

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

PROCÈS-VERBAUX

DES SÉANCES

TOME 51

72^e SESSION — 1983



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Pavillon de Breteuil, F-92310 Sèvres, France

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

ISBN 92-822-2083-4

NOTICE HISTORIQUE

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

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

Le Bureau International a son siège près de Paris, dans le domaine (43 520 m²) du Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) mis à sa disposition par le Gouvernement français; son entretien est assuré à frais communs par les États membres de la Convention du Mètre⁽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 1982, quarante-six États sont membres de cette Convention : Afrique du Sud, Allemagne (Rép. Fédérale d'), Allemande (Rép. Démocratique), Amérique (É.-U. d'). Argentine (Rép.), Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Bulgarie, Cameroun, Canada, Chili, Chine (Rép. Pop. de), Corée (Rép. de), Corée (Rép. Pop. Dém. de), Danemark, Dominicaine (Rép.), Égypte, Espagne, Finlande, France, Hongrie, Inde, Indonésie, Iran, Irlande, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pakistan, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Thaïlande, Turquie, U.R.S.S., Uruguay, Venezuela, Yougoslavie.

Une trentaine de physiciens ou techniciens travaillent dans les laboratoires du Bureau International; ils font des recherches métrologiques ainsi que des mesures dont les résultats sont consignés dans des certificats portant sur des étalons des grandeurs ci-dessus. La dotation annuelle du Bureau International est de l'ordre de 10 720 000 francs-or (en 1983), soit environ 19 450 000 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 (*Procès-Verbaux CIPM*, 31, 1963, p. 97). Chaque Comité Consultatif, dont la présidence est généralement confiée à un membre du Comité International, est composé de délégués de chacun des grands Laboratoires de métrologie et des Instituts spécialisés dont la liste est établie par le Comité International, de membres individuels désignés également par le Comité International et d'un représentant du Bureau International. Ces Comités tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers; ils sont actuellement au nombre de huit :

1. Le Comité Consultatif d'Électricité (CCE), créé en 1927.
2. Le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR), nouveau nom donné en 1971 au Comité Consultatif de Photométrie (CCP) créé en 1933 (de 1930 à 1933 le Comité précédent (CCE) s'est occupé des questions de photométrie).
3. Le Comité Consultatif de Thermométrie (CCT), créé en 1937.
4. Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM), créé en 1952.
5. Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (CCDS), créé en 1956.
6. Le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI), créé en 1958. En 1969, ce Comité Consultatif a institué quatre sections : Section I (Rayons X et 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 21 octobre 1983

Président

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

Secrétaire

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

Membres

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

9. M. KAWATA, Président, Agency of Industrial Science and Technology, 3-1 Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100.
10. D. KIND, Président de la Physikalisch-Technische Bundesantalt, Bundesallee 100, 3300 Braunschweig. *Vice-Président*.
11. V.I. KIPARENKO, Vice-Président du Comité d'État de l'U.R.S.S. pour les Normes, Leninski prosp. 9 b, 117049 Moscou.
12. A. PERLSTAIN, Directeur de l'Office Fédéral de Métrologie, Lindenweg 24, 3084 Wabern (Suisse).
13. T. PLEBANSKI, Directeur, Centre de recherche et de développement des matériaux de référence « WZORMAT », Ul. Elektoralna 2, 00-139 Varsovie (Pologne).
14. H. PRESTON-THOMAS, Directeur Associé de la Division de Physique du Conseil National de Recherches, Ottawa K1A OS1.
15. K. SIEGBAHN, Directeur de l'Institut de Physique, Box 530, 75121 Uppsala 1 (Suède).
16. J. SKAKALA, Directeur-Adjoint pour la Recherche Scientifique, Institut Métrologique Tchèqueoslovaque, Podunajské Biskupice, Géologicka 1, Bratislava.
17. R. STEINBERG, Chef du Département de Physique et Métrologie, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, 1101 Buenos Aires.
18. WANG Daheng, Directeur de l'Institut d'Optique et de Mécanique de Précision, Chanchun (Rép. Pop. de Chine).

Membres honoraires

1. A. V. ASTIN, Director-Emeritus, National Bureau of Standards, Washington D.C. 20234 *.
2. L. M. BRANSCOMB, Old Orchard Road, Armonk, N.Y. 10504.
3. L. DE BROGLIE, de l'Académie Française, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, 94, rue Perronet, 92200 Neuilly-sur-Seine.
4. 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

* Le Bureau International des Poids et Mesures a appris avec un vif regret le décès de A. V. Astin survenu le 28 janvier 1984 et celui de L. Cintra do Prado survenu le 28 février 1984.

LISTE DU PERSONNEL
DU
BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
au 1^{er} janvier 1984

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

Physiciens Chercheurs principaux

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

Physiciens et Métrologistes

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

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

Administrateur

J. Gaillard.

Secrétaires

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

Gardiens

A. Montbrun, L. Lecoufflard.

Services d'entretien généraux

A. Gama, Mme A. Perez, 2 employés (contractuels).

Directeurs honoraires : Ch. Volet, J. Terrien

Métrologue honoraire : H. Moreau

ORDRE DU JOUR DE LA SESSION

1. Ouverture de la session; quorum; approbation de l'ordre du jour.
 2. Rapport du Secrétaire.
 3. Rapport sur l'activité du bureau du Comité.
 4. Questions financières :
 - Rapport aux Gouvernements pour 1982;
 - Rapport de l'Expert-comptable;
 - Quitus pour 1982;
 - Exercice 1983 en cours;
 - Projet de budget pour 1984.
 5. Bâtiment des lasers : état d'avancement; état des dépenses.
 6. Programme des séances de la 17^e CGPM : organisation, rapport du Président, indications sur la dotation, visite du Caveau.
 7. Travaux du BIPM (présentation du Rapport du Directeur).
 8. Comités Consultatifs :
 - Rapports du CCEMRI et du CCE;
 - Rapport définitif du CCPR;
 - Réunions futures.
 9. Questions administratives : salaires, indemnités, retraites, proposition du bureau.
 10. Questions diverses.
 11. Élection du bureau du CIPM après le renouvellement partiel par la 17^e CGPM.
 11. Mise en pratique de la définition du mètre.
-

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

72^e SESSION (Octobre 1983)

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES TENUES A SÈVRES ET A PARIS

Présidence de Mr J. V. DUNWORTH

Le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) s'est réuni pour sa 72^e session du jeudi 13 au vendredi 21 octobre 1983. Il a tenu quatre séances au Pavillon de Breteuil à Sèvres les 13 et 14 octobre et une séance le 21 octobre au Centre de Conférences Internationales à Paris.

