM a été organisée, le 18 octobre 1983, pour les participants à la 17e Conférence Générale des Poids et Mesures. Plusieurs visites ont été organisées pour des experts en métrologie (cinq personnalités chinoises, le 27 octobre 1983) ou des étudiants (cinq étudiants allemands, le 2 mai 1984; École Supérieure de Métrologie, Paris, le 30 mai 1984; École d'Ingénieurs de Lausanne, Suisse, le 2 juillet 1984).

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 γ, électrons).

Mr Richard S. Davis (section des masses du NBS) a fait un stage de trois mois à la section des masses, de décembre 1983 à mars 1984. Il s'est occupé plus spécialement de la balance à suspensions flexibles. Il a apporté et remporté deux étalons de 1 kg en platine iridié et deux étalons de 1 kg en acier inoxydable qui ont été comparés à nos étalons durant son séjour.

MM. H. Schraube (GSF, Neuherberg) et J. Zoetelief (TNO, Rijswijk) sont venus, du 15 au 18 octobre 1983, pour effectuer les mesures de la comparaison ENDIP-2.

MM. G. Dietze et D. Schlegel-Bickmann (PTB, Braunschweig) sont venus respectivement le 24 octobre et le 13 décembre 1983 visiter

l'installation du groupe de mesures neutroniques et discuter avec nous les problèmes concernant la dosimétrie neutronique.

MM. P. Salvadori, Bartolotta et M. L. Pugliani (Istituto Superiore di Sanità, Rome), ont participé, du 24 au 28 octobre 1983, à la comparaison de leur étalon d'exposition avec celui du BIPM, dans le domaine des rayons X de moyenne énergie.

Mr S. R. Domen (NBS) est venu le 3 novembre 1983; il a entretenu le groupe des rayons X des progrès du calorimètre à eau qu'il a mis au point pour mesurer la dose absorbée dans l'eau.

Mme Cerutti et Mr Blanc (CEN, Cadarache), MM. Chartier, Audoin, Itié et Poitreau (CEN, Fontenay-aux-Roses) sont venus, du 7 au 10 novembre 1983, mesurer la sensibilité de leurs chambres à fission, en utilisant notre faisceau étalonné de neutrons de 14,65 MeV.

MM. D. Mosse, Zitouni (LMRI) et Xu Mian (NIM, Beijing) ont discuté, le 10 novembre 1983, avec le groupe des rayons X, de la mesure de la dose absorbée dans l'eau.

Mr P. Lerch (Institut d'Électrochimie et Radiochimie de l'École Polytechnique Fédérale, Lausanne) est venu, le 23 novembre 1983, discuter des problèmes actuels d'intérêt réciproque et a visité le laboratoire de mesure des radionucléides.

Mr U. Toggweiler (Office Fédéral de Métrologie, Suisse) a visité les sections des longueurs, des lasers, des masses et de thermométrie les 29 et 30 novembre 1983.

Mr G. Ratel (Atominstitut der Österreichischen Universitäten, Wien) est venu, le 6 janvier 1984, pour mettre au point les détails de son séjour au laboratoire de mesure des radionucléides, à partir du 1er août 1984 et pour une durée de deux ans, comme chercheur associé (*voir* « Personnel », p. 37).

Mr J. Zoetelief (TNO, Rijswijk) est venu, le 12 janvier 1984, discuter avec nous le protocole de mesure pour la prochaine comparaison internationale de dosimétrie neutronique.

Mr P. Bölöni (Office National des Mesures de Hongrie) est venu, du 16 au 20 janvier 1984, pour se familiariser avec l'utilisation des lasers à He-Ne asservis sur l'iode à $\lambda = 633$ nm.

Mr Tadashi Endo (ETL, Japon) a fait un séjour de trois semaines, à partir du 25 janvier 1984, pour discuter la possibilité de sa participation à la réalisation au BIPM de l'effet Hall quantique.

Mr G. Cerutti (IMGC, Turin) a fait un stage à la section de gravimétrie, du 17 au 19 janvier 1984, pour étudier le fonctionnement d'un système BIPM-Jaeger de chronométrage, d'acquisition et de traitement des données, récemment acquis par l'IMGC pour équiper son gravimètre absolu transportable; il a profité de ce séjour pour visiter la section des lasers.

Mlle A. Peuto (IMGC, Turin) a séjourné au BIPM du 8 au 10 février 1984; elle s'est entretenue avec nous et avec R. S. Davis (NBS) de problèmes concernant les masses et les masses volumiques.

Mr E. R. Cohen (UIPPA, Commission SUN-AMCO) est venu, les

8 février et 16 juillet 1984, pour préparer la révision de la brochure UIP 20 « Symbols, Units and Nomenclature in Physics » publiée par l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (UIPPA).

Mr M. A. El Fiky (National Institute of Standards, Le Caire) a effectué, du 8 au 16 mars 1984, un stage au laboratoire de mesure des radionucléides, pour s'informer sur les méthodes de mesure et les possibilités d'aide que son laboratoire pourrait obtenir; il a en outre visité les sections des masses et des lasers.

Un groupe d'environ dix gravimétristes de la Rép. Pop. de Chine, dirigé par M. Lu Qian-Kun, Directeur de Production et Technique du Bureau National de Géodésie et Cartographie, Beijing, ont séjourné à la section de gravimétrie, les 22 et 23 avril 1984, en vue de la liaison gravimétrique entre Sèvres et Beijing au moyen de six gravimètres à ressort de type Lacoste-Romberg modèle G.

MM. D. Mosse, J. Gouin (LMRI) et Xu Mian (NIM, Beijing) ont participé, du 4 au 8 juin 1984, à la comparaison indirecte des étalons d'exposition de leurs laboratoires avec celui du BIPM (rayonnement du ^{60}Co). Mr M. Cance (LMRI) est venu, le 8 juin 1984, discuter des résultats de cette comparaison.

Mme M. Nemet et Mr J. Bargar (CSMÚ, Bratislava), MM. F. Kozáček et S. Rajco (KOVOPROJECTA, Bratislava) sont venus, du 12 au 14 juin 1984, pour se documenter sur la construction d'un laboratoire de métrologie.

Mme V. Živković et Mr P. Vukadiu (Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux de Yougoslavie, Belgrade) ont participé, du 25 au 27 juin 1984, à l'étalonnage par battements de leur laser à He-Ne.

Mr King Hi Sang, Directeur de l'Institut Central de Métrologie de la Rép. Pop. Dém. de Corée et Mr Kim Yu Chol, du Comité de Normalisation de ce pays, ont apporté, le 11 juillet 1984, divers étalons à mesurer. Ils sont repartis le 6 août en remportant des calibres qui avaient pu être étudiés pendant cette période. Ils ont profité de leur séjour pour visiter en détail la plupart des sections du BIPM et se documenter sur la construction d'un laboratoire de métrologie ainsi que sur la technologie des lasers.

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

— Mr M. V. Chattle (NPL), le 31 août 1983 (thermométrie);

— Mr P. Marcarino (IMGC), le 2 septembre 1983 (thermométrie);

— Mr Zenev (Centre National de la Métrologie de Bulgarie), le 22 septembre 1983 (électricité);

— MM. M. Akiyoshi (NEC, Japon), J.-C. Beck (NEC, France) et M. Roulot (Techno 2000, France), les 5 octobre 1983 et 3 avril 1984 (discussions sur la réalisation de tubes lasers à He-Ne);

— Mr José Luis Melendez Martinez de Murguia, avec ses collègues (Laboratoire de Métrologie Électrique, Madrid), le 6 octobre 1983 (électricité);

— Mr S. R. Das (NPL, New-Delhi), le 20 octobre 1983 (lasers);

— Mr K. Birkeland (Det Norske Justervesen, Oslo), le 21 octobre 1983 (électricité);

— Mr D. J. Smuts (NPRL, Pretoria), le 24 octobre 1983 (thermométrie);

— Mr B. P. Ghosh (National Test House, Calcutta, Inde), le 25 octobre 1983 (électricité);

— Mr Bennett (NPL), le 3 novembre 1983 (masses);

— Mr A. Michel (ETCA, Paris), les 25 novembre 1983 et 17 janvier 1984 (lasers);

— Mme L. Henderson (NPL), le 9 janvier 1984 (électricité : discussion sur la mesure des résistances et des forces électromotrices);

— Mr Chen Yongshou (Institute of Testing Technology, Shanghai), le 10 janvier 1984 (rayonnements ionisants);

— Mr P. Juncar (Laboratoire Aimé Cotton, Orsay), le 13 janvier 1984 (lasers);

— Mr G. Boella (IEN), le 17 janvier 1984 (électricité : discussions et démonstration du comparateur automatique de piles);

— Mr A. Vellingiri (PTB), le 17 janvier 1984 (électricité);

— Mr P. Cérez (LHA, Orsay), le 24 janvier 1984 (lasers);

— Mr B. M. Coursey (NBS, Washington), le 2 février 1984 (mesure des radionucléides, Système international de référence);

— Mme J. Gourhant et MM. J.-M. Alunni, D. Fayoux (Quantel, Orsay), le 8 février 1984 (lasers);

— MM. Y. Millerioux (INM, Paris), Hou Er Zhi, Chen Zong Ki (Chine), H. Lamela-Rivera (Espagne), le 8 février 1984 (longueurs, interférométrie, lasers);

— Mr W. P. Marais (NPRL), les 17 et 29 février 1984 (électricité);

— MM. P. Riéty et R. Foucart (INM, Paris), le 5 mars 1984 (rayonnements ionisants : jeux de masses pour microbalances);

— Mr Yin Tian Xiao (NIM, Beijing), le 12 mars 1984 (électricité);

— Mr I. Robinson (NPL), le 16 mars 1984 (électricité : démonstration du comparateur automatique de piles);

— MM. R. Chaux, J.-P. Bocquillon, Y. Ouazzany, R. Saint-Loup (Laboratoire de spectronomie, Faculté des sciences de Dijon), le 22 mars 1984 (lasers);

— MM. M. Sekiya et K. Takahashi (Japan Electric Meters Inspection Corporation), le 28 mars 1984 (électricité);

— Mr Vychenkov (Gosstandart, Moscou) accompagné de Mr Thulin (OIML), le 4 avril 1984 (longueurs, interférométrie; Mr Vychenkov a emporté la règle N° 12924 à l'IMM);

— Mr R. Perissi (IMGC), le 17 avril 1984 (thermométrie);

— Mr P. E. Ciddor (CSIRO, Australie), le 26 avril 1984 (longueurs : discussion de différents points concernant la comparaison internationale de mesure d'une règle divisée, lasers);

— MM. J. D. Simmons et R. M. Schoonover (NBS), le 4 mai 1984 (masses);

— Mr A. Williams (Ministère de l'Industrie, Londres, ancien membre du NPL), le 22 mai 1984 (masses, lasers);

— Mr Dj. Bek-Uzarov (Institut des Sciences Nucléaires Boris Kidrich, Vinča, Yougoslavie), le 18 juin 1984 (mesures des radionucléides);

— Mr L. Villena (membre du CCU) et plusieurs membres du Comité de Métrologie de l'Institut espagnol de normalisation, le 21 juin 1984 (électricité);

— Mr P. de Witt (Holt Instruments, É.-U. d'Amérique), le 13 août 1984 (électricité);

— MM. N. Belecki et R. Dziuba (NBS, Gaithersburg), le 17 août 1984 (électricité);

— MM. J. Kinoshita et K. Yoshihiro (ETL, Japon), les 26 et 27 août 1984 (électricité);

— Mr B. Bell (NBS, Gaithersburg), le 6 septembre 1984 (électricité);

— Mr T. Nemoto, membre du CCE (ETL, Japon), le 7 septembre 1984 (électricité);

— Mr M. Hynes (Institute for Industrial Research and Standards, Dublin), le 24 septembre 1984 (électricité);

— Mr Kang Hong Yol (Korea Standards Research Institute, Rép. de Corée), le 25 septembre 1984.

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 1983.

Compte I. — Fonds ordinaires*

RECETTES

	francs-or
ACTIF AU 1er JANVIER 1983	14 868 332,15
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1983	2 621 635,05
Recettes budgétaires	11 797 736,57
Différences de change	179 652,52
Total	29 467 356,29

DÉPENSES

	francs-or
Virement au compte « remboursement aux États »	121 044,00
Dépenses budgétaires	12 451 302,70
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1983	16 895 009,59
Total	29 467 356,29

DÉTAIL DES RECETTES BUDGÉTAIRES

Versements de contributions :

			francs-or
au titre de l'exercice 1983	9 536 875	10 076 582	10 174 789,00
au titre de l'exercice 1982	537 701		
au titre de l'exercice 1981	1 035		
au titre de l'exercice 1984	971		
au titre du compte « remboursement aux États »		98207	
Intérêts des fonds			1 622 597,95
Recettes diverses			349,62
Total			11 797 736,57

* Dans ce tableau, ainsi que dans les suivants, on utilise le franc-or défini par l'équivalence 1 franc-or = 1,81451 francs français.

DÉTAIL DES DÉPENSES BUDGÉTAIRES

Chapitres	Dépenses de l'exercice		Prévisions budgétaires		Économies	Dépassements
A. *Dépenses de personnel :*						
1. Traitements	5 526 423,70	7 637 119,09	5 950 000	7 900 000	423 576,30	—
2. Allocations familiales et sociales	514 176,20		430 000		—	84 176,20
3. Sécurité Sociale	540 528,07		460 000		—	80 528,07
4. Assurance-accidents	55 991,12		60 000		4 008,88	—
5. Caisse de Retraites (*a*)	1 000 000,00		1 000 000		—	—
B. *Dépenses de fonctionnement :*						
1. Mobilier	28 050,45	1 404 216,50	50 000	1 600 000	21 949,55	—
2. Laboratoires et Ateliers	452 680,36		700 000		247 319,64	—
3. Chauffage, eau, énergie électrique	308 034,31		300 000		—	8 034,31
4. Assurances	30 423,32		40 000		9 576,68	—
5. Impressions et publications	164 513,49		84 000		—	80 513,49
6. Frais de bureau	153 935,40		150 000		—	3 935,40
7. Voyages et transports d'appareils	169 062,77		150 000		—	19 062,77
8. Entretien courant	57 546,40		90 000		32 483,60	—
9. Bureau du Comité	40 000,00		36 000		—	4 000,00
C. *Dépenses d'investissement :*						
1. Laboratoires	1 055 458,98	1 362 227,86	1 350 000	1 470 000	294 541,02	—
2. Atelier de mécanique	169 963,62		30 000		—	139 963,62
3. Atelier d'électronique	28 249,34		30 000		1 750,66	—
4. Bibliothèque	108 555,92		60 000		—	48 555,92
D. *Dépenses de bâtiments (b)* (gros travaux d'entretien et de rénovation)		1 867 351,47		1 200 000	—	667 351,47
E. *Frais divers (c)*		32 697,59		80 000	47 302,41	—
F. *Utilisation de monnaies non convertibles*		934,48		50 000	49 065,52	—
G. *T.V.A. en attente de remboursement*		146 755,71		—	—	146 755,71
Totaux		12 451 302,70		12 300 000	1 131 574,26	1 282 876,96

(*a*) Virement au compte II (Caisse de Retraites).
(*b*) Dont virement de 800 000 francs-or au compte V (provisions bâtiments).
(*c*) Dont virement de 12 025 francs-or au compte IV (caisse de prêts).

Compte II. — Caisse de retraites

RECETTES

	francs-or
ACTIF AU 1er JANVIER 1983	5 591 516,91
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1983	1 201 826,60
Intérêts des Fonds	645 717,57
Retenues sur les traitements	304 917,76
Virement du Compte I	1 000 000,00
Total	8 743 978,84

DÉPENSES

	francs-or
Pensions servies	984 186,44
Remboursement des versements de G. Gillies et D. Howell	14 674,71
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1983	7 745 117,69
Total	8 743 978,84

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

RECETTES

	francs-or
ACTIF AU 1er JANVIER 1983	705 899,38
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1983	129 654,73
Total	835 554,11

DÉPENSES

	francs-or
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1983	835 554,11

Compte IV. — Caisse de prêts sociaux

Recettes

		francs-or
Actif au 1er janvier 1983	31 010,58	108 449,20
Créances au 1er janvier 1983	77 438,62	
Créances nouvelles en cours d'année		89 279,81
Virement du Compte I		12 025,28
Amortissements partiels des prêts :		
Capital	67 943,80	70 851,86
Intérêts	2 908,06	
Total		280 606,15

Dépenses

		francs-or
Prêts consentis		89 279,81
Créances amorties en cours d'année		67 943,80
Créances au 31 décembre 1983	98 774,62	123 382,54
Actif au 31 décembre 1983	24 607,92	
Total		280 606,15

Compte V. — Réserve pour les bâtiments

Recettes

	francs-or
Actif au 1er janvier 1983	1 555 578,25
Virement du Compte I	800 000,00
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1983	292 429,19
Total	2 648 007,44

Dépenses

	francs-or
Dépenses bâtiment « Lasers »	763 460,62
Actif au 31 décembre 1983	1 884 546,82
Total	2 648 007,44

BILAN

AU 31 DÉCEMBRE 1983

	francs-or
Compte I « Fonds ordinaires »	16 895 009,59
Compte II « Caisse de retraites »	7 745 117,69
Compte III « Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique »	835 554,11
Compte IV « Caisse de prêts sociaux »	123 382,54
Compte V « Réserve pour les bâtiments »	1 884 546,82
ACTIF NET	27 483 610,75

Cet actif se décompose comme suit :

a. Fonds déposés en banque :

	francs-or
1° En monnaie française (1 FF = 0,551109935 FO)	132 582,99
2° En monnaie U.S.A. (1 $ = 8,3475 FF = 4,600390186 FO)	9 731 255,09
3° En monnaie suisse (1 FS = 3,8255 FF = 2,108271058 FO)	7 204 233,55
4° En monnaie britannique (1 £ = 12,0950 FF = 6,665674669 FO)	35 095,10
5° En monnaie allemande (1 DM = 3,0576 FF = 1,685073739 FO)	4 729 997,53
6° En monnaie japonaise (1 Y = 0,0361 FF = 0,019895069 FO)	5 736 453,92
7° En monnaie hongroise (1 Ft = 0,131546 FF = 0,072496811 FO)	6 328,12
8° En monnaie polonaise (1 Zl = 0,057551 FF = 0,031717352 FO)	24 456,01
b. Espèces en caisse	8 600,82
ACTIF BRUT	27 609 003,13
c. Créances de la Caisse de prêts sociaux	98 774,62
à déduire : Provision pour remboursements aux États *(1)*	— 224 167,00
ACTIF NET	27 483 610,75

(1) Compte « Remboursement aux États »

		francs-or
Situation au 1er janvier 1983		103 123,00
Recouvrements sur le Chili		
acompte contribution 1980 (reçu en 1982)	22 837,00	
versements reçus en 1983	98 207,00	121 044,00
Situation au 31 décembre 1983		224 167,00

Ce compte sera débité le 1er janvier 1984 pour compenser le remboursement aux États des avances faites pour le Chili de 1977 à 1982, remboursements qui viendront en déduction des parts contributives de 1984.