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

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

Mr le Prof. Schrader, président par intérim du CCE, a assisté à la 3^e séance le vendredi matin, 14 octobre.

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

Le Président ouvre la séance et accueille le nouveau membre du Comité International, T. Plebanski, dont l'élection a eu lieu le 19 juillet 1983.

Il transmet aux membres du Comité les excuses de Mr Cintra do Prado, empêché au dernier moment pour des raisons de santé, qui fort heureusement ne paraissent pas graves, de venir en Europe et d'assister aux réunions du CIPM et de la CGPM comme il l'avait prévu.

* Mr Plebanski n'a pu assister à la dernière séance.

Il fait part du décès de deux membres honoraires du Comité, N. A. Esserman et J. M. Otero, ancien Président du Comité. Une minute de silence est observée à la mémoire de ces collègues disparus.

Le Président indique brièvement que l'année qui vient de s'écouler depuis la dernière session a été particulièrement active dans de nombreux domaines. Ainsi qu'ont pu s'en rendre compte les membres du Comité en arrivant au Pavillon de Breteuil, les travaux du bâtiment des lasers progressent de façon satisfaisante. Le bureau du Comité a procédé à une étude approfondie des conditions de travail du personnel et à la préparation de la 17^e Conférence Générale des Poids et Mesures.

L'ordre du jour est approuvé.

La parole est donnée à Mr de Boer pour la lecture du Rapport du Secrétaire.

2. Rapport du Secrétaire du CIPM (octobre 1982 — septembre 1983)

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

Élection : Mr T. Plebanski, Directeur du Centre de recherche et de développement des matériaux de référence (Comité Polonais de Normalisation, des Mesures et de Contrôle) à Varsovie, a été élu au siège vacant par un vote à bulletin secret dépouillé le 19 juillet 1983.

Décès : Nous avons été informés du décès de deux membres honoraires du CIPM. N.A. Esserman est décédé le 5 novembre 1982 et J. M. Otero le 9 mars 1983. J. M. Otero avait été élu membre du CIPM en 1954. Il présida le Comité Consultatif de Photométrie de 1954 à 1969, puis le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre de 1969 à 1978; il fut élu Vice-Président du CIPM en 1964, puis Président en 1968, enfin membre honoraire en 1980. Nous conserverons longtemps une profonde reconnaissance pour son dévouement à notre organisation.

3. Réunions des Comités Consultatifs et des Groupes de travail.

— Le Comité Consultatif d'Électricité a tenu sa 16^e session du 23 au 25 mars 1983, sous la présidence par intérim de H.-J. Schrader. Cette session a été précédée par la réunion du « Groupe de travail pour les Grandeurs aux radiofréquences » du 16 au 18 mars 1983.

— Le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants a tenu sa 10^e session les 22 et 23 juin 1983 sous la

présidence de E. Ambler, cette session avait été précédée par les réunions des trois sections :

- la Section I (Rayons X et γ , électrons) s'est réunie du 18 au 20 avril 1983 sous la présidence de W. A. Jennings;
- la Section II (Mesure des radionucléides) s'est réunie du 3 au 5 mai 1983 sous la présidence de H. M. Weiss;
- la Section III (Mesures neutroniques) s'est réunie du 16 au 18 mai 1983 sous la présidence de R. S. Caswell.

Toutes ces réunions se sont tenues au Pavillon de Breteuil.

4. Bureau du Comité

Le bureau du Comité s'est réuni plusieurs fois au Pavillon de Breteuil. Il s'est en particulier occupé de toutes les questions liées à la préparation de la Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures, il a examiné les propositions faites pour l'élection au CIPM et il supervise régulièrement la construction en cours du bâtiment des lasers.

5. Indications financières

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

Comptes	1980	1981	1982	1983
I. — Fonds ordinaires	7 857 492,58	7 819 501,18	10 392 001,31	14 868 332,15
II. — Caisse de Retraites	2 079 024,14	2 599 050,11	4 245 677,86	5 591 516,91
III. — Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique	441 792,00	441 792,00	587 365,08	705 899,38
IV. — Caisse de prêts sociaux	73 011,41	83 011,67	95 621,73	108 449,20
V. — Réserve pour les bâtiments		300 000,00	797 703,56	1 555 578,24
Totaux	10 451 320,13	11 243 354,96	16 118 369,54	22 829 775,88

L'accroissement de l'actif du compte I est dû principalement d'une part au versement de contributions arriérées, pour environ 1 300 000 francs-or, d'autre part à une augmentation apparente, pour environ 1 500 000 francs-or, due à la réévaluation de cet actif au 31 décembre 1982 suivant la règle adoptée depuis le 1^{er} janvier 1982.

Ce Rapport ne donne lieu à aucun commentaire particulier.

Mr de Boer présente ensuite un résumé des activités du bureau du Comité pendant l'année écoulée.

3. Rapport sur l'activité du bureau du Comité

C'est surtout la préparation de la CGPM qui a requis l'attention du bureau. Le projet final du document intitulé « Programme de travail et budget du Bureau International des Poids et Mesures pour les quatre années 1985-1988 » a été approuvé et diffusé aux Gouvernements des États membres le 13 avril 1983. Le Rapport du Président à la Conférence Générale qui est maintenant présenté au Comité a été discuté en détail par le bureau. La date limite pour la réception de propositions officielles à soumettre à la Conférence est passée sans que le bureau n'ait reçu aucune demande dans ce sens.

Afin d'apporter plus d'informations dans le Rapport annuel aux Gouvernements des États membres, il a été décidé d'introduire cette année dans ce Rapport de plus amples détails sur le financement des travaux du bâtiment des lasers et de modifier la présentation du tableau des contributions afin d'en faciliter la compréhension.

4. Questions financières

En présentant le Rapport annuel aux Gouvernements pour l'année 1982, Mr de Boer attire l'attention du Comité sur l'importance des paiements en retard. Mr Dean demande s'il existe des sanctions à l'égard des États qui ne s'acquittent pas de leurs versements avec ponctualité. Mr de Boer répond qu'à son avis les sanctions ne sont pas très efficaces. Pour Mr Kind, il y a là un problème; il lui paraît nécessaire de prendre des mesures. Le gouvernement de la République Fédérale a demandé à Mr Kind de soulever la question devant la CGPM. Il lui semblerait normal que des intérêts soient comptés aux payeurs défaillants. Mr Preston-Thomas constate que quatorze pays sont en retard dans leurs paiements. Il demande si ces mêmes pays peuvent siéger à la Conférence Générale et opposer leur veto à tout accroissement de budget. Pour Mr de Boer, il est difficile de répondre à une telle question : selon l'article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, « les avantages et prérogatives sont suspendus à l'égard des États déficitaires de trois années », mais il y a là un problème d'interprétation. Mr Ambler constate que le pourcentage des paiements arriérés par rapport à la dotation totale ne varie guère d'une année sur l'autre. Pour l'instant la situation pose un problème de principe plutôt qu'un problème de montant effectif.

Mr Kind pense qu'il serait souhaitable que le CIPM rédige une note dans laquelle seraient exposées les pénalités qu'encourt un État pour non paiement de sa contribution. Par exemple, lorsqu'un siège est à pourvoir au sein du CIPM, peut-on élire un candidat dont le pays a un arriéré de contribution de plusieurs années ? Ce genre de sanction est susceptible, à son avis, d'avoir quelque influence sur le comportement des États.

Mr Dunworth se demande si ce type de décision n'est pas de la compétence de la République Française, en tant que dépositaire du traité, plutôt que du CIPM. Mr de Boer pense que le Comité pourrait cependant faire une déclaration dans ce sens.

Le Secrétaire présente ensuite le rapport de l'Expert-Comptable sur les comptes de 1982. Ce rapport ne donnant lieu à aucune question ni aucun commentaire, quitus est donné au Directeur et à l'Administrateur pour les comptes de 1982.

Mr Giacomo présente ensuite au Comité un document comparatif donnant les budgets pour 1982 et 1983 et le projet de budget pour 1984. Bien évidemment pour 1983 le budget réalisé n'est qu'une extrapolation à partir des huit premiers mois déjà écoulés. Une différence essentielle entre le budget de 1982 et celui de 1983 vient de ce que, précédemment, les comptes étaient tenus taxes comprises; un poste correspondant au remboursement des taxes figurait dans les recettes; désormais, toutes les dépenses figurent pour leur montant effectif, sans taxes.

En 1983, le montant du poste correspondant aux traitements du personnel est inférieur aux prévisions de dépenses; cela n'est pas dû à une diminution des salaires mais au fait qu'un physicien et une secrétaire ont quitté le Bureau au mois de juillet 1983. Il est prévu que ces postes seront occupés en 1984.

Pour le projet de budget pour 1984, le seul commentaire à faire concerne le poste des dépenses de bâtiments. Il comprend non seulement un virement au compte V pour le bâtiment des lasers mais aussi les gros travaux courants.

Parmi les dépenses prévues au budget de 1984, le bureau a estimé nécessaire d'augmenter assez fortement les dépenses d'impression et de publication. Cela est dû au fait que le nombre de nos publications s'accroît mais aussi que le prix de l'impression augmente plus vite que la moyenne des autres dépenses.

Mr Jensen demande si le projet de budget pour 1984 tient compte des propositions de versement d'allocations diverses que doit faire le bureau du Comité (voir point 9 de l'ordre du jour). Mr Giacomo répond qu'il en a été tenu compte.

Mr Bray constate que le budget pour 1984 est fondé sur un accroissement de 12 % des contributions. Mr Giacomo rappelle que cet accroissement a été effectivement décidé en 1979 par la 16^e CGPM.

Mr Bray fait remarquer que le rapport entre les dépenses de fonctionnement et celles prévues pour les investissements est nettement supérieur à un, alors qu'il était égal à un pour 1983. Il en demande la raison. Mr de Boer répond que le CIPM en a décidé ainsi l'an dernier.

Mr Quinn signale que de gros efforts sont faits pour automatiser les mesures dans les laboratoires. Cela conduit à faire l'acquisition de beaucoup de matériel électronique pour lequel il est souhaitable de se procurer la meilleure qualité. D'où l'importance des postes « Laboratoires » et « Ateliers » dans le chapitre « Dépenses d'investissement » en 1983.

BUDGET POUR 1984

RECETTES

	Francs-or
Contribution des États	12 060 000
Intérêts des fonds	1 420 000
Taxes de vérification	20 000
Total	<u>13 500 000</u>

DÉPENSES

A. Dépenses de personnel :

1. Traitements	6 210 000	}	8 721 000
2. Allocations familiales	791 000		
3. Sécurité Sociale	550 000		
4. Assurance-accidents	70 000		
5. Caisse de Retraites	1 100 000		

B. Dépenses de fonctionnement :

1. Mobilier	45 000	}	1 849 000
2. Laboratoires et ateliers	700 000		
3. Chauffage, eau, énergie électrique	450 000		
4. Assurances	30 000		
5. Impressions et publications	170 000		
6. Frais de bureau	160 000		
7. Voyages et transports d'appareils	170 000		
8. Entretien courant	80 000		
9. Bureau du Comité	44 000		

C. Dépenses d'investissement :

1. Laboratoires	1 250 000	}	1 390 000
2. Atelier de mécanique	30 000		
3. Atelier d'électronique	10 000		
4. Bibliothèque	100 000		

D. Bâtiments (gros travaux d'entretien et de rénovation) 1 500 000

E. Frais divers et imprévus 39 000

F. Utilisation de monnaies non convertibles 1 000

Total 13 500 000

En ce qui concerne la « Bibliothèque », c'est un poste qui a été quelque peu négligé au cours des années passées. De nombreux achats de livres modernes sont à faire. Par ailleurs, le Bureau procède à une réorganisation de son stock de publications. Le poste « Bibliothèque » devra être renforcé pendant quelques années encore.

Mr Wang demande comment sera équilibré le budget en 1983, étant donnée la différence entre les recettes prévues dans le budget voté et les recettes effectives extrapolées jusqu'à la fin de l'année. Mr Giacomo rappelle que les fluctuations dans le recouvrement des contributions peuvent atteindre 20 %, en plus ou en moins, à cause des paiements arriérés, ce qui rend toujours aléatoire l'équilibre budgétaire. Si le déficit dû au mauvais recouvrement des contributions en 1983 se confirme, il se traduira par une diminution de l'actif qui figure au bilan.

Le projet de budget est adopté.