RAPPORT
DU
COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ
(16e Session — 1983)
AU
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Par A. F. DUNN, Rapporteur

Le Comité Consultatif d'Électricité (CCE) s'est réuni pour sa seizième session au Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres, où il a tenu cinq séances les mercredi 23, jeudi 24 et vendredi 25 mars 1983.

Étaient présents :

H.-J. SCHRADER, président par intérim du CCE.

Les délégués des laboratoires membres :

Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung [ASMW], Berlin (W. SCHLESOK).

Bureau National de Métrologie, Paris : Laboratoire Central des Industries Électriques, Fontenay-aux-Roses (J. OSWALD, N. ELNÉKAVÉ, F. DELAHAYE, A. FAU, R. KNOSP).

Conseil National de Recherches du Canada [NRC], Ottawa (A. F. DUNN).

CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Lindfield (I. K. HARVEY).

Electrotechnical Laboratory [ETL], Ibaraki (T. NEMOTO).

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris [IEN], Turin (E. ARRI).

National Bureau of Standards [NBS], Washington (B. N. TAYLOR).

National Physical Laboratory [NPL], Teddington (O. C. JONES, C. H. DIX).

National Physical Research Laboratory [NPRL], Pretoria (R. TURNER).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig (V. Kose).
Van Swinden Laboratorium [VSL], Delft (R. Kaarls).

Le directeur du BIPM (P. Giacomo).

Invité :

Institut National de Métrologie [NIM], Beijing (Zhang Deshi).

Assistaient aussi à la session : A. E. Bailey, président du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences, J. Terrien, directeur honoraire du BIPM, T. J. Quinn, sous-directeur du BIPM, G. Leclerc, T. Witt, D. Reymann et A. Sakuma (BIPM).

Excusé :

Institut de Métrologie D. I. Mendéléev [IMM], Leningrad.

Absent :

Institut National de Métrologie de la Roumanie [INM], Bucarest.

Le président du CCE et le directeur du BIPM souhaitent la bienvenue aux participants; l'ordre du jour provisoire, avec le complément envoyé aux membres du CCE le 20 janvier 1983, est adopté, en convenant que le point 2 ne sera abordé qu'après le point 7.

Mr Dunn est nommé rapporteur.

1. Rapports des représentants des laboratoires et nouvelle valeur de la constante $2e/h$

(Documents CCE/83-1 à 83-36)
(points N°s 1 et 9 de l'ordre du jour)

Chaque représentant expose brièvement les activités en cours dans son laboratoire, en insistant sur la réalisation des unités SI, sur la conservation des unités et sur les projets de recherches envisagées.

L'ASMW donne les résultats de la mesure de γ_p en champ fort (1 T) qu'il a terminée dix jours plus tôt, résultats qui conduisent, lorsqu'on les combine avec ceux obtenus en champ faible, à la relation suivante :

$$A_{\mathrm{ASMW}} = \mathrm{A}_{\mathrm{SI}} - (2{,}6 \pm 2)\ \mu\mathrm{A}$$

d'où l'on peut déduire que

$$A_{\mathrm{BIPM}} = \mathrm{A}_{\mathrm{SI}} - 1{,}1\ \mu\mathrm{A}.$$

Le CSIRO rend compte des résultats des premières mesures absolues du volt faites avec son électromètre à mercure; ces résultats conduiraient à poser $2e/h = 483\ 598{,}3 \pm 1{,}0$ GHz/V pour exprimer la valeur des tensions

obtenues en mettant en œuvre l'effet Josephson; mais il ne s'agit là que d'une valeur préliminaire.

Le LCIE indique qu'il a récemment terminé une mesure absolue du volt avec son électromètre à électrodes planes du type Kelvin; il en a déduit que $2e/h = 483\,595{,}7 \pm 1{,}2$ GHz/V.

Le NPL a effectué une nouvelle détermination de sa représentation de l'unité de résistance en la rattachant à celle de son unité de capacité déterminée avec un condensateur calculable. Il a obtenu :

$$\Omega_{NPL} = \Omega_{SI} - (1{,}06 \pm 0{,}1)\ \mu\Omega.$$

Combiné à la relation entre puissance électrique et puissance mécanique déterminée à l'aide de la balance à bobine mobile du NPL, ce résultat conduit à la valeur provisoire :

$$2e/h = 483\,596{,}5 \pm 0{,}5 \text{ GHz/V}.$$

Plusieurs laboratoires ont rendu compte d'un certain nombre d'autres recherches en cours, en donnant de brèves indications sur certains problèmes connexes. Il semble que la plupart de ces recherches devraient aboutir d'ici un à trois ans, et conduire à des résultats significatifs.

B. N. Taylor du NBS et d'autres poursuivent leur travail d'ajustement de la valeur des constantes fondamentales par la méthode des moindres carrés. D'après cette source d'information, il semble que la valeur de $2e/h$, calculée de façon indirecte, diffère d'une quantité significative du quotient de la fréquence par la tension (483 594,0 GHz/V) adopté par le CCE en 1972 pour exprimer la valeur des tensions produites au moyen de l'effet Josephson. (Point 9 de l'ordre du jour).

Après de longues discussions le CCE a adopté la déclaration suivante :

> Le Comité Consultatif d'Électricité constate :
>
> — que de nombreux laboratoires nationaux utilisent l'effet Josephson pour conserver une représentation invariable du volt, mais qu'ils n'utilisent pas tous la même valeur pour le quotient de la fréquence par la tension,
>
> — que la valeur (483 594,0 GHz/V) promulguée pour ce quotient par le CCE en 1972 et en 1975, valeur qui est utilisée par de nombreux laboratoires pour conserver leurs étalons représentatifs du volt, comporte peut-être une erreur significative que l'on n'est pas encore en mesure d'évaluer,
>
> — que des réalisations du volt ou de l'ampère aussi bien que des déterminations de constantes fondamentales, lesquelles pourront fournir des déterminations indirectes de la valeur de $2e/h$ en unités SI, sont en cours dans plusieurs laboratoires,
>
> — et qu'il serait très souhaitable d'avoir dans tous les laboratoires nationaux une représentation du volt qui soit à la fois uniforme et en accord avec le SI.

En conséquence, le CCE :

— recommande aux laboratoires de poursuivre activement les réalisations d'unités et les déterminations de constantes en question,

— se propose de se réunir dans trois ans pour examiner à nouveau la question, à la lumière des résultats qui seront alors disponibles, dans le but d'adopter pour le quotient de la fréquence par la tension une nouvelle valeur qui soit en accord avec le SI et qui puisse être adoptée par tous les laboratoires nationaux,

— et recommande aux laboratoires de ne pas modifier la valeur qu'ils ont admise jusqu'ici pour ce quotient jusqu'à ce qu'une nouvelle valeur soit adoptée.

2. État d'avancement des comparaisons internationales
(Point 3 de l'ordre du jour)

2.1. BIPM : étalons de capacité de 10 pF

Trois des quatre circuits prévus sont achevés; le quatrième va commencer très prochainement. Les résultats déjà connus sont présentés dans le document CCE/83-25.

2.2. VSL : étalons de transfert courant alternatif/courant continu (Document CCE/83-28)

Trois des six circuits prévus sont achevés; le quatrième est en cours. Aucun résultat n'a encore été publié.

2.3. PTB : puissance électrique à basse fréquence [120 V, 5 A, 50 Hz, facteur de puissance : 1 et 0,5 (courant en avance et en retard)]

Le premier circuit européen est achevé et le second a commencé; le circuit d'Amérique du Nord est prévu pour la fin de 1983. Aucun résultat n'a été publié.

2.4. PTB : inductance

La PTB n'ayant pas reçu l'étalon d'inductance voyageur proposé par l'IMM en 1978, la comparaison n'a pas été entreprise.

Actuellement un étalon d'inductance de 10 mH circule en Europe; il est l'objet d'une comparaison organisée par le Bureau Communautaire de Références. Lorsque cette comparaison sera terminée, l'étalon voyageur pourra peut-être servir pour la comparaison prévue par le CCE. Pour l'instant cette comparaison internationale est reportée sine die.

3. Comparaisons internationales à prévoir
(Point 5 de l'ordre du jour)

Le BIPM a proposé le rétablissement des comparaisons internationales périodiques des étalons de 1 Ω. Les meilleurs de ces étalons constituent en effet d'excellents instruments de transfert; transportés dans de bonnes conditions ils peuvent permettre de comparer les représentations de l'ohm conservées dans les divers laboratoires nationaux à 1×10^{-7} près et par conséquent d'estimer avec une bonne précision l'exactitude des déterminations absolues.

Les comparaisons internationales permettent de connaître à des dates précises et à des intervalles de temps réguliers les positions relatives des représentations de l'ohm en usage dans tous les grands laboratoires nationaux. La représentation conservée par le BIPM ne joue aucun rôle particulier dans ces comparaisons.

Onze laboratoires sont favorables à la reprise des comparaisons des étalons de 1 Ω. La plupart de ces laboratoires souhaitent aussi l'organisation de comparaisons d'étalons de 10^4 Ω. Compte tenu de l'importance du travail à faire, il est probable qu'il faudra le fractionner. Il a été suggéré, par exemple, de répartir les laboratoires en deux groupes, le premier réunissant ceux qui s'intéressent tout particulièrement aux constantes fondamentales, le second rassemblant les autres.

Certains délégués ayant proposé le rétablissement des comparaisons internationales périodiques des piles étalons, la réponse des laboratoires n'a pas été aussi unanime. De nombreux participants ont le sentiment que les problèmes de transport annuleraient vraisemblablement le bénéfice de telles comparaisons; d'autres ont l'impression que l'installation de mesure par effet Josephson, qui existe au BIPM, conserve l'unité de tension de façon invariable et que des comparaisons bilatérales entre un laboratoire et le BIPM, à des périodes commodes pour l'un et l'autre, assureraient le même service que la comparaison simultanée d'un grand nombre de groupes de piles étalons comme cela se faisait dans le passé. Le BIPM procédera aux arrangements appropriés.

4. Rapport du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences
(Document CCE/83-33) (Point 4 de l'ordre du jour)

Le président du Groupe de travail (A. E. Bailey) présente le rapport de ce Groupe qui s'est réuni au BIPM les 16, 17 et 18 mars 1983. Sur un total de 42 comparaisons internationales prévues en 1978, au moment de la dernière réunion, huit ont été achevées, cinq sont terminées sans que le

rapport final soit encore rédigé, dix ont été annulées car ne présentant plus d'intérêt et dix-neuf sont en cours ou vont être entreprises prochainement. L'organisation de quatre nouvelles comparaisons internationales a été décidée et les premières dispositions prises.

La situation concernant l'ensemble des comparaisons internationales est donnée en détail (*voir* p. E 14).

Il est devenu évident pour tous les laboratoires qui participent à ces comparaisons internationales, en particulier pour les laboratoires pilotes, que le nombre des comparaisons envisagées est trop important compte tenu des installations et du personnel dont disposent les différents laboratoires.

Au terme d'une longue discussion le Groupe de travail a adopté des règles à appliquer par les laboratoires pour l'exécution des futures comparaisons internationales des grandeurs aux radiofréquences. Ces règles qui font l'objet d'une annexe au rapport du Groupe de travail donnent des indications sur la publication et la diffusion des résultats des comparaisons internationales dans le domaine des radiofréquences; Mr Bailey pense qu'elles seraient vraisemblablement valables pour la publication des résultats de toutes les comparaisons internationales (Point 6 de l'ordre du jour du CCE).

5. Publication des résultats des comparaisons internationales
(Annexe au document CCE/83-33) (Point 6 de l'ordre du jour)

Les règles proposées par le Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences, concernant la publication des résultats des comparaisons internationales qu'il organise, sont valables pour la publication des résultats des comparaisons internationales organisées par le CCE.

Les références bibliographiques concernant la publication du rapport final complet de chaque comparaison doivent être communiquées sans retard par le laboratoire pilote au BIPM, pour que celui-ci les fasse connaître dans *Metrologia.*

6. Réalisation ou reproduction de l'ohm à partir de h/e^2
(Point 7 de l'ordre du jour, Documents CCE/83-3,7,8,19,20,21,22,32)

Dans les documents diffusés avant la réunion, et au cours des brèves présentations faites en séance par chaque laboratoire, il a souvent été fait référence aux travaux sur l'effet Hall quantique. Quatre laboratoires sont engagés dans des vérifications expérimentales et deux autres s'y préparent activement. Au cours des trois années qui se sont écoulées depuis sa découverte, il s'est avéré que l'effet Hall quantique permet d'obtenir des résultats extrêmement reproductibles mais que des effets encore inconnus,

peut-être systématiques, limitent pour le moment la concordance entre les laboratoires à environ 1×10^{-6}.

Le CCE considère comme urgentes et très importantes les recherches sur l'effet Hall quantique et a adopté la Recommandation E 1 (1983).

7. Travaux du BIPM

(Documents CCE/83-26, 37, Point 2 de l'ordre du jour)

Le nouveau responsable de la section Électricité (T. Witt) expose les travaux effectués au BIPM dans cette section. Un peu plus de 50 % du temps est consacré aux services d'étalonnage pour répondre aux demandes des laboratoires nationaux des pays membres de la Convention du Mètre.

Entre autres activités futures, le CCE préconise que le BIPM poursuive en premier lieu des développements dans les domaines qui lui sont propres, à savoir les mesures des résistances de 1 Ω et 10^4 Ω en courant continu. Ensuite qu'il continue ou entreprenne des recherches sur l'automatisation des mesures, sur le passage courant alternatif/courant continu et la mesure des résistances au moyen de l'effet Hall quantique.

Après discussion, le CCE adopte la Recommandation E 2 (1983).

8. Expression des incertitudes de mesure

(Document CCE/83-4) (Point 8 de l'ordre du jour)

Il semble que les différentes organisations et les comités qui s'occupent de la façon d'exprimer l'incertitude du résultat d'une mesure ou d'une série de mesures, s'acheminent vers un consensus sur la méthode à utiliser. Il est expressément demandé aux laboratoires pilotes des comparaisons internationales organisées par le CCE ou le Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences de traiter les incertitudes de la même façon.

9. Questions diverses

(Point 10 de l'ordre du jour)

Le LCIE annonce qu'il célèbrera le centenaire de sa fondation le 6 décembre 1983 et invite tous les laboratoires à participer à cette commémoration.

La question de la participation de laboratoires privés aux comparaisons internationales organisées sous les auspices du BIPM est évoquée. Ces participations ne peuvent être acceptées sans l'accord des laboratoires nationaux.

V. Kose de la PTB continuera à assurer la liaison entre le CCE et l'URSI (Commission A). Le CCE reconnaît qu'il existe des possibilités de

recouvrement des activités de l'URSI et de la CPEM; mais une liaison est assurée entre ces deux organismes par V. Kose (PTB) et R. Kaarls (VSL).

*
* *

Mr Terrien remercie le président pour la façon dont il a conduit cette 16e session du CCE; à son tour, Mr Schrader remercie les participants pour leur attention et leur efficacité, et en particulier Mr Terrien des conseils judicieux qu'il a prodigués au CCE lors de la rédaction des Recommandations adoptées au cours de la présente session.

Avril 1983

Recommandations du Comité Consultatif d'Électricité présentées au Comité International des Poids et Mesures

Effet Hall quantique

RECOMMANDATION E 1 (1983)

Le Comité Consultatif d'Électricité,

ayant examiné

l'état actuel des expériences relatives à l'effet Hall quantique,

considérant :

— que cet effet, mis en œuvre dans plusieurs laboratoires, a fourni des résultats hautement reproductibles pour un laboratoire et un montage expérimental donné, qu'il offre donc la possibilité de déceler et de mesurer la dérive éventuelle de la résistance des étalons matériels représentatifs de l'ohm dans chaque laboratoire, mais que la reproductibilité d'un laboratoire à l'autre n'est pas encore assurée à mieux que 1×10^{-6},

— que l'étude de cet effet contribuera à une meilleure détermination des constantes physiques fondamentales,

recommande :

— que les recherches sur l'effet Hall quantique soient poursuivies avec une haute priorité,

— que l'utilisation du condensateur calculable soit développée en étroite liaison avec ces recherches,

— et que les valeurs proposées pour la résistance correspondant à l'effet Hall quantique soient communiquées au BIPM avant février 1986, pour qu'elles puissent être prises en compte lors de la prochaine réunion du CCE, lequel aura à charge de recommander une valeur qui soit en accord avec le SI et qui puisse être adoptée par tous les laboratoires nationaux.

Activités du BIPM en électricité

RECOMMANDATION E 2 (1983)

Le Comité Consultatif d'Électricité,

considérant :

— l'importance des mesures électriques pour la science, l'industrie et le commerce,

— le rôle essentiel que jouent les étalons du BIPM en fournissant la base de l'uniformité mondiale de ces mesures,

— l'accroissement de complexité résultant des progrès récents de la technologie, qui exige un accroissement de l'exactitude des étalons électriques,

— l'accroissement parallèle du nombre de laboratoires nationaux qui ont besoin de se référer aux étalons du BIPM,

— l'accroissement du nombre des grandeurs électriques pour lesquelles on demande maintenant au BIPM d'établir des étalons de référence,

— le besoin essentiel pour le BIPM de maintenir ses étalons électriques au niveau le plus élevé, afin de pouvoir satisfaire ces demandes,

considérant aussi :

— que le programme de travail proposé par le BIPM pour les années 1985-1988 en électricité correspond au minimum nécessaire pour satisfaire les besoins ci-dessus,

— mais que l'effectif du personnel actuellement disponible n'est pas suffisant pour réaliser ce programme,

recommande :

— que toutes mesures appropriées soient prises d'urgence pour accroître le personnel et les moyens matériels disponibles au BIPM dans la section d'électricité.