5. Bâtiment des lasers

Comme les membres du Comité ont pu le constater, la construction du nouveau bâtiment des lasers est en bonne voie. La période la plus propice à l'apparition de charges imprévues était celle du creusement des fondations et des travaux de terrassement. Le chantier a pris un retard d'environ deux mois, car, au moment du creusement des fondations, on a trouvé une couche de sable de cinq mètres d'épaisseur, ce qui a conduit à procéder à des travaux de soutènement assez importants. Il y a eu aussi un problème d'infiltration d'eau qui ne s'est manifesté qu'après l'exécution des fondations, malgré la présence d'un drain qui évacue l'eau souterraine. Il a fallu prendre des mesures supplémentaires d'étanchéité à ce niveau.

Les provisions financières affectées aux dépenses imprévues se sont révélées plus que suffisantes. En fait les problèmes ont été peu nombreux et le total des charges imprévues s'élève jusqu'ici à 210 000 francs-or, soit 6 % seulement du montant total estimé à 3 450 000 francs-or.

Le total des versements effectués jusqu'à septembre 1983 s'élève à 1 450 000 francs-or. Ces frais correspondent à la démolition des bâtiments existants, au terrassement et à la construction du mur principal servant au soutènement de la colline, au creusement des fondations et du sous-sol, ainsi qu'à la construction des murs principaux et des planchers jusqu'à la toiture, à l'exception du double mur intérieur et des planchers des laboratoires proprement dits. Ils comprennent de plus les travaux associés de drainage, l'installation des lignes électriques et les travaux d'étanchéité. En ce qui concerne ces derniers, le bureau a pris grand soin de s'assurer que le laboratoire en sous-sol demeure bien sec. Certaines dépenses imprévues sont en fait survenues à ce stade des travaux. Nous pouvons maintenant être assurés que le bâtiment sera achevé dans les limites estimées de la dépense. La fin des travaux est prévue pour juin 1984.

Une dépense supplémentaire a été demandée par le BIPM pour construire, derrière le bâtiment, un local enterré supplémentaire, de quelques mètres carrés, destiné à abriter le groupe électrogène de secours.

Mr Ambler revient sur le problème des infiltrations d'eau à partir de la colline et demande s'il ne serait pas possible d'installer un drain le long de tous les bâtiments. Mr Giacomo explique que cela serait extrêmement onéreux, car il faudrait descendre à environ cinq mètres au-dessous du niveau de la cour, et cela dans des conditions d'autant plus difficiles qu'il faudrait assurer le soutènement de la colline pendant les travaux. Mr Dunworth dit avoir entière confiance dans les dispositions prises pour préserver le bâtiment des lasers de toute infiltration. Le problème ne concerne plus que l'Observatoire.

Le CIPM a prévu de demander à la 18^e CGPM les moyens financiers d'une extension des bâtiments, comme il en a été convenu à la précédente session du Comité. Mr Quinn rappelle que les possibilités d'extension sont très restreintes. Après consultation de l'architecte, deux projets peuvent être retenus.

Une possibilité consisterait à construire un atelier et des laboratoires derrière le bâtiment des rayonnements ionisants. A cet emplacement, on pourrait envisager un bâtiment d'environ 1 700 m² sur deux niveaux. Il est à peu près certain qu'un des impératifs pour obtenir le permis de construire serait que le futur bâtiment ne soit pas visible. Il devrait être relativement facile de remplir cette condition.

Une autre possibilité consisterait à remplacer le bâtiment qui abrite les garages par un bâtiment qui pourrait abriter une bibliothèque. On pourrait sur cet emplacement disposer de 600 m² sur trois niveaux. On ne devrait pas avoir trop de difficultés pour obtenir un permis de construire, à condition de respecter un style de construction comparable à celui du Pavillon de Breteuil. Par voie de conséquence, les premières évaluations grossières font prévoir un coût plus élevé pour cette seconde solution.

Mr Ambler estime nécessaire de préparer pour l'information des gouvernements un bref document justifiant la nécessité et l'importance de nouvelles constructions. Mr Quinn rappelle qu'un document de ce genre a été distribué au CIPM en 1982. Mr Ambler pense qu'il faudrait l'an prochain avoir un memorandum très court exposant les besoins du Bureau International.

6. Programme des séances de la 17^e CGPM

Mr Giacomo rappelle que la CGPM est normalement ouverte par le Ministre des Relations Extérieures. Le Bureau a appris récemment que le Ministre en exercice serait empêché. Le Président de l'Académie des Sciences de Paris est actuellement le Professeur Jean Bernard. Il sera présent à la séance d'ouverture et transmettra ensuite la présidence au Vice-

président de l'Académie des Sciences, le Professeur André Blanc-Lapierre. Le Président du CIPM présentera ensuite son rapport sur les travaux effectués par les organes de la Convention du Mètre depuis la 16^e CGPM.

Le Président indique que ce rapport a été rédigé en collaboration avec le bureau du Comité. Il y est bien évidemment fait allusion à la future définition du mètre et à la création du huitième Comité Consultatif, ainsi qu'à la nécessité de transformer l'ancienne menuiserie en un nouveau bâtiment capable d'abriter les travaux sur les lasers. Le Président y informe la Conférence du plan à long terme pour de nouvelles constructions. Il indique avec précision les conditions de travail dans les locaux devenus trop exigus, car prévus au départ pour un personnel plus restreint. Il introduit enfin les rapports des présidents des Comités Consultatifs.

Le rapport du Président du Comité ne donnera pas lieu à discussion. Il n'en va pas de même pour les rapports des présidents des Comités Consultatifs, en particulier du CCDM et du CCM, car les projets de résolutions soumis à la Conférence concernent la nouvelle définition du mètre et l'adoption d'une formule pour la masse volumique de l'air dont la connaissance est nécessaire pour les mesures de masse.

L'un des principaux points de l'ordre du jour de la Conférence est celui qui concerne la dotation. Suivant la méthode de travail adoptée lors des précédentes Conférences Générales, on proposera de constituer un Groupe de travail spécialement chargé de discuter cette question. L'expérience a montré que les discussions en dehors des séances plénières, en petits groupes, facilitent beaucoup l'obtention d'un accord au sein de la CGPM. Le début des discussions sur la dotation du BIPM se fera au sein du Groupe de travail. Les délégués des États qui le souhaitent pourront s'y joindre. Mr de Boer suggère de proposer pour ce Groupe de travail la même composition que lors de la 16^e CGPM. Le Président propose que la présidence de ce groupe soit confiée à Mr Kind.