Rapport du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences

Le Groupe de travail s'est réuni au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 16, 17 et 18 mars 1983.

Étaient présents : Mr A. E. Bailey, Président, MM. C. M. Allred (NBS, Boulder), H. Bayer (PTB), Xi Dexiong (NIM), A. F. Dunn (NRC), L. Érard (LCIE), I. K. Harvey (CSIRO), O. C. Jones (NPL), R. Kaarls (VSL), T. Nemoto (ETL), G. Rietto (IEN), F. L. Warner (RSRE), R. W. Yell (NPL).

Le directeur du BIPM, P. Giacomo.

Assistaient aussi à la réunion : MM. J. Terrien, directeur honoraire du BIPM; T. J. Quinn, sous-directeur du BIPM; G. Leclerc et T. Witt (BIPM).

Excusés : les représentants de l'ASMW et de l'IMM.

Absent : le représentant de l'IRT.

Le président et le directeur du BIPM souhaitent la bienvenue aux participants, puis l'ordre du jour distribué en séance est adopté.

Mr Érard est nommé rapporteur.

1. Comparaisons internationales terminées depuis la dernière session du Groupe de travail (juillet 1978)

Huit comparaisons sont terminées : elles sont détaillées dans le tableau I.

2. Comparaisons en cours d'achèvement

Le point sur ces comparaisons est donné dans le tableau II.

3. État d'avancement des comparaisons en cours

Le résumé de l'état d'avancement des comparaisons organisées en 1972, 1975 et 1978 est donné dans le tableau III.

4. Nouvelles comparaisons

De nouvelles comparaisons approuvées par le Groupe de travail sont indiquées dans le tableau IV; la liste des participants à chaque comparaison n'étant ni limitative ni close, tous les laboratoires intéressés sont invités à y prendre part.

5. Sujets éventuels de comparaisons futures

Le tableau V énumère quelques-uns des sujets de comparaisons possibles dans l'avenir. Si quelques laboratoires sont dès à présent intéressés par certains de ces sujets et organisent des comparaisons non officielles, le Groupe de travail souhaite recevoir les rapports finaux auxquels ces comparaisons donneront lieu.

6. Activités du Groupe de travail

6.1. Comparaisons dans le domaine des ultrasons

Le Groupe de travail est toujours d'accord pour s'intéresser aux comparaisons de mesures ultrasoniques tant qu'il n'apparaîtra pas nécessaire de créer un groupe de travail distinct.

6.2. Comparaisons des puissances et énergies laser

Le Groupe de travail continuera à s'occuper des comparaisons des puissances et énergies laser dans la mesure où cette activité n'interférera pas avec celles d'autres Comités Consultatifs. Il informera le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie des résultats de ces comparaisons.

6.3. Mesures relatives aux impulsions

Le Groupe de travail souhaite continuer à s'intéresser à ces mesures.

6.4. Organisation des comparaisons. Publication des résultats

Le Groupe de travail a discuté des principes généraux selon lesquels devront être définies, organisées et conduites les futures comparaisons. Il précise également les règles de publication des résultats. Les conclusions de ces discussions sont contenues dans l'Annexe jointe à ce rapport.

7. Questions diverses

7.1. Liaison avec d'autres organismes

Mr Bayer transmet au Groupe de travail l'information suivante du Président de la Commission A de l'URSI :

« A l'occasion de la XXIe Assemblée Générale de l'URSI, il a été proposé de publier un numéro spécial des Proceedings de l'IEEE faisant le point sur les méthodes employées dans les mesures électriques de précision, aussi bien en courant continu que dans le domaine des fréquences submillimétriques et des lasers. »

Le Groupe de travail est favorable à cette proposition; une telle publication constituera en effet un livre de référence scientifique utile à tous les spécialistes.

Le Groupe de travail pense qu'il serait utile qu'une liaison régulière existe entre le BIPM et le Groupe de travail radiofréquences, d'une part et le Bureau communautaire de références (BCR) de la Communauté économique européenne, d'autre part; il serait par exemple souhaitable que le BIPM reçoive les rapports des réunions du groupe d'experts du BCR chargé des mesures électriques et magnétiques.

7.2. Travaux futurs

Chaque participant a exposé les orientations générales des travaux futurs qui seront effectués dans son laboratoire.

7.3. Date de la prochaine réunion

Le Groupe de travail souhaite tenir sa prochaine réunion en mai 1986.

18 mars 1983

Le Rapporteur
L. Érard

Le Président
A. E. Bailey

TABLEAU I

Comparaisons terminées depuis la dernière session du Groupe de travail (juillet 1978)

72-2 Affaiblissement à la fréquence de 7,0 GHz en coaxial.
(Laboratoire pilote : NPL; participants : IEN, NBS, PTB). Les résultats définitifs sont contenus dans le document GT-RF/83-15.

72-5 Puissance sur guide d'ondes à la fréquence de 35 GHz.
(Laboratoire pilote : NRC; participants : ETL, NBS, RSRE). Les résultats définitifs sont contenus dans le document GT-RF/83-1 et publiés dans *Metrologia,* **17,** 1981, pp. 27-31.

72-7 Champ électrique à la fréquence de 100 MHz.
(Laboratoire pilote : NBS; participants : IEN, FTZ, UTW). Les résultats définitifs sont contenus dans le document GT-RF/83-11 et publiés dans *IEEE Trans. Instrum. Meas.,* **IM-32,** 1983, pp. 235-237.

72-11 Puissance surfacique à la fréquence de 2,45 GHz.
(Laboratoire pilote : CSIRO; participants : BRH, RIND, IEN, NBS, NPL). Les résultats définitifs sont contenus dans le document GT-RF/83-2.

72-13b Puissance laser à ondes entretenues (b), laser Ar^+ de longueurs d'onde 488 et 515 nm.
(Laboratoire pilote : ETL; participants : NBS, PTB). Les résultats définitifs sont contenus dans le document GT-RF/83-3.

75-A9 Affaiblissement à 35 GHz.
(Laboratoire pilote : RSRE; participants : NRC, NBS). Les résultats définitifs sont contenus dans le document GT-RF/83-4. La valeur de cette comparaison a été réduite à cause des imperfections présentées par les étalons voyageurs.

75-A12 Coefficient de réflexion à 10 GHz (en module).
(Laboratoire pilote : RSRE; participants : ETL, IEN, NBS, CSIRO, NRC). Les résultats définitifs sont contenus dans le document GT-RF/83-8.

78-15 Puissance d'un faisceau ultrasonique (2 et 5 MHz).
(Laboratoire pilote : NBS; participants : UI, RPB, NRC, BRH, PTB, NPL). Les résultats définitifs sont contenus dans le document GT-RF/83-12 et publiés dans la revue *NBS Journal of Research,* **88,** No. 2 (Mars-avril 1983), pp. 91-103.

TABLEAU II

Comparaisons en cours d'achèvement

72-1 Déphasage sur guide d'ondes R 100, aux fréquences 9,0, 10,0 et 11,2 GHz.
(Laboratoire pilote : NBS; participants : ETL, IEN, CSIRO, RSRE). Tous les laboratoires ont terminé leurs mesures. La comparaison est

actuellement terminée à cause de la diminution des crédits alloués au NBS, lequel est en train de préparer le rapport final (document GT-RF/83-9).

72-6 Puissance sur coaxial, à la fréquence de 6 GHz.
(Laboratoire pilote : NBS; participants : CSIRO, NPL, LCIE, IEN, RIND, NRC, PTB, OMH).
Huit laboratoires ont terminé leurs mesures; l'OMH devrait terminer les siennes prochainement. Le NBS préparera ensuite le rapport final (document GT-RF/83-10).

75-A1 Puissance à 15,0 GHz : efficacité de montures bolométriques sur guide d'ondes.
(Laboratoire pilote : PTB; participants : LCIE, NBS, NRC, RSRE. L'IEN s'est retiré de cette comparaison).
Tous les laboratoires ont terminé leurs mesures. La PTB est en train de préparer le rapport final. Un changement de la valeur des étalons voyageurs semble avoir été provoqué au RSRE par l'utilisation d'un joint de cuivre malléable pour raccorder les brides du guide d'ondes (document GT-RF/83-14).

75-A3 Affaiblissement à 15,0 GHz sur guide d'ondes.
(Laboratoire pilote : PTB; participants : IEN, NBS, RSRE, OMH).
Les mesures sont presque toutes terminées. La PTB préparera le rapport final (document GT-RF/83-14).

75-A5 Tension sur ligne coaxiale 50 Ω; 1 V; 100, 250, 500 et 1 000 MHz.
(Laboratoire pilote : PTB; participants : NBS, CSIRO, EQD, ASMW, IMM, OMH. Le LCIE s'est retiré de cette comparaison).
Tous les laboratoires ont terminé leurs mesures. La PTB est en train de préparer le rapport final (document GT-RF/83-14).

TABLEAU III

Comparaisons en cours

a. Comparaisons abandonnées

72-4 Puissance sur guide d'ondes R620 ou R740 à 65 GHz.
(Laboratoire pilote : NPL; participant : NBS).
(document GT-RF/83-17).

72-8 Gain d'un cornet à la fréquence de 10 GHz.
(Laboratoire pilote : IRT; participants : NBS, IEN, NRC).

75-A10 Affaiblissement à 70 GHz.
(Laboratoire pilote : NPL; participant : NBS).
(document GT-RF/83-17).

75-A13 Amplitude spectrale d'impulsions.
(Laboratoire pilote : NBS; participant : IEN).

75-B1 Puissance à 30 MHz; facteur d'étalonnage d'ensembles coupleur directif — monture bolométrique.
(Participants possibles : NBS, PTB, CSIRO).

75-B2 Puissance à 7 GHz; facteur d'étalonnage d'ensembles coupleur directif — monture bolométrique.
(Participants possibles : NBS, PTB, CSIRO, RSRE).

75-C2 Temps de retard d'impulsions sur ligne coaxiale 50 Ω.
(Laboratoire pilote : NBS; participant : IEN).

78-3 Amplitude du coefficient de réflexion sur guide d'ondes R100 à 10 GHz; $0,2 < |\Gamma| < 0,8$.
(Laboratoire pilote : CSIRO; participant : PTB).

78-4 Puissance de bruit sur guide d'ondes R84.
(Laboratoire pilote : NBS)
(document GT-RF/83-9).

78-6 Diagramme d'antenne à 10 GHz.
(Laboratoire pilote : NBS; participants : IEN, NRC).
(document GT-RF/83-9).

b. Comparaisons maintenues

75-A4 Coefficient de réflexion à 500 MHz, 3 et 7 GHz sur coaxial 50 Ω.
(Laboratoire pilote : PTB; participants : VSL, OMH, SNIIM, NBS, NRC, CSIRO, ETL, RSRE).
La comparaison doit débuter prochainement (document GT-RF/83-14).

75-A6 Tension sur ligne coaxiale 50 Ω, 100 V à 30 MHz.
(Laboratoire pilote : PTB; participant : NBS).
La comparaison doit débuter à la fin de 1983. La participation d'autres laboratoires est souhaitée (document GT-RF/83-14).

75-A7 Tension sur ligne coaxiale 50 Ω, 1 mV à 30 MHz.
(Laboratoire pilote : PTB; participants : NBS, CSIRO, OMH, ASMW, VSL, NIM).
La comparaison a été retardée à la demande de certains laboratoires; elle débutera prochainement (document GT-RF/83-14).

75-A8 Puissance de bruit à 30 MHz.
(Laboratoire pilote : CSIRO; participants : NBS, RSRE).
La comparaison a été retardée à la suite de problèmes d'équipement de mesure dans un laboratoire participant; elle va se poursuivre normalement (document GT-RF/83-5).

75-A11 Puissance sur ligne coaxiale entre 12 et 18 GHz : efficacité de montures bolométriques équipées de connecteurs APC-7.
(Laboratoire pilote : PTB; participants : IEN, LCIE, NBS, CSIRO *, NRC, VSL *).

---

* Sous réserve de confirmation.

La PTB fournira deux étalons de transfert. Les fréquences proposées sont 12 et 14 GHz, en option 17 GHz. La comparaison devrait débuter en 1984 (document GT-RF/83-9).

75-A14 Affaiblissement à 300 MHz sur ligne coaxiale 75 Ω (connecteur GR 900).
(Laboratoire pilote : PTB; participants : VSL, NPL, NRC *).
La comparaison a été retardée par la réalisation plus longue que prévue des étalons de transfert, elle ne débutera pas avant 1984.

75-B3 Coefficient de réflexion à 1 GHz sur ligne coaxiale 75 Ω.
(Laboratoire pilote : NRC; participants : PTB, LCIE, VSL, NPL *, CSIRO *).
Le NRC a proposé aux participants trois étalons de transfert à mesurer à trois fréquences (connecteur GR 900).
La comparaison débutera en 1984 (document GT-RF/83-6).

75-C3 Temps de montée d'impulsions sur ligne coaxiale 50 Ω.
(Laboratoire pilote : NBS; participants : ETL, NPL).
Le NBS contactera les laboratoires participants afin de mettre au point un programme commun.

78-1 Affaiblissement (100 dB) à 30 MHz sur ligne coaxiale 50 Ω.
(Laboratoire pilote : PTB; participants : NPL, VSL, LCIE, IEN, FFV, PKN, OMH, VNIIFTRI, CSIRO, NBS, NIM).
Cette comparaison est organisée sous l'égide du Bureau Communautaire des Références (CEE) et du BIPM. Elle progresse rapidement et fera l'objet d'un rapport intermédiaire lorsque les laboratoires de la CEE auront terminé leurs mesures (document GT-RF/83-14).

78-2 Puissance (10 mW) à 500 MHz sur ligne coaxiale 75 Ω (connecteur GR 900).
(Laboratoire pilote : NRC; participants : PTB, LCIE, VSL).
Après accord des participants, la comparaison débutera en 1985 (document GT-RF/83-6).

78-5 Gain d'un cornet et taux de polarisation transversale entre 4 et 60 GHz (fréquence préférentielle 10 GHz).
(Laboratoire pilote : NBS; participants : IEN, NPL, CSIRO, NRC, ETL, VSL, FTZ, TUD).
La comparaison a débuté récemment.

78-7 Puissance laser à ondes entretenues (10,6 μm).
(Laboratoire pilote : NBS; participants : PTB, NPL, ETL *, NRC *).
Niveau de puissance à confirmer. La comparaison débutera à la fin de 1983 (document GT-RF/83-13 et GT-RF/83-9).

78-8 Puissance de crête laser (10,6 μm).
(Participants : NPL, NBS, NRC *).
Le NBS et le NPL étudieront ensemble la meilleure manière d'organiser la comparaison (étalon de transfert, laboratoire pilote,...). L'ETL désire

* Sous réserve de confirmation.

être tenu au courant des résultats de la comparaison (document GT-RF/83-9).

78-9 Énergie laser (1,06 μm).
(Laboratoire pilote : NBS; participants : NPL, PTB, ETL *).
Le NBS contactera les différents participants afin d'organiser au mieux la comparaison. La PTB précise qu'elle ne peut pas effectuer de mesures pour des valeurs supérieures à 1 J (document GT-RF/83-9).

78-10 Puissance surfacique à 10 GHz.
(Laboratoire pilote : NPL; participants : LCIE, CSIRO *, NBS *, VSL *, IEN *).
En suspens. Étalons de transfert à déterminer (document GT-RF/83-17).

78-11 Impédance sur ligne coaxiale à 100 MHz (connecteur GR 900).
(Laboratoire pilote : RSRE; participants : PTB, NBS, CSIRO, VSL).
Les mesures restent à faire par le dernier laboratoire (VSL) (document GT-RF/83-7).

78-12 Coefficient de surtension à 10 GHz ($1\,000 < Q < 10\,000$).
(Laboratoire pilote : RSRE; participants : CSIRO, NPL, IEN *).
Le CSIRO ne désire plus être laboratoire pilote. Le RSRE envisage de prendre l'initiative de cette comparaison et d'être le laboratoire pilote (document GT-RF/83-5).

78-13 Puissance de bruit sur guide d'ondes R 100.
(Laboratoire pilote : RSRE; participants : LCIE, CSIRO, PTB, NIM, NBS *, ETL *).
La comparaison doit débuter en 1983 (document GT-RF/83-7).

78-14 Puissance (1 mW) à 50 MHz sur ligne coaxiale 50 Ω.
(Laboratoire pilote : NRC; participants : PTB, NPL, NBS, LCIE, ETL, CSIRO, IEN, VSL, FFV, OMH).
Cinq laboratoires ont terminé leurs mesures. La comparaison suit son cours (document GT-RF/83-6).

Tableau IV

Comparaisons projetées

83-1 Impédance sur une ligne coaxiale 50 Ω à 1 MHz et 50 MHz (connecteur GR 900).
(Laboratoire pilote : VSL; participants : PTB, NBS, NPL, CSIRO *, EQD *).
Il est prévu que cette comparaison commence en 1984 et se termine en 1986.

83-2 Champ électrique en ultra-haute fréquence (fréquence préférentielle : 750 MHz, niveau voisin de 10 V/m).
(Laboratoire pilote : NPL; participants : VSL, NBS *, CSIRO *, IEN *).

---

* Sous réserve de confirmation.

La comparaison pourra commencer dès que les étalons de transfert auront été choisis et les participants auront confirmé leur intérêt.

83-3 Puissance à 94 GHz.
(Laboratoire pilote : ETL; participants : NBS, RSRE).
Cette comparaison pourra commencer dès que les participants auront déterminé les étalons de transfert et la manière de l'organiser.

83-4 Mesure des coefficients de dispersion (« S parameters ») avec des systèmes « large bande » dans la bande 2-18 GHz.
(Laboratoire pilote : RSRE; participants : NBS, CSIRO, PTB, VSL).
Les laboratoires suivants (NBS, CSIRO et RSRE) emploieront un système coaxial utilisant le principe du « 6 portes » (bande 2-18 GHz). La PTB utilisera le même principe sur guide d'ondes dans la bande 8,2-12,4 GHz. Le VSL utilisera un analyseur automatique de réseaux de sa propre confection (bande 2-18 GHz).