Bien que les membres du CIPM ne siègent pas à ce comité en tant que représentants de leur gouvernement, le Président fait un tour de table demandant quelle est la position officielle de leur pays vis-à-vis des propositions faites par le CIPM au sujet de la dotation du Bureau pour les quatre années 1985-1988. Il s'agit bien entendu d'indications officieuses. Il en ressort que certains gouvernements sont désireux d'éviter tout accroissement des ressources réelles du BIPM.

Le mardi 18 octobre sera consacré à la visite des laboratoires par les délégués à la CGPM. On devra procéder à l'ouverture annuelle du Dépôt des prototypes métriques, mais, comme précédemment, il convient d'éviter qu'un nombre excessif de personnes ne participent à cette visite*.

Lors de la visite du Dépôt en 1982, on avait découvert qu'une défaillance du système de conditionnement d'air avait provoqué une notable détérioration des conditions dans lesquelles sont conservés le

* Le Procès-Verbal de cette visite figure dans les *Comptes rendus de la 17^e Conférence Générale*.

Kilogramme Prototype International et ses témoins. De plus, il y avait des signes d'infiltration d'eau dans la partie inférieure de l'escalier conduisant au caveau. La situation s'est stabilisée à la suite de la réparation du système de conditionnement d'air, mais l'infiltration d'eau a continué en 1983. Toutefois, depuis quelques mois, on constate une amélioration sensible. Le Président souligne que les problèmes de ce genre sont extrêmement difficiles à résoudre et peuvent conduire à des dépenses importantes. Il faut continuer à observer l'évolution de la situation. Il n'est pas prévu pour l'instant d'engager de grosses dépenses. Il est possible que le Comité ait à étudier l'éventualité de conserver les Prototypes internationaux dans un autre emplacement. Le bureau pense que le moment n'est pas venu de prendre une décision.

A ce sujet, des dispositions avaient été prises l'an dernier pour que le Directeur du Bureau puisse accéder au caveau. Ces dispositions doivent demeurer exceptionnelles. Les trois clés d'accès au caveau ne doivent pas rester entre les mains d'une même personne. A l'issue de la visite du Dépôt des prototypes métriques, la clé des Archives de France est dûment remise au représentant de cet organisme et le Directeur du BIPM restitue au Président du CIPM la clé dont ce dernier a habituellement la garde.

7. Travaux du BIPM

Le Président ouvre la séance en accueillant les physiciens et métrologistes qui sont invités à y prendre part. Mr Giacomo présente son rapport. Il souligne que cette année plusieurs membres du personnel scientifique ont consacré un temps considérable à la préparation de la nouvelle définition du mètre et à la mise à jour de la liste des radiations à recommander. Il s'agit d'un travail peu spectaculaire mais essentiel pour la mise en pratique de la définition du mètre.

Il rappelle que les travaux d'étalonnage ne sont jamais vraiment des travaux de routine, mais qu'ils doivent être pris en charge par des physiciens et des métrologistes très expérimentés.

Il demande donc aux membres du Comité de ne pas manquer, 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 rayonnement ionisants, de consulter le tableau indiquant la façon dont toutes les tâches se répartissent entre un nombre limité de personnes.

Mr Quinn commence par exposer le travail de la section des longueurs. Le dernier circuit de la comparaison de la règle divisée est en voie d'achèvement. A la base géodésique, on a mesuré à nouveau la règle de quatre mètres. On poursuit les études sur le comportement des fils en invar. Toutefois, dans cette section, ce sont surtout les travaux sur les lasers qui ont le plus occupé le BIPM cette année, compte tenu de l'intérêt suscité par l'adoption imminente de la nouvelle définition du mètre et des

recommandations à préparer en vue de la mise en pratique de cette définition.

Des améliorations sensibles ont été apportées à la construction des lasers à He-Ne avec cuve à iode interne. Le BIPM a négocié avec plusieurs fabricants, mais surtout avec une firme japonaise, les conditions de production des tubes à décharge à He-Ne nécessaires pour construire de tels lasers. Grâce à son intervention et par l'intermédiaire des laboratoires membres du CCDM, une trentaine de laboratoires ont eu la possibilité de bénéficier d'une commande groupée de tubes construits spécialement pour cet usage.

De nombreuses mesures ont été faites sur les intervalles de fréquence des spectres d'absorption de l'iode. Ces intervalles constituent un complément à la liste des radiations à recommander pour la mise en pratique de la nouvelle définition du mètre.

Mr Ambler demande ce que les laboratoires attendent comme aide du BIPM pour les mesures de longueur selon la future définition. Mr Quinn répond que le BIPM doit conserver une série de lasers pour être en mesure d'effectuer les comparaisons que lui demandent de plus en plus les laboratoires des différents pays. Pour ce faire et pour assurer la cohérence des comparaisons, le BIPM doit être certain de la stabilité de ses propres lasers. Mr Ambler craint que cela ne conduise le BIPM à se lancer dans des recherches interminables, compte tenu du nombre des effets qui peuvent entraîner des décalages de fréquence. Mr Quinn répond que c'est bien la raison pour laquelle la liste des radiations recommandées doit être limitative. Il faut bien faire la différence entre recherche et application. Il apparaît essentiel pour Mr Ambler que le BIPM fournisse des directives pour les applications pratiques.

Dans le domaine des masses, le BIPM a principalement porté ses efforts sur la recherche des erreurs systématiques dans les pesées, ainsi que sur l'automatisation des mesures. Enfin, Mr Quinn travaille toujours sur la balance à suspension flexible qu'il a conçue.

En ce qui concerne l'établissement du Temps Atomique International, les travaux, effectués en coopération avec le Bureau International de l'Heure, portent toujours sur la recherche d'une plus grande stabilité, l'augmentation du nombre d'horloges traitées et une meilleure couverture mondiale.

En gravimétrie, la mise au point du gravimètre transportable peut être considérée comme achevée. C'est l'aboutissement d'un travail sur la gravimétrie absolue qui a duré presque vingt ans. Le gravimètre BIPM-Jaeger est maintenant en service et il donne toute satisfaction. L'appareil a été utilisé, à la demande du bureau gravimétrique français, pour effectuer des mesures absolues dans plusieurs stations situées en France.

En thermométrie, ainsi que les membres du Comité le savent, tous les travaux tendent à établir les différences entre l'EIPT et les températures thermodynamiques. Les résultats obtenus au BIPM ne sont pas en accord avec ceux du NPL mais ils sont en accord avec ceux de la PTB (Berlin) qui

viennent de nous être communiqués. Il convient d'éclaircir les causes de ce désaccord avec le NPL afin d'être en mesure de progresser dans l'établissement d'une nouvelle EIPT.