TABLEAU V

Sujets éventuels de comparaisons futures

a. Coefficient de réflexion à 35 GHz

L'ETL et le NRC organiseront éventuellement une comparaison informelle; le NIM et le RSRE y participeront peut-être.

b. Affaiblissement à 94 GHz

Le NBS et le RSRE participeront à une comparaison informelle.

c. Gain d'un cornet dans les bandes millimétriques

Les laboratoires suivants : NBS, NPL et NRC semblent intéressés. Le NPL prendra l'initiative d'établir les contacts nécessaires afin d'organiser éventuellement une comparaison informelle.

d. Transmission par fibre optique

Les membres du Groupe de travail marquent un intérêt certain pour ce nouveau domaine et se préoccupent des éventuelles comparaisons qui pourraient être organisées, sous réserve que soient bien définies les grandeurs électriques correspondantes.

---

* Sous réserve de confirmation.

Identification des laboratoires

ASMW	Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, Berlin (Rép. Dém. Allemande).
BRH	Bureau of Radiological Health (États-Unis d'Amérique).
CSIRO	(ancien NML), CSIRO Division of Applied Physics, Lindfield (Australie).
EQD	Electrical Quality Assurance Directorate, Bromley (Royaume-Uni).
ETL	Electrotechnical Laboratory, Ibaraki (Japon).
FFV	Maintenance Division, National Industries Corporation, Arboga (Suède).
FTZ	Fernmelde Technische Zentral Amt, Darmstadt (Rép. Féd. d'Allemagne).
IEN	Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, Turin (Italie).
IMM	Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Leningrad (U.R.S.S.).
IRT	Institut de Recherches des Télécommunications, Budapest (Hongrie).
LCIE	Laboratoire Central des Industries Électriques, Fontenay-aux-Roses (France).
NBS	National Bureau of Standards, Washington (États-Unis d'Amérique).
NIM	Institut National de Métrologie, Beijing (Rép. Pop. de Chine).
NPL	National Physical Laboratory, Teddington (Royaume-Uni).
NRC	Conseil National de Recherches, Ottawa (Canada).
OMH	Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest (Hongrie).
PKN	Polski Komitet Normalizaci, Miar i Jacości, Varsovie (Pologne).
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig (Rép. Féd. d'Allemagne).
RIND	Institut de Recherches de la Défense, Stockholm (Suède).
RPB	Radiation Protection Bureau (Canada).
RSRE	(ancien RRE), Royal Signals and Radar Establishment, Malvern (Royaume-Uni).
SNIIM	Institut de Recherche Scientifique Sibérien en Métrologie, Moscou (U.R.S.S.).
TUD	Technical University of Denmark, Lyngby (Danemark).
UI	Ultrasonics Institute (Australie).
UTW	Université Technique de Wroclaw (Pologne).
VNIIFTRI	Institut des Mesures Physicotechniques et Radiotechniques, Moscou (U.R.S.S.).
VSL	Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas).

Directives concernant le déroulement des comparaisons internationales

Le Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences,

constate

— que les comparaisons proposées étaient trop nombreuses pour pouvoir être toutes terminées, compte tenu des moyens disponibles,

— qu'un bon nombre des comparaisons projetées ne sont pas encore terminées,

— que certaines de ces comparaisons ont perdu une partie de leur intérêt pour les participants,

— que certaines des comparaisons mentionnées ont suscité l'intérêt d'un seul participant,

— que la multiplicité des étalons voyageurs, des domaines de fréquence et des grandeurs à mesurer rend les comparaisons plus coûteuses et plus laborieuses,

— qu'une durée totale de circulation de cinq ans, ou même davantage, fait perdre une partie de son intérêt à toute comparaison,

— que les étalons voyageurs ne devraient pas être conservés dans les laboratoires plus longtemps qu'il n'est nécessaire pour les mesures,

et que les résultats des comparaisons intéressent tous les physiciens et ingénieurs des services métrologiques, dans les organismes officiels aussi bien que dans les industries, dans tous les pays.

En conséquence, le Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences se fixe les règles suivantes :

— L'objectif principal pour les prochaines années doit être de terminer toutes les comparaisons en cours;

— la liste des comparaisons en cours doit être révisée à chaque réunion et les comparaisons qui n'ont plus d'intérêt pour la majorité des participants doivent être annulées;

— les comparaisons qui n'intéressent qu'un laboratoire doivent être annulées;

— les comparaisons nouvelles ne doivent être envisagées qu'en nombre limité;

— le nombre d'étalons voyageurs, de fréquences et de domaines de mesure doit être aussi petit que possible, compte tenu du but recherché;

— le laboratoire pilote doit recommander un calendrier pour l'exécution des mesures dans chaque laboratoire, et chaque laboratoire doit s'efforcer de s'y conformer; en particulier, une durée maximale de séjour des étalons voyageurs dans chaque laboratoire doit être fixée;

— chaque participant doit transmettre sans délai l'étalon voyageur au laboratoire suivant si des circonstances imprévues l'empêchent d'effectuer les mesures dans les délais prévus; il pourra éventuellement reprendre les mesures plus tard;

— durant toute la comparaison, chaque participant doit confirmer au laboratoire pilote et au BIPM l'*arrivée* et le *départ* des étalons voyageurs, il doit aussi les informer de *tout incident ou de tout retard susceptible de perturber le déroulement de la comparaison.* Le laboratoire pilote et le BIPM en informeront tous les autres participants, pour qu'ils puissent, si nécessaire, adapter leur programme de travail;

— en plus du rapport détaillé qu'il présente au Groupe de travail le laboratoire pilote doit faire tout son possible pour publier un compte rendu final de la comparaison dans un journal scientifique de large diffusion et de bonne renommée (par exemple dans *Metrologia*); le BIPM devra être informé de cette publication et une copie du manuscrit devra lui être envoyée aussi vite que possible. Chaque année le BIPM incluera dans les « News from the BIPM » de *Metrologia,* les références bibliographiques concernant toutes les publications qui lui auront été communiquées.

Note : Le BIPM publie un compte rendu final « abrégé », en français, imprimé en annexe du Comité Consultatif d'Électricité. Ce compte rendu abrégé peut correspondre à l'article publié par ailleurs; en particulier il n'est pas souhaitable d'y inclure des tables numériques étendues.

Le BIPM peut aussi publier comme « Monographie BIPM » le compte rendu détaillé fourni par le laboratoire pilote. Ce compte rendu détaillé peut être analogue au document de travail présenté au Groupe de travail; il peut, par exemple, contenir le détail des tables numériques. Dans ce cas, le laboratoire pilote doit fournir au BIPM le document original, mis en forme pour être directement photographié et diffusé. La monographie est signée par son auteur.

RAPPORT

DU

COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE DES RAYONNEMENTS IONISANTS

(10e Session — 1983)

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

par R. S. CASWELL, Rapporteur

Résumé. On décrit l'activité des trois Sections du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants pendant les deux dernières années, ainsi que les projets de travaux futurs. La Section I (Rayons X et γ, électrons) a étudié les résultats des récentes comparaisons d'étalons primaires d'exposition dans les domaines de débits d'exposition utilisés en radiothérapie et mentionné les comparaisons d'instruments employés en radioprotection. Dans le domaine de la dose absorbée, elle suggère qu'on organise une seconde comparaison de systèmes de dosimétrie chimique Fricke. Les nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement qui seront bientôt recommandées par l'ICRU pour les électrons pourraient entraîner des changements pour les références d'exposition du BIPM et de certains laboratoires nationaux (rayonnement γ du ^{60}Co), mais on juge qu'il est prématuré de prendre une décision. Un Groupe de travail est créé pour comparer les valeurs des incertitudes utilisées par les laboratoires nationaux pour leurs étalons primaires. Les travaux du BIPM dans le domaine des rayons X et γ portent essentiellement sur l'analyse des résultats des comparaisons internationales, les études faites sur la position d'une chambre d'ionisation à cavité servant à déterminer la dose absorbée dans un fantôme de graphite, le quotient des mesures de l'exposition et de la dose absorbée dans l'air et dans un fantôme de graphite, et l'influence des nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement sur les déterminations expérimentales de W_{air}. La Section II (Mesure des radionucléides) a étudié les résultats de deux comparaisons internationales : la deuxième comparaison restreinte de ^{133}Ba sera suivie d'une troisième en raison des résultats peu satisfaisants obtenus, puis d'une comparaison à grande échelle ; une comparaison à grande échelle de ^{137}Cs a fait l'objet d'une analyse détaillée par le BIPM ; après quelques modifications, elle sera publiée comme Rapport BIPM. De nouveaux Groupes de travail sont créés pour étudier divers problèmes dans le domaine de la métrologie des radionucléides. Le Système international de

référence continue à se développer de façon satisfaisante. Dans le domaine de la spectrométrie alpha, de nouvelles mesures de ^{236}Pu ont été effectuées au BIPM. Par ailleurs, la méthode d'échantillonnage sélectif a fait l'objet de nouveaux développements. La Section III (Mesures neutroniques) a fait le point des diverses comparaisons internationales qu'elle a organisées : comparaisons de sources de neutrons, comparaisons de mesures de débit de fluence de neutrons et comparaisons de dosimétrie neutronique. Certaines mesures sont terminées et les résultats sont en cours d'analyse (réaction $^{115}In(n,n')^{115}In^{m}$, activation d'échantillons de Nb/Zr, comparaison de dosimétrie neutronique au NPL) ; d'autres se poursuivent (réaction $^{115}In(n,\gamma)^{116}In^{m}$, chambres à fission de ^{235}U et ^{238}U). Un Groupe de travail est créé pour étudier les méthodes de transfert adéquates qui permettraient au BIPM d'assurer un « service de contrôle de fluence de neutrons ». Le BIPM est chargé d'organiser une comparaison de dosimétrie neutronique à long terme. Il a déjà étudié divers instruments de transfert et sélectionné les plus appropriés pour les mesures. Enfin, le CCEMRI est en faveur de la création au BIPM de quelques bourses pour des étudiants qui préparent des thèses.

La dixième session du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI) s'est tenue au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 22 et 23 juin 1983.

Étaient présents :

E. Ambler, membre du CIPM, président du CCEMRI.
W. A. Jennings, président de la Section I ; National Physical Laboratory (NPL), Teddington.
H.-M. Weiss, président de la Section II ; Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig.
R. S. Caswell, président de la Section III ; National Bureau of Standards (NBS), Washington.
W. H. Henry, Conseil National de Recherches du Canada (NRC), Ottawa.
Le directeur du BIPM (P. Giacomo).

Assistaient aussi à la réunion : J. Terrien, directeur honoraire du BIPM ; T. J. Quinn, sous-directeur du BIPM (un jour), A. Allisy, A. Rytz, J. W. Müller, V. D. Huynh (BIPM) ; Mme M. Boutillon, Mlle M.-T. Niatel et Mme A.-M. Perroche (en stage au BIPM) ; Mme D. Müller (BIPM).

Mr Ambler ouvre la session et souhaite la bienvenue à Mr Henry qui succédera à Mr Jennings comme président de la Section I après cette réunion. Mr Ambler remercie Mr Jennings pour les précieux services rendus à la Section I et au CCEMRI * pendant ses années de présidence. Mr Caswell est désigné comme rapporteur.

---

* L'Annexe R 1 donne la liste des laboratoires et organisations mentionnés dans ce rapport.

1. Rapports d'activité des trois Sections du CCEMRI et travaux connexes du BIPM

Le président de chaque Section présente l'activité de sa Section, et le personnel du BIPM les travaux récents effectués dans la section des rayonnements ionisants.

Section I — Rayons X et γ, électrons (Président : W. A. Jennings)

Mr Jennings indique que, depuis la dernière session du CCEMRI, la Section I s'est réunie une fois, du 18 au 20 avril 1983. Tous les membres et observateurs étaient présents, à l'exception du délégué soviétique. Les participants ont fourni un grand nombre de documents ; malheureusement, beaucoup d'entre eux ont été distribués au dernier moment ou même pendant la réunion. Mr Jennings fait remarquer que le seul moyen d'obtenir des documents est d'organiser une réunion. En réponse à une question de Mr Ambler sur la nature des documents, Mr Jennings dit qu'ils couvrent une grande variété de sujets : comparaisons internationales, recherche, méthodes d'étalonnage, etc.

Neuf comparaisons d'étalons primaires d'exposition ont eu lieu dans le domaine des débits d'exposition utilisés en radiothérapie. Trois d'entre elles ont été effectuées au BIPM et les six autres sont des comparaisons bilatérales entre deux ou plusieurs laboratoires nationaux. Trois comparaisons concernent les rayons X de 100 à 250 kV et le rayonnement gamma du ^{60}Co, trois le rayonnement gamma du ^{60}Co, deux les rayons X de 100 à 250 kV et une les rayons X de 10 à 50 kV. Par ailleurs, des comparaisons ont eu lieu entre les laboratoires d'étalonnage des quatre pays scandinaves pour les rayons X de 10 à 50 kV et le rayonnement gamma du ^{60}Co.

Mr Ambler demande si les rapports au CIPM et à la CGPM comporteront des représentations graphiques des résultats des comparaisons de mesures d'exposition. Mr Jennings répond que ces rapports comprendront un résumé des travaux accomplis mais pas de courbes. Mr Ambler demande si des comparaisons de dose absorbée ont eu lieu pendant la période concernée. Mr Jennings répond par la négative.

Cependant, en ce qui concerne les comparaisons de dose absorbée, la Section I a décidé de publier le rapport de la comparaison de systèmes de dosimétrie chimique Fricke effectuée de 1979 à 1981 ; par ailleurs, il serait utile d'organiser une nouvelle comparaison similaire pour les laboratoires qui n'ont pas pu participer à la première ou qui n'ont pas pu terminer leurs travaux la dernière fois. Les systèmes de dosimétrie Fricke, utilisés avec beaucoup de soin, donnent une bonne exactitude (écart-type d'environ 1 %). C'est une méthode de choix pour

comparer les faisceaux de photons et d'électrons aux énergies élevées et elle produit peu de perturbation dans le fantôme. Mr Ambler demande s'il y a déjà eu des comparaisons à des énergies plus élevées. Mr Jennings répond par la négative. Toutefois, une comparaison bilatérale de mesures de débits de dose absorbée a été effectuée entre les irradiateurs de ^{60}Co du NPL et du NBS dans des champs de rayonnement à débits de dose élevés, au moyen d'un système Fricke ou d'un système au bichromate de potassium, selon les débits de dose mesurés. Elle concerne les rayonnements pour usage industriel et l'irradiation des denrées alimentaires ; ces utilisations sont plus développées dans certains pays que dans d'autres.

Une brève discussion s'engage ensuite au sujet des rapports du président du CCEMRI à la CGPM et au CIPM. On pense que le rapport à la CGPM doit être court, de six à dix pages dactylographiées, et doit s'adresser au non-spécialiste. Les deux rapports devraient mentionner les exactitudes requises. Mr Ambler souligne aussi la nécessité d'expliquer clairement le but du travail, surtout dans le rapport à la CGPM.

Mr Jennings signale qu'on a aussi présenté des comparaisons faites à des débits d'exposition utilisés en radioprotection, ce qui est nouveau pour la Section I. Une comparaison de dosimètres individuels a été organisée entre 35 instituts des pays de la CCE. Elle a été précédée par une comparaison au RIV des étalons de radioprotection du NPL, de la PTB et du RIV qui s'accordent à 2 % près.

Par ailleurs, et en accord avec une proposition faite à la sixième réunion de la Section I, douze laboratoires nationaux ont participé à une comparaison d'étalons d'exposition utilisés en radioprotection, au moyen de dosimètres thermoluminescents expédiés par voie postale ; la comparaison est terminée mais on ne disposait pas encore des résultats au moment de la réunion.

Mr Jennings soulève le problème des rapports des pouvoirs de ralentissement. Un comité ICRU prépare actuellement un rapport qui contient de nouvelles valeurs de pouvoirs de ralentissement recommandées pour les électrons. Le changement du rapport moyen des pouvoirs de ralentissement du graphite et de l'air entraînerait un changement de 0,7 % de la valeur de l'exposition mesurée par la chambre étalon du BIPM pour le rayonnement du ^{60}Co. Des changements similaires s'appliqueraient aux chambres à cavité étalons servant à mesurer l'exposition dans certains laboratoires nationaux. Cependant, comme les rapports ICRU sur les pouvoirs de ralentissement et sur la dosimétrie des électrons aux énergies élevées ne sont pas encore publiés, la Section I pense qu'une décision relative au changement des étalons primaires d'exposition (chambres de graphite dont la cavité est remplie d'air) doit être différée jusqu'à sa prochaine réunion. Les laboratoires primaires s'accordent à 0,5 % près pour les mesures d'exposition mais, à cause d'éventuelles erreurs systématiques communes, l'exactitude

absolue se situe entre 0,5 et 1 %. Mr Ambler s'enquiert de ce qui a été dit sur l'exactitude dans les rapports précédents. Il en a été question dans ces rapports et on pense que les valeurs mentionnées sont compatibles avec les valeurs ci-dessus.

Mr Allisy fait remarquer que la grandeur « exposition » est de moins en moins utilisée et qu'elle est remplacée par le kerma dans l'air et le kerma dans l'eau. Il mentionne, par ailleurs, qu'avec les chambres à cavité on mesure maintenant le kerma dans l'air avec une exactitude plus grande que l'exposition. Mr Jennings indique que le NPL donne les étalonnages à la fois en termes de kerma dans l'air et d'exposition. D'autres laboratoires nationaux agissent de même.

Mr Jennings signale que, sur proposition du NBS, la Section I s'emploiera, pendant les deux années à venir, à comparer les valeurs estimées des incertitudes utilisées par les laboratoires nationaux pour leurs étalons primaires. Un Groupe de travail sur l'estimation des incertitudes est créé. Il comporte trois sous-groupes coordonnés par trois laboratoires nationaux qui rassembleront les informations existantes. Ce sont :

— l'ARL pour les chambres à parois d'air,
— le NBS pour les chambres à cavité en graphite, et
— le RIV pour les calorimètres en graphite.