En manométrie, les résultats d'une comparaison faite avec le NPL confirment la reproductibilité du point triple de l'argon comme instrument de transfert de pression et ne montrent aucun désaccord avec nos propres étalons primaires.

Dans le domaine de l'électricité, le BIPM n'utilise plus de bain d'huile pour loger les piles à comparer mais des enceintes thermorégulées où les piles sont conservées dans l'air. Un système automatique de comparaison des piles étalons a été monté. Le BIPM étudie aussi activement la possibilité de mettre en œuvre l'effet Hall quantique. Dans cette perspective, un physicien a fait un stage au Laboratoire Central des Industries Électriques (France) pour s'initier au fonctionnement du comparateur cryogénique qui y fonctionne déjà.

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

Dans le domaine des mesures d'exposition aux rayons X et aux rayonnements γ du ^{60}Co , le BIPM continue d'effectuer des comparaisons d'étalons nationaux pour un certain nombre de pays. En vue d'améliorer la cohérence des mesures dans le monde, on a fait une nouvelle étude d'anciennes mesures de la fraction d'énergie perdue par un électron au-delà d'une distance R de l'axe d'un faisceau de rayons X de diamètre négligeable. Deux méthodes ont été utilisées pour cette détermination. Les résultats des deux méthodes ne concordent pas exactement. La dissipation d'énergie des électrons a été estimée par le calcul, en utilisant la méthode des moments. Les résultats expérimentaux obtenus au BIPM sont en accord avec ces calculs. Ce travail doit être poursuivi.

La comparaison internationale la plus récente de mesures d'activité organisée par le BIPM a porté sur un radionucléide très utilisé comme étalon d'énergie de rayonnement γ , le ^{137}Cs . Son schéma de désintégration comportant un état métastable, on ne peut utiliser le comptage direct par coïncidences. Un rapport détaillé sur cette comparaison est en préparation. Grâce au Système international de référence, cette comparaison a pu être reliée à des résultats antérieurs, confirmant une dispersion des résultats nettement plus grande que ce que l'on obtient de façon courante avec des radionucléides plus faciles à mesurer.

C'est dans le domaine des mesures neutroniques que l'activité des comparaisons internationales a été la plus intense. Les meilleures mesures de débit de fluence de neutrons, ainsi que les meilleures mesures en dosimétrie neutronique, se font actuellement avec une exactitude de quelques centièmes. Cette exactitude est insuffisante pour les applications pratiques, comme par exemple l'utilisation des neutrons à des fins thérapeutiques, la détermination des sections efficaces dans les matériaux ou l'étalonnage des instruments utilisés dans les champs neutroniques très intenses présents dans les réacteurs à fission ou à fusion.

Dans le domaine des mesures neutroniques, qui est un domaine encore récent, il y a beaucoup d'investigations à faire sur les techniques et les instruments de comparaison. C'est un travail dans lequel la Section III du CCEMRI joue un rôle de pilote sur le plan mondial.

Le BIPM, qui a déjà organisé et analysé une comparaison de mesures de débit de fluence et qui est en train d'organiser une comparaison de mesures de dose absorbée, a pris part avec succès à trois comparaisons internationales. Une quatrième comparaison est sur le point de commencer dans le cadre de l'« European Neutron Dosimetry Intercomparison Project ».

Il convient également de mentionner les mesures d'énergie de particules α émises par le ^{236}Pu . Le spectromètre du BIPM est le seul instrument spécialement conçu pour les mesures absolues de ce type. Le BIPM a pu se procurer des échantillons très purs de ^{236}Pu et les mesures ont pu être faites dans des conditions particulièrement favorables. Les valeurs obtenues sont environ dix fois plus exactes que celles qui avaient été obtenues il y a quelque temps par des mesures indirectes.

Pour terminer, Mr Allisy rend compte des derniers résultats obtenus avec la méthode d'échantillonnage sélectif pour les mesures absolues d'activité. Des extensions de cette méthode sont activement étudiées.

Le Président remercie les présentateurs pour leurs exposés et félicite le personnel du BIPM pour la qualité toujours remarquable de son travail.

8. Comités Consultatifs

Depuis la dernière session du Comité International, deux Comités Consultatifs se sont réunis : le CCE et le CCEMRI, ainsi que les trois sections de celui-ci.

8.1. Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants

Le Président donne la parole à Mr Ambler pour la présentation du rapport du CCEMRI. Mr Ambler rappelle que la mesure des rayonnements ionisants intervient dans la pratique médicale, où ces rayonnements sont utilisés pour le diagnostic et pour la thérapeutique, mais aussi, et de plus en plus, dans des applications industrielles diverses, comme la stérilisation des produits. La méfiance accrue du grand public vis-à-vis des rayonnements ionisants conduit à une multiplication des précautions et des règlements de sécurité dans le but d'éviter des accidents.

Dans les trois sections de ce Comité, le but recherché est au premier chef l'augmentation de l'exactitude dans toutes les mesures. Dans le traitement du cancer par exemple, la dose effective administrée au malade doit être connue avec une exactitude de 5 %. Pour ce faire, il est nécessaire que les laboratoires d'étalonnage effectuent des mesures avec une

exactitude de 1 %. Or, du point de vue de la physique, il s'agit d'un domaine particulièrement complexe, où les énergies mises en jeu varient dans des proportions énormes, et où, par conséquent, on utilise des instruments et des techniques très variés.

Les rapports des trois sections du Comité sont ordonnés suivant le même plan : on y expose d'abord les besoins dans le domaine, puis le programme prévu pour les deux dernières années et ce qui a été effectivement exécuté, enfin on indique les travaux envisagés.

Dans le domaine des rayons X et γ , les deux grandeurs à mesurer sont l'exposition et la dose absorbée.

Les mesures d'exposition sont plus faciles à réaliser. En revanche, la dose absorbée est la grandeur la plus importante à connaître. Il est donc particulièrement important de pouvoir passer d'un type de mesure à l'autre. Dans la pratique, on a affaire à trois types d'irradiations. Les irradiations faibles concernent les questions de protection. Les irradiations moyennes sont surtout utilisées à des fins thérapeutiques. Enfin, les irradiations élevées se rencontrent essentiellement dans les applications industrielles. Une activité considérable a été déployée dans le domaine des mesures d'exposition que le BIPM est capable d'effectuer avec une exactitude meilleure que 1 %. De gros efforts sont faits maintenant en vue des mesures de dose absorbée dans l'eau ou dans le graphite. Des résultats ont été obtenus mais il faut encore poursuivre ces études.