Les incertitudes doivent être présentées sous la forme (types A et B) recommandée par le Groupe de travail du CIPM sur l'expression des incertitudes. Il s'en est suivi une discussion sur ce sujet. Mr Allisy souligne que, pour des raisons de cohérence, il est souhaitable de toujours exprimer les incertitudes en termes de « 1σ ». Mr Ambler aimerait que, dans le but d'informer les non-spécialistes, on fasse le point sur ce qu'on peut obtenir dans ce domaine.

Le BIPM ne s'occupe pas encore directement des mesures de rayonnement pour usage industriel. C'est l'AIEA qui organise les comparaisons dans plusieurs pays. L'emploi de ces rayonnements augmente régulièrement dans différents domaines : stérilisation des produits pharmaceutiques, polymérisation et amélioration des propriétés des polymères. Mr Ambler demande quelle est l'importance économique de ces traitements dans le monde. Mr Jennings demandera une valeur globale à S. C. Ellis, du NPL. Mr Ambler demande quelle est l'exactitude requise pour les mesures. Mr Jennings estime qu'une exactitude de 5 % est souhaitable pour la stérilisation d'instruments médicaux mais souligne qu'elle est en général tributaire de facteurs économiques étant donné le coût des doses délivrées.

Les rapports d'activité présentés à la Section I par plusieurs laboratoires couvrent divers domaines : d'une part, les modifications intervenues depuis 1981 dans les étalons, les installations et les services et, d'autre part, les problèmes de recherche et de développement. Ainsi, l'un des documents présente un nouveau type de calorimètre pour la

mesure de la dose absorbée : le calorimètre à eau et polystyrène mis au point par S. R. Domen (NBS), pour tenter d'éviter les problèmes posés par les réactions chimiques (mal connues) de l'eau du calorimètre en présence du rayonnement, en particulier le défaut de chaleur de 3 à 4 %.

Mr Jennings a écrit un article pour mieux faire connaître les activités de la Section I aux utilisateurs des rayonnements ionisants : W. A. Jennings, « Promulgation of the international measurement system for photon and electron irradiation », *Brit. J. Radiology* **55**, 1982, pp. 691-694. Il encourage ses autres collègues à faire de même et aussi à écrire des articles en d'autres langues. Mr Caswell félicite Mr Jennings pour ce travail de pionnier et signale que la Section III lui a demandé de préparer, au sujet des travaux de sa section, deux articles du même genre, destinés à des publics différents travaillant dans le domaine des rayonnements ionisants.

La discussion porte ensuite sur les travaux du Bureau International des Poids et Mesures.

Mme Boutillon, stagiaire dans la Section des rayonnements ionisants, présente une analyse des résultats des comparaisons internationales de mesures d'exposition de rayons X dans le domaine de 100 à 250 kV. On note une décroissance avec l'énergie (caractérisée par la couche de demi-atténuation) du rapport $\dot{X}/\dot{X}_{\mathrm{BIPM}}$ qui peut être due à un manque d'exactitude de certains facteurs de correction. De nouveaux calculs de K_e (correction pour les pertes d'électrons dues au manque d'espacement entre les plaques) ont été faits ; les résultats sont en accord avec ceux des mesures faites au BIPM il y a quelques années, à 100 kV, au moyen d'un champ d'induction, mais ils diffèrent des résultats obtenus par Wyckoff et Attix. Il faudrait que des laboratoires nationaux entreprennent de nouvelles mesures de ce facteur de correction.

Mlle Niatel, stagiaire dans la Section des rayonnements ionisants, relate les études qu'elle a faites sur la position d'une chambre d'ionisation plate à cavité servant à déterminer la dose absorbée dans un fantôme de graphite (*Phys. in Med. and Biol.* **28**, 1983, pp. 407-410). Des mesures ont été effectuées dans le faisceau de ^{60}Co en plaçant la chambre d'ionisation dans le fantôme, dans deux positions différentes par rapport au plan de référence choisi. Le rapport expérimental obtenu a été comparé, pour différentes profondeurs, au rapport théorique donné par le calcul (M. Boutillon, *Phys. in Med. and Biol.* **28**, 1983, pp. 375-388). Les résultats sont satisfaisants, bien qu'on observe, à toutes les profondeurs, une légère déviation systématique qui pourrait être due à une surestimation du rayonnement diffusé dans le fantôme. La cohérence interne des calculs de Mme Boutillon est confirmée par ces expériences et ceci prouve qu'on peut obtenir des valeurs de la dose absorbée en un point, dans un fantôme, à partir de mesures d'ionisation, quelle que soit la position de la cavité par rapport au point choisi pour déterminer la dose absorbée.

Mlle Niatel relate aussi une étude sur le quotient des mesures de la dose absorbée et de l'exposition faites avec une même chambre d'ionisation placée successivement dans un fantôme de graphite et dans l'air, à la même distance de la source. On a comparé les valeurs théorique et expérimentale du quotient D_C/X et trouvé une différence de 0,3 % qui n'est pas significative étant donné les incertitudes. Puisque l'accord est jugé raisonnable, on peut prendre la valeur de la mesure de l'exposition comme base pour en déduire par le calcul D_C, puis D_W (dose absorbée dans l'eau).

Il est intéressant de comparer la valeur de D_W ainsi obtenue au résultat de la comparaison des systèmes de dosimétrie chimique Fricke. Si l'on utilise les constantes usuelles [rapports des pouvoirs de ralentissement de Berger et Seltzer (1964) et $W/e = 33{,}85\ \mathrm{J\,C^{-1}}$ de l'ICRU (1979)], on trouve que la valeur de D_W dérivée de l'exposition est 0,3 % plus élevée que la valeur de la comparaison des systèmes de dosimétrie Fricke. L'accord entre les mesures de l'exposition dans l'air et celles de la dose absorbée dans un fantôme est d'une grande importance pratique.

Mlle Niatel décrit aussi les mesures de la recombinaison des ions en fonction de la pression et du courant d'ionisation.

Mme Perroche, stagiaire dans la Section des rayonnements ionisants, expose l'influence des nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement de l'ICRU (« Stopping Power Report », sous presse) sur la détermination des valeurs de W_{air} obtenues à partir de la comparaison des mesures d'activité et d'exposition effectuée au BIPM en 1972, d'une part, et à partir des comparaisons de dose absorbée faites au BIPM de 1977 à 1979, d'autre part. Les valeurs de W/e ainsi obtenues devraient être respectivement $33{,}81\ \mathrm{J\,C^{-1}}$ et $33{,}96\ \mathrm{J\,C^{-1}}$. L'incertitude principale vient, dans le premier cas, du coefficient d'absorption d'énergie de l'air et, dans le second cas, du rapport des pouvoirs de ralentissement de l'air et du graphite.

L'emploi des nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement améliore l'accord entre les valeurs de W/e dérivées de ces comparaisons et la valeur $33{,}85\ \mathrm{J\,C^{-1}}$ recommandée dans le Rapport ICRU (« Average energy required to produce an ion pair », 1979).

Mr Allisy souligne que ceci constitue une preuve expérimentale nette en faveur des nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement.

Section II — Mesure des radionucléides (Président : H.-M. Weiss)

Mr Weiss fait d'abord part de quelques changements de personnes intervenus parmi les membres et observateurs de la Section II : A. P. Baerg (NRC) a pris sa retraite et est remplacé par D. C. Santry ; G. C. Lowenthal (AAEC) a pris sa retraite et est remplacé par D. F. Urquhart ; Mme J. S. Merritt (AECL) a également pris sa retraite, mais J. G. V. Taylor a de nouveau rejoint le groupe. H. Vonach (IRK)

a donné sa démission de la Section II et est remplacé par G. Winkler comme observateur. J. Legrand (LMRI) est appelé à de nouvelles tâches qui l'empêcheront dorénavant de représenter son laboratoire au sein de la Section II. J. Steyn (NAC) était malade au moment de la réunion de la Section II et est décédé peu après.

Mr Weiss indique qu'il pourra continuer à présider la Section II jusqu'à la fin de 1985, mais sans doute pas au-delà car la République Fédérale d'Allemagne est en train d'abaisser la limite d'âge de départ en retraite à cinquante-huit ans.

Comparaison de ^{133}Ba. — Mr Weiss rappelle que le ^{133}Ba est un nucléide à capture électronique à schéma de désintégration complexe. Comme il a une période de plus de dix ans, c'est un bon radionucléide pour une comparaison. Une comparaison restreinte effectuée en 1978 a donné des résultats peu satisfaisants. On a préparé une deuxième solution, stable à 2×10^{-4} près et contrôlée pour l'adsorption dans les parois ; on a néanmoins observé une augmentation apparente de la masse de la solution dans les ampoules, pouvant atteindre 2 %. Jusqu'à présent, on n'a pas trouvé d'explication à ce mystère. La Section II pense qu'il n'est pas opportun d'entreprendre de comparaison à grande échelle sans un contrôle préliminaire soigné.

Comparaison de ^{137}Cs. — Mr Weiss signale qu'un projet de rapport a été préparé sur cette comparaison internationale à laquelle 19 laboratoires ont participé. L'écart-type des résultats — 0,66 % — est jugé satisfaisant, vu la complexité des mesures, mais on constate que les résultats obtenus par la méthode des scintillateurs liquides sont plus bas que ceux des mesures faites avec un compteur proportionnel $4\pi\beta$, ce qui pourrait s'expliquer par une plus grande sensibilité au rayonnement gamma dans le cas de la seconde méthode. Il est possible qu'on obtienne une meilleure exactitude en faisant les mesures de ^{137}Cs avec indicateur d'efficacité ^{134}Cs au moyen d'un détecteur au germanium. L'analyse de la comparaison paraîtra sous forme de Rapport BIPM et une version condensée sera publiée dans la littérature scientifique.

Mr Weiss indique que, pendant les quatre dernières années, il y a eu deux comparaisons préliminaires de ^{133}Ba, la comparaison de ^{137}Cs discutée dans ce rapport et une comparaison de ^{55}Fe organisée par le NPL. Au cours de la discussion qui s'ensuit, Mr Ambler dit que les raisons qui déterminent le choix des radionucléides à comparer doivent être données dans les rapports au CIPM et à la CGPM.

Mr Weiss mentionne ensuite le Système international de référence (SIR). Il comprend, à ce jour, environ 250 résultats indépendants obtenus avec 400 ampoules. L'AIEA, qui avait un service similaire employant une chambre d'ionisation, vient de le fermer. Le SIR utilise aussi maintenant de nouvelles sources de référence de radium âgé. Il n'est pas nécessaire de connaître l'activité d'une source de référence, mais seulement sa décroissance avec le temps. Il est donc important

qu'elle ne renferme pas de ^{228}Ra et que la teneur en ^{210}Pb soit proche de l'équilibre.

Un nouveau Groupe de travail sur la préparation de sources minces sera coordonné par D. C. Santry. Un Groupe de travail sur la compilation des expériences faites avec les systèmes NaI(Tl) à efficacité élevée, utilisés pour les mesures d'activité, sera coordonné par G. Winkler. Un Groupe de travail sur les difficultés d'ordre non chimique rencontrées dans les étalonnages d'activité de certains radionucléides sera coordonné par H.-M. Weiss et pourrait établir des fiches d'information ou produire une monographie sur ce sujet.

Une nouvelle comparaison de ^{133}Ba sera organisée. La troisième comparaison restreinte et la comparaison à grande échelle utiliseront la même solution. Le NBS préparera trente ampoules de solution ; les contrôles de pureté seront faits par la PTB et le LMRI.

Mr Rytz fait un rapport sur l'activité de son groupe dans le domaine des étalonnages et des comparaisons. Depuis la dernière réunion de la Section II, quinze sources ont été préparées et étalonnées pour divers laboratoires. Mr Rytz fait remarquer que les comparaisons d'activité font apparaître des différences entre les méthodes de mesure, comme on peut le voir sur la figure 1 du rapport de la récente réunion de la Section II. Le BIPM travaille actuellement sur une nouvelle version du rapport de la comparaison de ^{137}Cs. Mr Rytz souligne que, grâce au SIR, on peut comparer les résultats d'un laboratoire donné aux résultats moyens des autres laboratoires. Par exemple, les étalons d'un laboratoire donné ont-ils tendance à se situer trop bas ?

Mr Rytz parle ensuite du Système international de référence et dit que ses résultats doivent être fiables sur plusieurs décades. Il faut donc effectuer des contrôles réguliers au moyen de sources de référence. La stabilité du SIR est meilleure que 5×10^{-4}, sans tendance systématique. Aucun problème de perte de pression n'est apparu avec les chambres d'ionisation (elles sont remplies d'azote à une pression de 2 MPa). On peut apprécier le développement du système d'après le nombre d'ampoules mesurées (400), le nombre de résultats indépendants (250), le nombre de radionucléides mesurés (42) et le nombre de participants (20). L'ensemble de tous ces résultats permet d'établir la courbe de sensibilité des chambres d'ionisation en fonction de l'énergie. C'est une courbe lisse, utile pour estimer les corrections dues aux impuretés.

Enfin, Mr Rytz présente les travaux qu'il a accomplis dans le domaine de la spectrométrie alpha auquel il s'intéresse particulièrement. Le spectromètre magnétique du BIPM est le seul au monde qui ait été conçu pour faire des mesures absolues d'énergie de particules alpha. Il reste environ douze émetteurs de particules alpha qu'il serait souhaitable de mesurer, car ils ne sont pas connus avec une exactitude suffisante.

Les plaques nucléaires, qui servaient de détecteurs de particules alpha, ont été remplacées par des films de nitrate de cellulose. Le seul

inconvénient des films, ce sont les distorsions dues au bain d'attaque. Par ailleurs, Mr Rytz constate une décroissance de l'énergie apparente de la source (de ^{239}Pu) avec l'âge, sur une période de quelques années. L'AERE a produit quatre sources de ^{236}Pu pour ces travaux et les a offertes au BIPM. Les valeurs des énergies des deux raies principales sont en accord avec des mesures plus anciennes faites au Lawrence Berkeley Laboratory et à l'Atomic Energy Institute I. V. Kourtchatov, Moscou, mais elles sont au moins dix fois plus précises. Les intensités relatives s'accordent seulement avec celles du Lawrence Berkeley Laboratory.

Mr Müller rappelle le principe de la méthode d'échantillonnage sélectif, qui est utilisée pour les mesures d'activité, et expose deux problèmes qui s'y rapportent et qu'il a étudiés récemment.

a) On peut maintenant prédire le temps de mesure nécessaire pour obtenir une précision statistique désirée pour l'activité d'une source donnée. Le domaine utile des taux de comptage pour cette méthode est assez étendu — jusqu'à 3×10^5 s^{-1} au moins. Avec nos paramètres expérimentaux usuels, la courbe de la précision présente un maximum plat pour des sources d'environ 10^5 Bq et, dans cette région, on peut atteindre une précision de 0,1 % en 2 minutes avec le convertisseur de vitesse mis au point récemment.

b) La mesure directe du taux de comptage β, N_β, devient difficile aux taux très élevés, car il peut se produire des pertes importantes de comptage qui proviennent de la chaîne électronique et qui ne peuvent pas être déterminées directement. Cependant, des mesures ont montré que ces pertes peuvent être décrites comme dues à un temps mort fictif dont on peut déterminer la valeur et le type au moyen d'un arrangement en série avec d'autres temps morts bien connus. De cette façon, on obtient N_β avec une exactitude suffisante (soit 0,2 %), même pour les taux de comptage les plus élevés.

Mr Müller a comparé expérimentalement la méthode d'échantillonnage sélectif à la méthode des coïncidences pour une série de sources de ^{60}Co et a trouvé un accord de quelques pour mille pour des activités pouvant atteindre 3×10^5 Bq, domaine où la méthode des coïncidences présente des difficultés. La méthode d'échantillonnage sélectif est maintenant utilisée au NPL et est en cours d'essai à la PTB ; d'autres laboratoires s'y intéressent également.

Ainsi, l'échantillonnage sélectif, qui est valable pour les taux de comptage élevés, complète harmonieusement la méthode des coïncidences, valable pour les taux de comptage faibles. De plus, elle est bien adaptée à la méthode de l'indicateur d'efficacité et elle présente un intérêt particulier pour l'étude de nucléides à états intermédiaires de courte durée.

Section III — Mesures neutroniques (Président : R. S. Caswell)

Mr Caswell résume les comparaisons internationales organisées par la Section III en les classant en trois catégories : les comparaisons de sources de neutrons, la deuxième série de comparaisons de mesures de débit de fluence de neutrons, et un domaine nouveau pour la Section III, les comparaisons de dosimétrie neutronique.

Deux comparaisons de mesures de taux d'émission de sources de neutrons de ^{252}Cf sont en cours. Le ^{252}Cf est une source très utilisée comme étalon de travail à cause de son intensité élevée et de son spectre de fission bien connu. La comparaison d'une source au taux d'émission de neutrons nominal de 10^7 s^{-1} a commencé en 1978 avec la source SR144 du NBS. Les mesures ont été faites par 12 laboratoires ; la plupart des participants ont fourni leur rapport et l'analyse doit être faite cette année par E. J. Axton (NPL). La comparaison de la source plus intense — 10^9 s^{-1} —, (SR255Z) fournie par le NBS, a été ralentie parce que, d'une part, la source a servi à faire d'autres mesures et, d'autre part, des problèmes de sécurité sont apparus au NPL dans la manipulation de la source en raison de son intensité. Ces problèmes sont maintenant résolus et on pense que les mesures seront terminées en 1983 et l'analyse, par W. Alberts (PTB), en 1984.

Mr Caswell indique que les nouvelles comparaisons de mesures de débit de fluence à cinq énergies (144 keV, 565 keV, 2,5 MeV, 5,0 MeV et 14,8 MeV) ont été entreprises dans deux buts : améliorer l'exactitude des mesures dans ce domaine et chercher des méthodes de transfert ou des instruments simples, fiables et exacts pour permettre d'effectuer des comparaisons par voie postale.

a) La première de ces comparaisons utilise la réaction $^{115}In(n,n')^{115}In^m$ et est coordonnée par H. Liskien (BCMN). Elle a lieu à 2,5, 5,0 et 14,8 MeV, et consiste à comparer l'activité γ induite d'un échantillon d'indium (métal) à une source étalonnée de ^{51}Cr. Onze laboratoires y ont participé et les mesures sont terminées. Les résultats sont cohérents à 2,5 et 5,0 MeV, où la section efficace de l'indium est grande. Mais d'importants problèmes dus aux neutrons diffusés sont apparus à 14,8 MeV, où la section efficace (n,n') est plus petite qu'aux faibles énergies; une étude plus approfondie est nécessaire. Cette méthode est satisfaisante pour les deux énergies les plus faibles (2,5 et 5,0 MeV), mais à 14,8 MeV elle est sans doute moins bonne que la méthode décrite en *b*).

b) La méthode utilisant l'activation d'échantillons de Nb/Zr sert pour les neutrons (d + T) de 14 à 14,8 MeV. Les activités induites des échantillons de niobium et de zirconium irradiés par un faisceau de neutrons, dont la fluence est déterminée par le participant, sont mesurées au NPL. Neuf laboratoires ont participé à la comparaison qui est organisée et analysée par V. E. Lewis (NPL). Les mesures et l'analyse sont terminées. Le rapport de l'activité du niobium et du zirconium

donne une mesure exacte de l'énergie moyenne de neutrons. Sur neuf participants, six sont d'accord, compte tenu de leurs écarts-types estimés, leur dispersion étant de 1,5 %, et deux sont environ 3 % au-dessus. Il semble que la méthode ait une exactitude convenable ; de plus, elle demande un effort minimal de la part des participants.

c) Mr Caswell dit que la comparaison utilisant la réaction $^{115}In(n,\gamma)^{116}In^{m}$ progresse. Elle est organisée par T. B. Ryves (NPL) dans les domaines d'énergies de neutrons de 144 keV et 565 keV. L'activité des feuilles est mesurée au moyen d'un compteur $4\pi\beta$ qui circule avec une source de contrôle de ^{60}Co. Sept laboratoires y participent. Les mesures se poursuivront en 1984.

d) La quatrième méthode de transfert utilise deux chambres à fission et convient pour les cinq énergies de neutrons, avec des sources de neutrons monocinétiques ou des sources « blanches ». Les instruments ont été conçus spécialement par D. B. Gayther (AERE) et contiennent respectivement du ^{235}U et du ^{238}U. Ils circulent actuellement parmi les neuf participants, BIPM compris. On estime que la comparaison se poursuivra jusqu'en 1985.

Mr Caswell indique que la Section III a projeté deux comparaisons de dosimétrie neutronique. La première utilise le faisceau intense de neutrons (d + T) de 14,7 MeV du NPL. Les mesures ont été faites à 3 cm en avant d'un fantôme d'eau cubique de 30 cm, et à des profondeurs de 5, 10 et 15 cm à l'intérieur de ce fantôme. Les participants ont utilisé des chambres d'ionisation à parois équivalentes au tissu pour mesurer la composante $n + \gamma$ des irradiations, et des chambres d'ionisation Mg-Ar ou des compteurs Geiger-Müller (GM) peu sensibles aux neutrons, ou les deux, pour mesurer la composante γ du rayonnement. Les chambres d'ionisation étaient étalonnées dans le faisceau de ^{137}Cs du NPL, ce qui permettait de comparer les résultats à ceux du laboratoire d'origine. Les sept participants comprennent quatre laboratoires d'étalonnage (BIPM, PTB, NPL, NBS), un groupe de la Communauté européenne (ENDIP-2) et deux hôpitaux (Hammersmith, London, et Western General, Edinburgh). Les mesures ont été terminées au printemps de 1983. Les rapports des participants et l'analyse de la comparaison sont en cours.

La deuxième comparaison de dosimétrie neutronique sera une comparaison à long terme organisée par le BIPM. Elle consistera à faire circuler des instruments de transfert et pourra, en principe, se faire dans n'importe quel champ neutronique. Les laboratoires qui ne peuvent pas participer à la comparaison du NPL pourront y être rattachés par l'intermédiaire du BIPM. Les instruments choisis par le BIPM sont la chambre d'ionisation à paroi équivalente au tissu (TE), Exradin T2, et la chambre d'ionisation Mg-Ar. Le protocole de la comparaison sera préparé en 1983 et le programme de mesure

commencera en 1984. Aucune date n'est fixée pour la fin de la comparaison.

Au cours de la discussion qui suit cet exposé, Mr Terrien souligne l'importance croissante de la dosimétrie neutronique et le besoin de mesures neutroniques dans des domaines nouveaux tels que l'énergie de fusion.

Mr Huynh décrit ensuite les travaux du BIPM dans le domaine des mesures neutroniques. Pendant les deux dernières années, l'effort a porté principalement sur la participation du BIPM aux comparaisons internationales et sur les mesures de dosimétrie neutronique. Mr Huynh signale qu'une méthode de transfert, comme celle qui utilise la réaction $^{115}In(n,n')^{115}In^{m}$, pourrait permettre au BIPM d'assurer un « service de contrôle de fluence de neutrons » en expédiant aux laboratoires intéressés des feuilles d'indium à irradier et des sources de référence de ^{51}Cr. Un Groupe de travail a été constitué par la Section III pour étudier cette question et sélectionner des méthodes de transfert adéquates.

Mr Huynh expose les études minutieuses qu'il a faites sur le fonctionnement des chambres d'ionisation, avec l'aide du groupe des rayons X et γ du BIPM. Ces études ont permis d'établir que les chambres Exradin sont actuellement les meilleurs instruments de transfert, avec une stabilité de quelques pour mille, ce qui est certainement suffisant. Il a aussi comparé les valeurs du kerma mesuré au BIPM à 14,65 MeV, avec la chambre TE et le compteur GM, à celles qu'on a obtenues à partir des mesures de fluence faites au BIPM et des facteurs de kerma de Caswell-Coyne-Randolph, et il a trouvé un accord de quelques pour mille. Pendant la comparaison de dosimétrie neutronique faite au NPL, Mr Huynh a comparé la sensibilité des chambres Exradin dans les champs neutroniques du NPL et du BIPM et, compte tenu des étalonnages de rayonnement gamma du NPL (^{137}Cs) et du BIPM (^{60}Co), il a trouvé un accord satisfaisant. La différence relative entre les sensibilités des deux compteurs GM au ^{60}Co et au ^{137}Cs est de 7 %. Mr Huynh remercie le NPL et V. E. Lewis de lui avoir donné l'occasion de prendre part à la comparaison de dosimétrie neutronique au NPL qui, selon lui, a été couronnée de succès.

Mr Allisy souligne que Mr Huynh a étudié la stabilité des chambres d'ionisation avec une exactitude dix fois meilleure qu'auparavant. La stabilité à long terme de l'instrument de transfert du BIPM sera contrôlée dans le faisceau de ^{60}Co du BIPM.

Par ailleurs, Mr Allisy est impressionné par la qualité des mesures du BIPM aux faibles débits de fluence de neutrons ; la grande différence de débit de fluence (entre le BIPM et le NPL) n'a pas causé de difficultés majeures. Il considère ce travail comme un exploit de la part de Mr Huynh.

2. Discussion des rapports du président du CCEMRI au CIPM et à la CGPM

Un certain nombre de suggestions sont faites pour améliorer ces rapports, surtout dans le but de rendre les travaux plus accessibles aux non-spécialistes et de mettre en lumière les besoins qui existent dans les différents domaines. Ainsi, il faudrait comparer l'exactitude requise et l'exactitude atteinte. Les raisons qui déterminent le choix d'un nucléide particulier pour une comparaison internationale doivent être spécifiées.

Mr Ambler suggère que l'on adopte pour tous les rapports au CIPM la méthode utilisée pour la première fois à cette réunion et qui consiste à expédier au BIPM, sur des « disquettes » compatibles, les projets de rapports dactylographiés dans d'autres laboratoires. On préparera la liste des machines de traitement de texte qui sont compatibles entre elles.

3. Divers

Mr Allisy signale qu'il serait souhaitable que le BIPM dispose de quelques bourses pour des étudiants qui préparent des thèses. Ceci offrirait l'avantage d'un apport de sang nouveau et de continuité au BIPM, pour un coût modeste. Mr Ambler est en faveur de la proposition. Des dispositions similaires ont donné de bons résultats au NBS, même pendant les périodes difficiles. Tous les membres sont d'accord pour qu'une proposition soit faite par le CCEMRI, ce qui veut dire que Mr Giacomo est chargé de la présenter au CIPM.

E. J. Axton (NPL) est responsable d'un Groupe de travail de la Section III. Comme il doit prendre sa retraite bientôt, il faudra trouver un financement pour lui permettre d'assister aux réunions du groupe.

Mr Ambler remercie toutes les personnes présentes pour leur participation active aux travaux du CCEMRI.

La séance est ensuite levée.

Juillet 1983, révisé novembre 1983

RAPPORT
DU
COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS
(9e session — 1984)
AU
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

par D. T. GOLDMAN, rapporteur

Le Comité Consultatif des Unités (CCU) a tenu sa 9e session au Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres; quatre séances ont eu lieu les 19 et 20 juin 1984.

Étaient présents :

J. DE BOER, Secrétaire du CIPM, président du CCU.
H. H. JENSEN, Secrétaire adjoint du CIPM.

Les délégués des laboratoires et organismes membres :

Commission Électrotechnique Internationale [CEI] : Comité d'Études N° 25 (Mme E. HAMBURGER, D. T. GOLDMAN).
Commission Internationale de l'Éclairage [CIE] (J. TERRIEN, H. MOREAU).
Conseil National de Recherches du Canada [NRC], Ottawa (H. PRESTON-THOMAS).
International Commission on Radiation Units and Measurements [ICRU] (A. ALLISY).
National Bureau of Standards [NBS], Gaithersburg (D. T. GOLDMAN).
National Physical Laboratory [NPL], Teddington (O. C. JONES, R. J. BELL).
National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Ibaraki (K. MITSUI).
Organisation Internationale de Métrologie Légale [OIML] (F. ROTTER).
Organisation Internationale de Normalisation [ISO] : Comité Technique 12 (A. J. THOR).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig (S. GERMAN).
Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée [UICPA] : Commission STU (N. KALLAY).

L'un des membres nominativement désignés :

L. VILLENA, Madrid.

Le directeur du BIPM (P. GIACOMO).

Assistaient aussi à la session : T. J. QUINN, sous-directeur du BIPM, R. P. HUDSON (BIPM).

Excusé : M. L. MCGLASHAN, membre nominativement désigné.

Absents : Comité d'État de l'U.R.S.S. pour les Normes [GOST], Moscou; Institut National de Métrologie [NIM], Beijing; Union Internationale de Physique Pure et Appliquée [UIPPA] : Commission SUN-AMCO.

Le président souhaite la bienvenue aux participants et il les présente. Mr Goldman est désigné comme rapporteur, assisté de R. P. Hudson comme secrétaire.

L'ordre du jour proposé est adopté. Le point 5, Questions diverses, comprend : carat, masse/poids, grandeurs logarithmiques, litre (L ou l) et mole.

1. Modifications à apporter à la brochure sur le SI

1 *a*. Nouvelle définition du mètre

En 1983, la 17e CGPM a adopté une nouvelle définition de l'unité de base de longueur, le mètre. Il est donc demandé au CCU de modifier en conséquence la brochure sur « Le Système International d'Unités (SI) ». Le CCU est convenu d'apporter à la page 7 de la 4e édition la modification suivante : Remplacer les six premières lignes après le sous-titre II.1.1. *Définitions* par :

> « La définition du mètre fondée sur le prototype international en platine iridié, en vigueur depuis 1889, avait été remplacée par la 11e CGPM (1960) par une définition fondée sur la longueur d'onde d'une radiation du krypton 86.
>
> Afin d'augmenter la précision de la réalisation du mètre, la 17e CGPM (1983) a remplacé cette dernière définition par la suivante :
>
> Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la

lumière pendant une durée de 1/299 792 458 de seconde (17e CGPM (1983), Résolution 1).

L'ancien prototype international du mètre... ».

Reprenant une suggestion faite antérieurement par Mr Vigoureux, Mr Jones soulève la question de savoir si la définition de la seconde devrait précéder celle du mètre. Cette proposition n'a pas rencontré d'appui.

Mr Kallay soulève la question des formes différentes que présentent les définitions des unités de base. Le président rappelle que cela a fait l'objet de discussions lors de la précédente réunion du CCU et le Comité en était arrivé à la conclusion que :

a) les unités ont effectivement des définitions de type différent;

b) des raisons historiques militent contre toute modification de ces définitions.

On fera figurer à l'Annexe I de la brochure sur le SI (p. 40 de la 4e édition) le texte complet des Résolutions 1 et 2 de la 17e CGPM :

Résolution 1

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant

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

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

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

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

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

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

que ces diverses formes, faisant appel soit au trajet parcouru par la lumière dans un intervalle de temps spécifié, soit à la longueur d'onde d'une radiation de fréquence mesurée ou de fréquence spécifiée, ont fait l'objet de consultations et de

discussions approfondies, qu'elles ont été reconnues équivalentes et qu'un consensus s'est dégagé en faveur de la première forme;

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

décide

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

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

RÉSOLUTION 2

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

invite le Comité International des Poids et Mesures

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

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

à poursuivre les études entreprises pour améliorer ces étalons.

A la page 28 de la brochure actuelle on ajoutera une note à la définition (1960) du mètre fondée sur le krypton 86 indiquant que cette définition a été abrogée en 1983.

Il est décidé que la mise en pratique de la définition de l'unité de longueur qui figure à l'Annexe II (p. 41) doit être celle qui a été décrite dans *Metrologia*, **19**, 1984, pp. 164-166. Il conviendra toutefois d'y ajouter une phrase d'introduction.

1 *b*. Grandeurs sans dimension

On discute longuement sur la modification à apporter à la Remarque de la page 13 de la brochure, qui concerne les grandeurs sans dimension. Il est convenu que cette Remarque deviendra un paragraphe normal avec un titre spécifique, « Grandeurs sans dimension », et que la phrase suggérée dans le document CCU/84-7, paragraphe 4, « sont définies comme le rapport de deux grandeurs comparables », sera ajoutée à la première phrase du paragraphe. Mr Thor soulève la question de l'emploi des préfixes SI avec l'unité « 1 ». On n'est parvenu à aucune conclusion sur ce point mais il est décidé de soumettre cette question à l'ISO/TC 12 en sollicitant l'avis de ce comité.

La discussion passe ensuite à la possibilité d'incorporer l'unité dérivée « 1 » dans l'un des tableaux donnant la liste des unités dérivées (tableaux 2, 3 et 4). On reconnaît que ni le tableau 3 ni le tableau 4 ne conviennent car ces deux tableaux concernent les unités dérivées SI qui ont des noms spéciaux. Après avoir envisagé plusieurs façons d'inclure effectivement « 1 » dans le tableau 2, le CCU décide de laisser le tableau 2 tel qu'il est mais de remplacer (en français) le nom de l'unité « 1 par mètre » par « mètre à la puissance moins un ».

1 *c*. Unités supplémentaires

Comme cela a été proposé dans le document CCU/84-7, paragraphe 1, une modification rédactionnelle sera faite au premier paragraphe de la page 6 et on remplacera la dernière partie de la phrase par « qui contient les unités SI d'angle plan et d'angle solide (*voir* II.3, p. 13) ».

Il s'ensuit une longue discussion sur la façon d'incorporer le statut des unités supplémentaires comme unités dérivées sans dimension dans la brochure du SI. On se met d'accord sur plusieurs modifications à apporter :

> Ajouter une autre colonne au tableau 5, Unités SI supplémentaires, dont le titre sera « expression en unités SI de base ». L'expression pour l'angle plan sera « $m.m^{-1} = 1$ » et pour l'angle solide, « $m^2.m^{-2} = 1$ ».

On supprimera la première phrase qui suit le tableau.

Le reste du texte qui suit le tableau 5 sera placé avant le tableau 5 et sera modifié comme suit :

> « Considérant que l'on exprime généralement l'angle plan comme le rapport entre deux longueurs et l'angle solide comme le rapport entre une aire et le carré d'une longueur, et afin de maintenir la cohérence interne du Système International, fondé sur sept unités de base seulement, le CIPM (1980) a précisé que, dans le Système International, les grandeurs angle plan et angle solide sont considérées comme des grandeurs dérivées sans dimension et que, par conséquent, les unités supplémentaires radian et stéradian sont des unités dérivées sans dimension. »

Après le tableau 5, on introduira le texte suivant :

> « Ces unités supplémentaires peuvent être utilisées dans les expressions des unités dérivées, afin de faciliter la distinction entre des grandeurs de nature différente, ayant la même dimension. Des exemples de l'utilisation des unités supplémentaires pour former des unités dérivées sont donnés dans le tableau 6. »

Au cours de la discussion, on a étudié les documents CCU/84-3 et 84-5. Ils se rapportent à l'utilisation des unités supplémentaires dans l'expression des grandeurs mécaniques et photométriques. Le Comité est unanime pour dire que les unités supplémentaires ne devraient être introduites dans l'expression des unités dérivées que lorsqu'il y a une raison évidente de le faire.