Dans le domaine de la mesure des radionucléides, les applications sont comparables à celles des rayons X et γ . On utilise les étalons d'activité pour étalonner certains instruments. Les comparaisons internationales se poursuivent. La comparaison de ^{134}Cs a été achevée et les résultats en ont été publiés par Mr Rytz. Actuellement des comparaisons de ^{137}Cs , ^{55}Fe et ^{133}Ba sont en cours. Cette dernière a révélé des difficultés dont l'explication est encore à trouver.

Le Système international de référence, dont la création remonte à plusieurs années maintenant, s'avère toujours particulièrement utile. Il rassemble actuellement environ 250 références indépendantes se rapportant à 42 radionucléides différents et couvrant un éventail très large d'énergie des photons γ .

Les travaux se poursuivent et le BIPM va en particulier approfondir l'étude de la méthode d'échantillonnage sélectif imaginée par J. W. Müller.

L'intérêt pour le domaine des mesures neutroniques est suscité par la nécessité de mesures de protection du personnel dans les centrales nucléaires, ainsi que par les possibilités d'utilisation des rayonnements neutroniques en médecine. Une trentaine d'hôpitaux procèdent à d'actives recherches dans cette direction. Le BIPM n'ayant pu être équipé d'une source de neutrons suffisamment puissante, le travail dans cette section a pu, fort heureusement, être poursuivi grâce à l'aide du NPL. Une comparaison de dosimétrie neutronique a été effectuée avec la participation de quatre laboratoires nationaux, de deux hôpitaux et d'une organisation dépendant de la Communauté Européenne. La participation du BIPM est

particulièrement importante pour la conservation des résultats à l'aide de chambres d'ionisation. Il est fondamental que le BIPM conserve des instruments bien étalonnés qui permettront de répéter les mesures à l'avenir.

Mr Terrien se dit impressionné de l'importance des travaux effectués par le BIPM. Il lui semble nécessaire que l'effort puisse être poursuivi, mais craint que le personnel actuel n'y suffise pas. A son avis, l'attribution de bourses d'étude constituerait certainement un moyen de renforcer le personnel et d'aider le BIPM à assumer son rôle dans ce domaine.

Mr Kind constate avec satisfaction que le programme de la section des mesures neutroniques a pu être réalisé en dépit de la décision négative concernant la source puissante dont l'achat avait été préconisé par la Section III du CCEMRI il y a quelques années.

Mr Ambler répond qu'à l'époque il lui appartenait de présenter au CIPM la demande que cette section avait faite. Il avait compris que le CIPM en avait décidé autrement et s'était rallié à cette décision. Si l'on se trouve à l'avenir dans une situation comparable, on pourra résoudre la difficulté de la même façon, pour autant qu'il existe effectivement une solution de rechange. Il demeure pour lui qu'il est nécessaire d'avoir au BIPM un personnel qualifié qui soit en mesure de travailler dans ce domaine et capable de collaborer efficacement avec des équipes extérieures.

Mr Jensen demande s'il n'existe pas d'autres organismes qui font des mesures semblables. Mr Ambler répond que l'AIEA a longtemps eu une activité dans le domaine des mesures neutroniques, mais que celle-ci a beaucoup diminué, en particulier au niveau de 14,7 MeV.

Le rapport du CCEMRI ne donnant plus lieu à d'autres questions, le Président remercie Mr Ambler pour l'intéressante présentation du rapport de son comité.

8.2. Comité Consultatif d'Électricité

Mr Schrader, président par intérim du CCE, a été invité par le CIPM pour présenter le rapport de la 16^e session de ce comité qui s'est tenue au Pavillon de Breteuil en mars 1983.

Ce comité avait à traiter plusieurs sujets importants, en particulier la réalisation et la conservation des unités électriques, l'ampère et le volt. En ce moment, le CCE estime se trouver dans une situation comparable à celle qui se présentait au début de ce siècle. La reproductibilité des représentations du volt dépasse de plusieurs ordres de grandeur l'exactitude avec laquelle on peut déterminer leur valeur dans le SI à partir des réalisations de l'ampère et de l'ohm. Autrefois, la solution avait consisté à faire appel à un second volt, dit volt international. A l'heure actuelle, au contraire, on a cherché à éviter toute dualité. C'est pourquoi en 1972 le CCE est convenu de recommander une valeur pour le rapport fréquence/tension lors de la mise en œuvre de l'effet Josephson pour conserver le volt. Le Comité Consultatif a préféré ne pas parler du rapport

e/h mais plutôt du rapport fréquence/tension. A l'époque et par la suite le CCE a recommandé que les laboratoires nationaux intensifient leurs travaux de recherche sur les réalisations directes ou indirectes des unités électriques, c'est-à-dire, typiquement, les recherches qui mettent en œuvre la balance de courant ou l'électromètre à plateaux ou celles qui permettent de réaliser l'ampère à partir de diverses constantes physiques. Depuis 1973, de nombreuses recherches ont été conduites par des méthodes variées dans différents laboratoires et tous les résultats s'accordent pour indiquer que le CCE avait été quelque peu optimiste lorsqu'il avait recommandé la valeur en question. Le CCE a donc demandé aux laboratoires nationaux de poursuivre leurs études, surtout sur la balance de courant et l'électromètre à plateaux.

On peut se demander si l'on ne devrait pas changer la définition et relier le volt aux constantes fondamentales. On pourrait en effet définir le volt au moyen de l'effet Josephson, mais, si l'on adoptait cette méthode, elle conduirait à définir le kilogramme à partir de l'électromètre à plateaux avec une précision inférieure à ce qu'elle est aujourd'hui. On pourrait aussi conserver le kilogramme tel qu'il est défini et définir néanmoins le volt par l'effet Josephson, mais on aurait alors deux valeurs différentes du watt : le watt défini à partir du volt et de l'ampère ne serait pas égal au watt défini à partir des unités mécaniques.

En conclusion, il est évident d'après les résultats obtenus que la valeur recommandée par le CCE n'est pas suffisamment exacte, mais pour le moment la précision des résultats obtenus au moyen des réalisations des unités électriques n'est pas suffisante. En conséquence, le CCE demande aux laboratoires nationaux de ne pas modifier pour l'instant la valeur dont ils se servent pour le rapport fréquence/tension.