Mr Jones soulève la question de définir le concept des unités dans la brochure, pour insister sur la nature scalaire de celles-ci. Il suggère que cela pourrait aider à clarifier le concept d'unités supplémentaires comme unités dérivées sans dimension. Comme autre façon de procéder, il suggère d'ajouter une marque distinctive aux symboles d'unité lorsque ceux-ci sont utilisés pour exprimer des grandeurs vectorielles afin d'éviter toute confusion entre des grandeurs telles que « power density » et « spectral radiance » ($W \cdot m^{-3}$). De la même façon il préfère « m/m » à « 1 » comme symbole pour l'unité d'angle plan. Le président déclare qu'il n'est pas nécessaire de traiter du caractère vectoriel des grandeurs et qu'il y a une limite aux détails que l'on peut donner dans la brochure pour expliquer les concepts du calcul des grandeurs. Mr Quinn estime que le souci de précision de Mr Jones pourrait être satisfait en incorporant dans la brochure la proposition faite au paragraphe 3 du document CCU/84-7. En tenant compte de modifications rédactionnelles, cela a pour conséquence de modifier les paragraphes qui suivent le tableau 4 (p. 12) de la façon suivante :

> « Ainsi qu'on l'a mentionné à la fin du paragraphe I.2 (p. 6) un même nom d'unité SI peut correspondre à plusieurs grandeurs différentes : par exemple, dans les tableaux ci-dessus, où l'énumération des grandeurs citées ne doit pas être considérée comme limitative, le joule par kelvin (J/K) est l'unité SI pour la grandeur capacité thermique aussi bien que pour la grandeur entropie, de même que l'ampère (A) est l'unité SI pour la grandeur de base courant électrique aussi bien que pour la grandeur dérivée force magnétomotrice. Le nom de l'unité ne suffit donc pas pour faire connaître la grandeur mesurée; en particulier, les appareils de mesure devraient porter non seulement l'indication de l'unité mais aussi l'indication de la grandeur mesurée. »
>
> « Une unité dérivée peut souvent s'exprimer de plusieurs façons différentes en utilisant des noms d'unités de base et des noms spéciaux d'unités dérivées : par exemple, au lieu de joule on peut écrire newton mètre ou bien kilogramme mètre carré par seconde carrée. Néanmoins cette liberté algébrique est limitée par des considérations physiques de bon sens. »
>
> « En pratique, on emploie de préférence certains noms spéciaux d'unités ou certaines combinaisons d'unités avec certaines grandeurs, afin de faciliter la distinction entre des grandeurs ayant la même dimension. Par exemple, on appelle l'unité SI de fréquence hertz,

plutôt que seconde à la puissance moins un et on appelle l'unité SI de moment d'une force newton mètre, plutôt que joule. »

« Dans le domaine des rayonnements ionisants, on appelle de même l'unité SI d'activité becquerel, plutôt que seconde à la puissance moins un, et on appelle l'unité SI de dose absorbée et l'unité SI d'équivalent de dose gray et sievert, respectivement, plutôt que joule par kilogramme. »

1 *d.* Photométrie

Les documents CCU/84-3 et CCU/84-12 exposaient différents points de vue sur la nécessité d'inclure le stéradian dans l'expression des grandeurs photométriques. Le CCU choisit d'adopter la proposition, faite au paragraphe 2 du document CCU/84-7, de remplacer la note de bas de page (*b*) du tableau 3 par la note suivante :

« (*b*) En photométrie, on maintient le symbole sr dans les expressions des unités (*voir* II.3, p. 13) ».

1 *e.* Autres modifications

Page 5, I.2., second paragraphe, seconde ligne, ajouter « d'unités » après « système ».

Page 6, lignes 11 et 12, ajouter « le nom de » avant « cette unité » et remplacer « une même unité » par « un même nom d'unité ».

Page 11, on a retiré une proposition faite qui visait à éliminer la température Celsius.

Page 12, supprimer « intensité » de telle façon que les expressions anglaise et française « courant électrique » soient équivalentes.

Page 14, Mr Thor demande pourquoi les deux notations N·m et N.m sont autorisées. Il lui est répondu qu'il s'agit d'une recommandation de l'ISO/TC 12.

Page 15, III.2, remplacer « Suivant » par « En accord avec ».

Page 17, Mr Thor propose de remplacer ′ et ″ dans le tableau 8 par des décimales. Il suggère de mettre une note de bas de page semblable à celle qui existe dans le Recueil de normes ISO 2 : « Il est préférable de diviser le degré de façon décimale ». Le président demande à l'ISO/TC 12 d'étudier s'il est souhaitable de transférer ′ et ″ au tableau 10.

Page 18, tableau 10, la valeur du bar en unité SI devrait être 1 bar = 10^5 Pa = 100 kPa.

On a noté plusieurs corrections rédactionnelles qui s'imposent.

Mr Goldman fait remarquer qu'il y a une confusion possible entre les deux différents sens de « quantity » en anglais, alors qu'en français on peut distinguer « grandeur » ou « quantité »; en conséquence il demande si l'on peut changer le titre de la première colonne des tableaux 1, 2, 3, 3 *bis*, 4 et 6

et indiquer « grandeur physique », ce qui pourrait être traduit par « physical quantity » ? Il apparaît que la situation n'est pas aussi tranchée en français (voir par exemple, « quantité d'électricité » au tableau 3). Le président propose que ce point soit encore étudié.

1 *f*. Publication bilingue

On discute pour savoir s'il est souhaitable de publier une version en anglais de la brochure en français sur le SI. La question a été soulevée à la 17e CGPM en octobre 1983 par Mr Athané, directeur de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) et, à l'époque, Mr de Boer a répondu que le CCU l'étudierait lors de sa prochaine session (*voir* CCU/84-9).

Les arguments en faveur d'une traduction en langue anglaise reflètent l'existence comparable de versions officielles bilingues anglais-français d'autres documents internationaux. Les arguments opposés font appel au coût supplémentaire et au fait que des traductions en anglais, approuvées, ont été publiées dans le passé et le seront selon toute vraisemblance dans l'avenir.

Le président demande au BIPM et au CIPM d'étudier la façon dont une traduction en anglais pourrait être effectuée et son coût.

2. Gray et sievert

Lors de la précédente session (*BIPM Com. Cons. Unités,* **8**, 1982, pp. U10-12) on a déjà discuté de l'éventuelle confusion que l'on peut faire lorsque l'on veut comprendre la différence entre les unités gray et sievert qui sont employées pour les rayonnements et qui toutes deux sont par définition égales au joule par kilogramme. Le document CCU/84-1 propose d'inclure deux notes au bas des pages 38 et 39, respectivement, à propos du gray et du sievert, qui expliciteraient l'emploi de ces deux unités de rayonnement. La note au bas de la page 39 s'inspirerait de la « note des traducteurs » qui figure dans la traduction en anglais de la 4e édition de la brochure sur le SI. Considérant qu'il existe une confusion au sujet du nom spécial sievert, adopté par la 16e CGPM pour l'unité SI d'équivalent de dose, le CCU recommande donc au CIPM de décider d'ajouter, dans la brochure, la note suivante à la Résolution 5 de la 16e CGPM [1] :

> « Il convient de remarquer que la grandeur équivalent de dose H est le produit de la dose absorbée D de rayonnements ionisants et des

---

[1] Une version légèrement modifiée a été approuvée par le CIPM à sa 73e session (octobre 1984).

facteurs sans dimension Q (facteur de qualité) et N (produit de tous les autres facteurs de multiplication) prescrits par l'International Commission on Radiological Protection. Ainsi, pour une irradiation donnée, les valeurs numériques en joules par kilogramme de ces deux grandeurs D et H peuvent être différentes l'une de l'autre selon la valeur de Q et de N. Afin d'éviter tout risque de confusion, il faut employer les noms spéciaux pour les unités correspondantes, c'est-à-dire qu'il faut exprimer D en grays et H en sieverts. »

Le CCU décide aussi d'ajouter la note suivante à la Résolution 9 de la 15e CGPM :

« Lors de sa session de 1976, le CIPM a approuvé le rapport de la 5e session du CCU, spécifiant que, conformément à l'avis de l'ICRU, on peut aussi utiliser le gray pour exprimer l'énergie communiquée massique, le kerma, et l'indice de dose absorbée. »

3. La dioptrie

Mr Goldman présente le document CCU/84-2, qui transmet une requête de F. Dow Smith, de la part de l'ANSI 280 Committee on Ophthalmic Optics, demandant que la dioptrie, égale au mètre à la puissance moins un, soit adoptée comme unité SI pour la grandeur puissance optique ou vergence. Des lettres appuyant cette demande ont été présentées au Comité. Toutefois, le CCU estime que les arguments en faveur de l'introduction de cette unité dans le SI ne sont pas suffisants pour l'emporter sur le point de vue exprimé dans la Résolution 5 de la 16e CGPM « ... que la prolifération des noms spéciaux représente un danger pour le Système International d'Unités et doit être évitée dans toute la mesure du possible,... ».

Les personnes qui avaient appuyé cette demande seront informées de cette décision.

4. Vocabulaire international de métrologie

Le CCU est informé de la publication du Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie sous les auspices du BIPM, de la CEI, de l'ISO et de l'OIML. P. Giacomo, directeur du BIPM, a présidé le groupe de travail conjoint qui a préparé ce document. Une seconde édition, comportant davantage de termes, sera publiée ultérieurement.

5. Divers

5 *a.* Le carat métrique

Mr Rotter présente le document CCU/84-8; il s'agit d'une demande qui lui a été faite par Mr Athané d'étudier un symbole recommandé pour l'unité carat métrique (0,2 g). C'est une unité déconseillée, mais elle est d'un usage très courant en joaillerie. Le CCU décide de ne pas prendre position sur cette question puisque cette unité ne fait pas partie du SI.

5 *b.* Masse et poids

Le document CCU/84-10 est une lettre de Mr Sokol, président émérite et rédacteur de l'U.S. Metric Association Inc., à Mr Athané. Dans cette lettre, Mr Sokol exprime son regret de ce que l'OIML n'a pas « estimé nécessaire ni même souhaitable de déconseiller l'emploi du mot « poids » dans le sens de masse ».

La question de l'emploi du mot « poids » a été discutée lors de la précédente session du CCU (*BIPM Com. Cons. Unités,* **8,** 1982, pp. U6-U7). A propos de l'emploi de masse et poids aux États-Unis d'Amérique, Mr Goldman fait part au Comité du souci exprimé par l'American National Metric Council que le « Metric Editorial Guide » publié par cet organisme indique l'usage convenable. Après avoir reçu de très nombreux commentaires, l'ANMC est parvenue à une recommandation de compromis qui figure dans la 4e édition (1984) du Guide.

5 *c.* Grandeurs logarithmiques

On discute de la question d'introduire de façon spécifique les grandeurs logarithmiques dans le SI, mais le Comité décide de ne rien faire pour le moment.

5 *d.* Symbole du litre

Par sa Résolution 6 la 16e CGPM (1979) a adopté les deux symboles l et L pour le litre, mais elle a invité le CIPM à suivre le développement de l'usage de ces deux symboles pour donner son avis sur la possibilité de supprimer l'un des deux. Sur une suggestion du président, le CCU décide de ne pas ouvrir la discussion sur cette question car il est prématuré de prendre une décision.

5 *e.* La mole

Une demande d'examen de la formulation de la définition de la mole a été retirée.

5 *f.* Publication des documents

Mr Preston-Thomas suggère que le soin soit laissé au président et au secrétaire du CCU de choisir les documents de travail soumis à la présente session qui devraient être publiés en annexe du rapport. Mr Terrien exprime l'opinion que Mr de Boer et Mr Giacomo peuvent fort bien assumer la charge d'apporter toute amélioration rédactionnelle supplémentaire qui s'impose dans la révision de la brochure sur le SI.

*
* *

Le président remercie le directeur et le personnel du BIPM pour l'hospitalité qu'ils ont offerte au CCU. Les membres du CCU expriment au président leur reconnaissance pour la manière efficace et fructueuse dont il a mené les débats.

Septembre 1984

ANNEXE U 1

Documents de travail présentés à la 9e Session du CCU

Document CCU/

84-1 Lettre de T.R. Crites, Lawrence Livermore Laboratory, à D. T. Goldman, NBS, concernant le gray et le sievert, ainsi que réponse de Mr Goldman.

84-2 Lettre de F. Dow Smith, Président du New England College of Optometry, à D. T. Goldman à laquelle est joint un document proposant la dioptrie comme unité SI.

84-3 Note de D. T. Goldman transmettant un document de J. C. Richmond, NBS, en retraite, sur l'emploi du symbole Ω_0 pour dénoter l'unité d'angle solide, avec des indications sur une révision des « Standards for Metric Practice » (document ASTM E-380) et en particulier de la section 3.4.4 concernant le torque et les grandeurs apparentées.

84-4 BIPM. — Corrections à la brochure « Le Système International d'Unités (SI) » proposées par P. Giacomo.

84-5 Correspondance entre Ralph Huntley, membre de l'ASTM Committee E-43 on Metric Practice, et Mr Giacomo comprenant une copie *a*) d'une déclaration de l'American Association of Physics Teachers (AAPT) présentant ses objections à la révision envisagée de l'ASTM E-380 à propos du torque, etc., et *b*) de l'approbation par le Governing Board of the American Institute of Physics de la Résolution de l'AAPT, transmise par son président, Norman F. Ramsey, à de nombreuses institutions scientifiques et techniques des États-Unis d'Amérique.

84-6 OIML. — Remarques de F. Rotter sur la présentation des unités SI radian et stéradian dans la brochure « Le Système International d'Unités SI ».

Document CCU/

84-7 Corrections à la brochure sur le SI proposées par J. de Boer.

84-8 OIML. — Copie d'une lettre de B. Athané, directeur, à Mr Rotter transmettant une demande du Comité européen des constructeurs d'instruments de pesage en vue de l'adoption sur le plan international d'un symbole pour le carat.

84-9 Extrait (page 74) de *BIPM Comptes Rendus 17e Conf. Gén. Poids et Mesures,* 1983, concernant une demande faite par Mr Athané d'une édition bilingue (français-anglais) de la prochaine édition de la brochure sur le SI.

84-10 Lettre de Louis F. Sokol, U.S. Metric Association Inc., à Mr Athané déplorant la position prise par l'OIML de ne pas déconseiller l'emploi de « poids » dans le sens de « masse ».

84-11 NPL. — Lettre de O. C. Jones à Mr Giacomo, transmettant la copie d'une note publiée par Mr Jones dans *Physics Bulletin* demandant si le SI doit tenir compte des grandeurs vectorielles.

84-12 CIE. — Commentaire de J. Terrien sur le Document CCU/84-3.

84-13 ISO/TC 12. — Remarque sur les unités pour les grandeurs sans dimension, par A. Thor.

84-14 NPL. — Do we need vector units ?, par O. C. Jones.

84-15 Projet de la note destinée à précéder les tableaux 3, 3 *bis* et 4 dans la prochaine édition de la brochure sur le SI.

84-16 ISO. — Angle and solid angle as base quantities; consequences for ISO 31, par l'ISO/TC 12 Secretariat.

84-17 Extrait de *BIPM Com. Cons. Unités,* **8,** 1984, pp. U 11-U 12, sur la différence entre les grandeurs équivalent de dose (*H*) et dose absorbée (*D*).

NOTICES NÉCROLOGIQUES

ALLEN V. ASTIN
(1904-1984)

Le 28 janvier 1984, les États-Unis d'Amérique ont perdu l'un de leurs scientifiques les plus distingués en la personne de Allen V. Astin, ancien directeur du National Bureau of Standards (NBS). De 1952 à 1969, alors qu'il était directeur du NBS, A.V. Astin a insufflé à cette institution, qui traversait une période critique de son histoire, un esprit de dévouement constant dédié à la compétence et l'intégrité. Il a suscité des efforts concertés en vue de mieux faire comprendre, d'étendre et de perfectionner l'organisation de la métrologie à l'échelon national et de faire largement prendre conscience du fait que la précision des mesures constitue un facteur essentiel de croissance économique et de réussite technique.

En sa double qualité d'administrateur et de scientifique, l'accent qu'il a mis sur la nécessité d'avoir des laboratoires de haut niveau à l'échelle fédérale a permis de mieux faire apprécier l'importance du rôle que peuvent jouer les scientifiques et les ingénieurs dans l'administration du pays.

A l'époque où A. V. Astin a été nommé directeur, les travaux du NBS étaient fortement entravés par l'exiguïté d'installations mal adaptées. En 1955, il commença à concevoir les plans d'un complexe de laboratoires modernes sur un terrain de 230 hectares situé près de Gaithersburg (Maryland). Ces nouvelles installations constituent un ensemble unique et centralisé de laboratoires de recherche, au service des autres administrations gouvernementales et de la collectivité scientifique et industrielle.

Né à Salt Lake City (Utah) en 1904, A. V. Astin suivit les cours de l'Université de l'Utah (B. S. Physics) et de l'Université de New York (MS. and PH. D. Physics). Il reçut également le titre de Docteur honoris causa des Universités Lehigh, George Washington et de l'Université de New York.

De 1930 à 1932, il travailla au NBS comme chercheur associé du National Research Council et de la Utilities Research Commission Inc. A. V. Astin fut engagé au NBS en 1932. Il y travailla principalement sur les diélectriques et l'instrumentation électronique. Vers la fin de l'année 1940, lorsque les ressources du NBS furent mobilisées au service de la défense, il rejoignit le groupe de chercheurs qui commençaient à travailler sur les fusées de proximité. Il fut mis à la tête de la Section des fusées optiques en 1943, adjoint au directeur de l'Ordnance Development Division en 1944 et directeur de cet organisme en 1948. A. V. Astin fut nommé directeur adjoint du NBS en mai 1950, puis directeur par intérim en octobre 1951 et directeur en juin 1952.

En tant que directeur il joua un rôle personnel énergique dans les milieux internationaux qui étudient et mettent au point les étalons de mesure utilisés dans le monde entier. Il siégea au Comité International des Poids et Mesures et représenta

le Gouvernement des États-Unis d'Amérique lors des réunions de la Conférence Générale des Poids et Mesures qui se tinrent entre 1951 et 1967. Son rôle fut déterminant dans la préparation du projet et l'obtention de l'appui financier en vue de la création de la section des rayonnements ionisants au Bureau International des Poids et Mesures. Ce laboratoire joue maintenant le rôle de laboratoire mondial de référence pour les étalons de mesure des rayonnements α, β, γ et des rayons X.

Il mit toute son autorité de directeur du NBS dans la balance lorsqu'il s'est agi de définir les unités usuelles américaines de masse, de longueur et de volume en fonction des unités métriques acceptées à l'échelle internationale. Il était fortement en faveur du système d'adoption volontaire des normes américaines pour l'industrie et les produits manufacturés. Il faisait partie du conseil de direction de l'American National Standards Institute; son action y reçut pleine reconnaissance lorsque son nom fut lié à celui d'un prix attribué à des activités internationales en faveur des normes, le « Astin-Polk Award ».

A la tête d'un grand laboratoire du Gouvernement américain, il sut orienter les efforts faits pour renouveler le système de recrutement de fonctionnaires parmi les scientifiques et les ingénieurs.

Pour ses services rendus il reçut, entre autres distinctions, le « Presidential Certificate of Merit », « His Majesty's Medal for Service in the Cause of Freedom », la médaille d'or du « Commerce Department » pour services exceptionnels, le « Eli Whitney Memorial Award », le « Rockefeller Public Service Award », la « Standards Medal » et le « Astin-Polk International Standards Award » de l'American National Standards Institute. En 1977, il fut nommé officier de la Légion d'Honneur pour le rôle qu'il joua pendant six ans comme coordonnateur du programme de coopération scientifique entre les États-Unis et la France.

En reconnaissance de sa contribution à la science il fut élu membre de la National Academy of Sciences. Il faisait partie de l'American Physical Society, l'Institute of Radio Engineers, l'Institute of Electrical and Electronics Engineers, l'American Institute of Aeronautics and Astronautics et l'American Philosophical Society.

E. L. Brady
NBS

Luiz CINTRA DO PRADO
(1904-1984)

Luiz Cintra do Prado est décédé le 28 février 1984 à São Paulo, à l'âge de 80 ans. Une longue vie consacrée depuis sa jeunesse à l'enseignement universitaire, à l'encouragement des études scientifiques parmi ses compatriotes et à la réalisation de projets d'intérêt national, lui a acquis à plusieurs titres la reconnaissance de son pays, le Brésil.

Il fit ses études secondaires et universitaires à São Paulo. D'abord ingénieur civil, sa vocation scientifique l'incita à poursuivre des études supérieures et il obtint le grade de Docteur en Sciences Physiques de l'Université de São Paulo en 1934. Après un stage de perfectionnement à l'Université de Paris, il revint au Brésil où il commença une longue carrière dans l'enseignement, comme professeur de physique générale. Il devint vice-recteur de l'Université de São Paulo en 1953. Membre de l'Académie brésilienne des Sciences depuis 1951, il en fut le vice-président de 1959 à 1965.

Son activité de professeur l'avait conduit à approfondir tous les domaines de la physique, ou peu s'en faut. Les cours de physique qu'il a enseignés à l'Université de São Paulo, à l'École Polytechnique dont il fut directeur après en avoir été l'élève, à la Faculté d'Architecture et d'Urbanisme et à la Faculté de Philosophie, Sciences et Lettres forment un ensemble impressionnant. Si la métrologie et les applications de l'énergie nucléaire tiennent la place principale dans ses autres publications, on y trouve aussi, de façon permanente, des articles sur la responsabilité économique et sociale de l'ingénieur et du chercheur scientifique, des biographies d'illustres inventeurs, comme « Edison e os ensinamentos de sua vida » ou « Costa Ribeiro, cientista e humanista », des articles proprement philosophiques : « Em tôrno do Confucianismo », « Economia e Humanismo », « Idealismo e Materialismo », « Visão Differente da Nosso Planeta » et même un article d'histoire religieuse « A Cronologia da Paixão e os Manuscritos de Kumran ». Véritable humaniste, il avait une connaissance raffinée de la langue et de la culture française.

Il participa à de nombreux événements d'importance nationale, parmi lesquels la fondation, en 1948, de la Sociedade Brasiliera Para o Progresso da Ciência, dont l'influence sur les décisions du gouvernement brésilien s'est révélée remarquablement puissante au cours des années, chaque fois qu'il s'est agi de fournir un appui à des activités scientifiques.

Sur le plan international, Luiz Cintra do Prado a exercé aussi une activité importante. Il fut gouverneur au Conseil d'administration de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (1957-1971) et membre du Comité Scientifique Consultatif des Nations Unies (1960-1971).

L'intérêt de Luiz Cintra do Prado pour la métrologie était de longue date. Depuis sa participation en tant que membre de la Comissão Nacional de Metrologia, dès 1938, jusqu'à la fonction de Conseiller qu'il exerçait depuis 1972 auprès de l'Instituto Nacional de Pesos e Medidas, intégré aujourd'hui au florissant INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalizaçao e Qualidade Industrial), son avis a été toujours demandé et respecté.

Luiz Cintra do Prado fut élu par cooptation au Comité International des Poids et Mesures en 1967, alors qu'il était Président de la Comissão Nacional de Energia

Atômica à Rio de Janeiro. Au Comité, sa collaboration a été permanente et précieuse. Ses collègues garderont le souvenir de sa personnalité aimable ainsi que de la pondération de son jugement. Sa participation aux travaux du Comité a sans aucun doute contribué à l'amélioration et à l'intensification des activités métrologiques en Amérique du Sud.

Les mérites de Luiz Cintra do Prado ont été dûment reconnus. En plus du titre de Professeur Emérite à l'École Polytechnique de l'Université de São Paulo, il fut distingué comme « Insigne Engenheiro do Ano » (1965, Instituto de Engenharia, São Paulo), et élevé en 1966 à la dignité de Grande Oficial da Ordem do Infante Dom Henrique, par le Portugal.

R. Steinberg
Novembre 1984

INDEX

Balances (*voir* Masses)
Base géodésique (fils et invar), 43
Bâtiments
  lasers, 14, 38; inauguration, 13
  travaux et réparations (Grand Pavillon, dépendances), 38
BIH, 2, 5
BIPM (rôle dans les années 1980), 7

Carat métrique (*voir* Unités)
Certificats et Notes d'étude, 88
Comités consultatifs
  composition, 22, 32
  Électricité, décès (H. J. Schrader), 1; rapport, E1
  Étalons de mesure des rayonnements ionisants, rapport, R1
  réunion des présidents, 6
  réunions futures, 24
  Thermométrie, 2, 19
  Unités, 2, 21; rapport, U1
Comité International
  bureau du, 2, 3; élection du, 27
  composition, VII
  décès (Z. Yamauti, A. V. Astin, L. Cintra do Prado), 1
  démissions (J. V. Dunworth), 1, (B. Guinot), 2
  lettre de J. V. Dunworth, 27; réponse de Mr Kind, 29 et de Mr de Boer, 29
  prochaine session, 30
  rapport du secrétaire, 2
  sièges vacants, 26
Comparaisons internationales
  de ^{109}Cd, 75
  de ^{133}Ba, 74, R8, R9
  de ^{137}Cs, 74, R8, R9
  dosimétrie neutronique, 17, 18, 83, R11, R12
  étalons à traits, 41
  étalons électriques, 63, E4
  étalons d'exposition en radioprotection, R4
  grandeurs aux radiofréquences, E14; directives concernant le déroulement, E21
  Kilogrammes prototypes en platine iridié, 50
  participation de laboratoires privés, E7
  rayons X et γ, 16, 71, R6
  rayonnement γ du ^{60}Co, 16, 71
  règles divisées, 14, 41

Définition du mètre, U2
Dépôt des prototypes métriques (visite du), 19
Dioptrie (*voir* Unités)
Dosimétrie
  dose absorbée, 17, R6
  Fricke, R3, R7
  neutronique, 17, R12

Échantillonnage sélectif (méthode d') (*voir* Radionucléides)
Échelle Internationale Pratique de Température (*voir* Thermométrie)
Électricité, 16, 63, E1
  comparateur automatique de piles étalons, 65
  comparateur cryogénique de courants, 67
  conservation et transfert de $V_{76\text{-BI}}$, 65
  constante $2e/h$, E2
  effet Hall quantique, 16, 67, E6
  effet Josephson, 16, 65, E3
  expression des incertitudes de mesure, E7
  rattachement de Ω_{BIPM} à Ω_{SI}, 16
  réalisation de l'ohm à partir de h/e^2, E6
Électrons, 73
Étalons
  électricité, 16, 65; de tension à diode de Zener, 66
  longueur
    à bouts plans, 42
    à traits, 15
    fils géodésiques, 15
  masse, 50
  rayonnements γ (^{137}Cs et ^{60}Co), R13

Gravimétrie, 15, 58
  gravimètre absolu transportable, 58
  marée gravimétrique, 59
Gray (*voir* Unités)
Groupes de travail
  pour les grandeurs aux radiofréquences, E5; rapport, E11
  sur l'expression des incertitudes, 24, R5

Informatique (acquisition de 2 IBM PC-XT en remplacement de l'IBM 1130), 39

Laboratoires (visite des), 18
Lasers, 15, 43
  à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode, en cuve interne, 44, en cuve externe, 44; sur le « Lamb dip », 45; sur l'absorption saturée du méthane en cuve interne, 45; par effet Zeeman, 45;
  calcul des spectres de l'iode, 47
Litre (symbole du) (*voir* Unités)
Longueurs, 14, 41

Manométrie, 62
  instrument de transfert de pression, 62
Masse et poids, U10
Masses, 15, 49
  automatisation des mesures, 15
  balance à suspensions flexibles, 15, 52
  balance NBS-2, 15
Mesures ionométriques, 16
Mesures neutroniques, 17, 83, R11, R13
  chambre d'ionisation à paroi équivalente au tissu, 85, R13
Metrologia, 86
Mole (*voir* Unités)

Notices
  nécrologiques (A. V. Astin), XI, (L. Cintra do Prado), XIII
  sur les organes de la Convention du mètre, V

Personnel
  chercheurs associés, 3, 37
  engagements, 37
  liste du, IX
  nominations, 37
Publications
  du BIPM, 86
  extérieures, 86
  rapports internes, 88

Questions administratives, 25
  fonds de la caisse de retraites, 26
  salaires, 25
  statut et règlement de la caisse de retraites, 26
Questions financières
  actif du BIPM, 3
  comptes, 101
  projet de budget pour 1985, 12

Radionucléides, 74
  activité (mesures d'), 74, R7
  échantillonnage sélectif (méthode d'), R10
  coincidences (méthode des), R10
  statistiques de comptage et correction due aux temps morts, 17, 77, R10
Rayons X et γ, R3
Recommandations
  CCE (Effet Hall quantique), E9; (Activités du BIPM en électricité), E9
  CIPM (Au sujet du sievert), 31
Résolutions
  CGPM (Définition du mètre), U3; (Mise en pratique de la nouvelle définition du mètre), U4

Sievert (*voir* Unités)
Spectrométrie α, 82, R9
Stéradian (*voir* Unités)
Système International d'Unités (SI)
  brochure sur le, 21; préparation de la 5e édition, U2; traduction en anglais, 22, U2, U8
Système international de référence (SIR), 17, 74, R8, R9

Temps
  algorithmes, 57
  Atomique International (TAI), transfert au BIPM, 4; approbation d'un texte sur ce transfert, 5
  BIH, 2, 5
  General Positioning System (GPS), 15, 56
  Universel Coordonné (UTC), 4, 6, 56
Thermométrie, 16, 19, 59
  échelle de remplacement, 20
  Échelle Internationale Pratique de Température (EIPT), 20, 60
  température thermodynamique, 20, 61
  thermomètres à résistance de platine pour la mesure des hautes températures, 60
Travaux du BIPM
  présentation des, 14
  programme à long terme, 8
Travaux en liaison avec des organismes internationaux et nationaux, 92
Unités, 21, U1
  carat métrique, U10
  dioptrie, 21, U9
  grandeurs sans dimension, U4
  gray et sievert, 48
  mole, U10
  stéradian, U7
  symbole du litre, 21, U10
  unités dérivées, U6
  unités supplémentaires (angle plan, angle solide), U5

Visites et stages au BIPM, 96
Vocabulaire international de métrologie, U9
Voyages, visites, conférences et exposés du personnel, 92
W (mesure de), 73, R3, R7

TABLE DES MATIÈRES

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

73e session (Octobre 1984)

Pages

Notice 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

Procès-verbaux des séances, 17-18 octobre 1984 1

1. Ouverture de la session; quorum; ordre du jour. 1
2. Rapport du secrétaire du CIPM (Décès de L. Cintra do Prado; démission de B. Guinot) 2
3. Rapport sur l'activité du bureau du Comité (Recrutement de chercheurs associés) 3
4. Temps Atomique International (Transfert du TAI au BIPM; dispositions envisagées) 4
5. Réunion des présidents des Comités Consultatifs (Le rôle du BIPM dans les années 1980; examen du programme à long terme des travaux scientifiques du BIPM). 6
6. Questions financières 11
7. Bâtiment des lasers (Inauguration) 13
8. Travaux du BIPM 14
9. Visite du Dépôt des Prototypes métriques 19
10. Comités Consultatifs 19
    - 10.1. de Thermométrie 19
    - 10.2. des Unités 21

10.3. Révision de la composition des Comités Consultatifs 22
10.4. Réunions futures 24
10.5. Groupe de travail sur l'expression des incertitudes 24

11. Questions administratives (Salaires; nouvelle rédaction du Statut du personnel et du Règlement de la caisse de retraites et de prévoyance du personnel du BIPM 25

12. Sièges vacants au CIPM 26

13. Questions diverses 27
— Élection du bureau du CIPM 27
— Prochaine session 30

Recommandation 1 (CI-1984) : Au sujet du sievert 31

Composition des Comités Consultatifs 32

Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau International des Poids et Mesures (octobre 1983-septembre 1984) 37

I. Personnel. — Nominations (D. Müller, B. Bodson, J.-P. Dewa). Engagements (R. Prieto, P. Benoit, A. Witt (renouvellement)). Chercheurs associés (C. C. Speake, G. Ratel, T. Endo, B. Guinot) 37

II. Bâtiments. — Grand Pavillon (Peinture des menuiseries extérieures). Dépendances (Aménagement du local du générateur d'air comprimé; nouveau transformateur; bouche d'incendie de 100 mm) 38

III. Instruments et travaux 38

Remarques générales 38

1. Informatique (acquisition d'un IBM PC, modèle XT, en remplacement de l'IBM 1130) 39

2. Longueurs 41
2.1. Étalons à traits (Comparaison internationale de mesure d'une règle divisée; règle du SIM (France); règle N° 7804 [Rép. Pop. Dém. Corée]) 41
2.2. Étalons à bouts plans (Mesures de calibres [France, Suisse, Yougoslavie, Israël, Rép. Pop. Dém. Corée]. Nouveau baromètre à mercure Fuess) 42
2.3. Base géodésique (Fils géodésiques. Invar géodésique) 43

3. Lasers 43
3.1. Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve interne [λ = 633 nm] (Étude du comportement. Intervalles de fréquence) . . 44
3.2. Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve externe [λ = 612 nm) 44
3.3. Autres lasers à He-Ne asservis [λ = 633 nm] (sur le Lamb dip; en température; par effet Zeeman) 45
3.4. Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée du méthane en cuve interne [λ = 3,39 µm] (Étude de l'effet de lentille; cavités optimales) 45
3.5. Calcul des spectres de l'iode 47
3.6. Approvisionnement en tubes à décharge et en cuves à iode; équipement 49

4. Masses 49
4.1. Kilogrammes prototypes en platine iridié [Construction des N° 64 (Rép. Pop. de Chine), 66 (Brésil), 67 (BIPM); étalonnage des N° 10 (Portugal), 40 (Suède), 4 et 20 (États-Unis d'Amérique), 13 (France)] 50
4.2. Études d'autres étalons de masse (Suède, États-Unis d'Amérique, Afrique du Sud, Tchécoslovaquie, France) 52
4.3. Balance à suspensions flexibles (Poursuite de l'étude d'une balance prototype) 52
4.4. Divers 55

5. Échelles de temps 55
5.1. Utilisation du « Global Positioning System » 56
5.2. Gestion des données 57
5.3. Travaux sur les algorithmes et recherches diverses 57
6. Gravimétrie 58
6.1. Gravimètre absolu transportable BIPM-Jaeger 58
6.2. Étalonnage de l'intensité de la marée gravimétrique 59
7. Thermométrie 59
7.1. Échelle Internationale Pratique de Température (Thermomètres à résistance de platine pour la mesure des hautes températures; étude des thermomètres fabriqués par le NIM) 60
7.2. Températures thermodynamiques : étude par pyrométrie infra-rouge . . 61
7.3. Études courantes 62
8. Manométrie 62
8.1. Instrument de transfert de pression 62
8.2. Études courantes 62
9. Électricité 63
9.1. Comparaisons de représentations nationales de l'ohm (Quatorzième comparaison des étalons nationaux de résistance de 1 Ω) 63
9.2. Travaux relatifs à la conservation et au transfert de $V_{76\text{-BI}}$ (Effet Josephson et rattachements des piles étalons de référence; comparateur automatique de piles étalons; étude d'un étalon de tension à diode de Zener) 65
9.3. Travaux relatifs à l'amélioration des mesures de résistance 66
9.4. Activités relatives à la mise en œuvre de l'effet Hall quantique (Comparateur cryogénique de courants) 67
9.5. Troisième comparaison internationale circulaire des étalons de capacité en silice de 10 pF 70
9.6. Études courantes 70
10. Photométrie 70
10.1. Comparaison internationale ne commencera qu'en 1985 70
10.2. Études courantes 70
11. Rayons X et γ, électrons 71
11.1. Rayons X (Comparaison d'étalons d'exposition [Italie]. Modification du système de régulation de température de l'étalon du BIPM) 71
11.2. Rayonnement γ du ^{60}Co (Mesure du courant d'ionisation; comparaisons d'étalons d'exposition [France, Chine]; facteur de conversion C_λ d'une chambre Exradin) 71
11.3. Électrons (Révision de la valeur de W publiée par l'ICRU; mesure de W) 73
12. Radionucléides 74
12.1. Mesures d'activité 74
Comparaisons internationales de mesures d'activité du ^{137}Cs, du ^{133}Ba, du ^{109}Cd 74
Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons γ 77
12.2. Statistiques de comptage (Détermination des nouveaux paramètres. Évaluation du taux de comptage originel) 77
12.3. Spectrométrie alpha (Utilisation de nouveaux types de détecteurs) . . 82
13. Mesures neutroniques 83
13.1. Comparaison internationale d'étalons de dosimétrie neutronique (ENDIP-2) 83
13.2. Comparaisons internationales de mesures de débit de fluence 83
13.3. Étude des chambres d'ionisation à paroi équivalente au tissu 85
14. Publications 86
Publications du BIPM 86
Monographies 86
Metrologia 86
Publications extérieures 86
Rapports 88
15. Certificats et Notes d'étude 88

IV. Activités et relations extérieures 92
Travaux en liaison avec des organismes internationaux 92
Voyages, visites, conférences, exposés du personnel 92
Visites et stages au BIPM 96
V. Comptes 101

ANNEXES

Rapport du Comité Consultatif d'Électricité (16e session — 1983) au CIPM, par A. F. Dunn E1

Rapport du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (10e session — 1983) au CIPM, par R. S. Caswell R1

Rapport du Comité Consultatif des Unités (9e session — 1984) au CIPM, par D. T. Goldman U1

Notices nécrologiques

A.V. Astin, par *E. L. Brady* XI
L. Cintra do Prado, par *R. Steinberg* XIII
Index XV