Mr Schrader aborde ensuite la question de l'effet Hall quantique. Cette découverte remonte à 1980, c'est-à-dire deux ans après la 15^e session du CCE. L'utilisation de cet effet permet de reproduire l'unité de résistance avec une plus grande précision. Les premières recherches effectuées jusqu'à maintenant par la PTB et le NBS ne donnent pas de résultats suffisamment concordants. Il faut continuer à étudier cet effet. Pour le moment, seule la répétabilité des mesures faites par cette méthode est assez élevée, de l'ordre de 1×10^{-8} . Dans la Recommandation E1 (1983), il a été demandé aux laboratoires nationaux qui font des recherches dans ce domaine de faire parvenir le résultat de leurs mesures au BIPM avant février 1986 afin que le CCE, qui doit tenir sa 17^e session cette année-là, puisse recommander une valeur.

Le CCE a apprécié les travaux effectués par le BIPM en électricité. Ce comité estime que le programme des travaux prévus pour les années 1985 à 1988 constitue un minimum. Dans sa Recommandation E2 (1983), il a exprimé le souhait de voir davantage de personnel et de ressources consacrés à la section d'électricité du BIPM. Rien n'a encore été fait avec la nouvelle installation pour le passage du courant continu au courant alternatif. Il serait souhaitable aussi que le BIPM travaille sur l'effet Hall

quantique pour permettre de conserver l'unité de résistance. L'un des rôles essentiels du BIPM n'est-il pas de conserver les unités ?

Le rapport du CCE est soumis à discussion.

Mr Siegbahn trouve que la date de février 1986 est trop lointaine car trop voisine de la date de la 18^e CGPM. Mr Kind répond qu'il ne s'agit pas d'un changement des unités du SI mais simplement de décider d'une valeur à recommander aux laboratoires nationaux.

Le rapport du CCE est approuvé. Le Président remercie Mr Schrader pour son exposé et pour avoir bien voulu assurer par intérim la présidence de ce comité. Il donne ensuite la parole à Mr Blevin pour la présentation du rapport définitif du CCPR. A la session de 1982, le Comité International n'avait entendu qu'un bref rapport oral car ce Comité Consultatif s'était réuni quelques jours auparavant, du 28 au 30 septembre 1982.

8.3. Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie

Mr Blevin rappelle que le CCPR ne s'était pas réuni depuis que la 16^e CGPM avait adopté en 1979 une nouvelle définition de la candela. Le temps était venu de discuter de l'expérience acquise concernant la mise en œuvre de cette nouvelle définition. A cette occasion, le CCPR a rassemblé dans un document intitulé « Principes régissant la photométrie » tous les renseignements de base dont les utilisateurs peuvent avoir besoin.

Ce comité a passé en revue les nouvelles techniques que l'on utilise en radiométrie. Le NPL travaille sur un radiomètre absolu cryogénique qui permet de réaliser la candela. Au NBS, ainsi que dans d'autres laboratoires, on effectue des mesures absolues à l'aide de photodiodes dont le rendement quantique est proche de l'unité. Enfin, d'autres méthodes font appel au rayonnement des synchrotrons.

Le CCPR a longuement discuté des activités qu'il serait souhaitable de développer au BIPM. Ce comité estime en effet que le BIPM doit faire un effort dans les domaines de la photométrie et de la radiométrie. Pour répondre à cette demande, Mr Quinn a préparé une proposition de plan de travail dans ces domaines avec une évaluation des besoins en personnel et en ressources financières.

Mr Quinn ajoute qu'il a achevé son travail au NPL sur le radiomètre absolu cryogénique qui y est utilisé. Un second appareil a été construit dans ce même laboratoire avec l'aide de la société Oxford Instruments. Il serait donc possible de bénéficier de l'expérience déjà acquise avec ces réalisations. Compte tenu des progrès considérables faits récemment dans l'obtention de surfaces hautement absorbantes pour l'infrarouge, la voie est ouverte à un accroissement important de l'exactitude. Mr Quinn estime que la réalisation de l'instrument requiert le travail à temps complet d'un technicien de haut niveau, mais qu'il faudrait aussi la présence d'un jeune physicien pour participer au montage et à la mise en service finale de

l'équipement. Bien évidemment, il ne s'agit pour le moment que d'un projet qu'il faut étudier.

Mr Blevin pense que l'année qui vient peut être judicieusement consacrée à la réflexion. Dans un an, le NPL aura acquis plus d'expérience et le CIPM sera mieux à même de voir comment le BIPM pourrait efficacement utiliser une installation de ce type pour faire face aux responsabilités d'ordre pratique qui sont les siennes. Il n'est pas nécessaire en effet que le BIPM s'engage aussi profondément dans la recherche que les laboratoires nationaux. L'ensemble de la question devra être discuté à la prochaine session du CIPM.

8.4. Réunion des présidents des Comités Consultatifs

Pour la première fois, les présidents des Comités Consultatifs se sont réunis au cours d'une brève séance improvisée et présidée par Mr Kind. En effet, ces présidents connaissent les besoins des laboratoires membres des Comités Consultatifs mais ils connaissent aussi les difficultés de personnel et de financement qui restreignent les travaux du Bureau. Ils peuvent donc jouer un rôle efficace d'interprètes entre les laboratoires membres des Comités Consultatifs et le BIPM. Avant toute décision au sujet de la répartition des travaux du BIPM, il leur faut discuter la philosophie de base du rôle du Bureau. Depuis la création du Bureau, on a pu assister à une évolution considérable de son action.

Cette réunion a été l'occasion d'un échange de vues. Il est demandé au bureau du Comité de ménager dans l'ordre du jour de la prochaine session du CIPM une réunion des présidents des Comités Consultatifs. Il serait souhaitable qu'elle puisse se tenir en début de session afin qu'il en soit rendu compte à l'ensemble du CIPM.

8.5. Réunions futures des Comités Consultatifs

Mr Giacomo rappelle qu'il convient de fixer les dates des prochaines sessions plus d'un an à l'avance, au moins de façon provisoire. Les réunions sont prévues aux dates suivantes :

CCPR : septembre 1985, mais plus vraisemblablement 1986.

CCT : 5, 6 et 7 juin 1984 (la session suivante est prévue en 1986).

CCDM : avant d'envisager une session, il est nécessaire d'avoir des éléments d'information sur la mise en pratique de la nouvelle définition du mètre dans les différents laboratoires. On pourrait prévoir une session en 1985 mais sans aucune certitude.

CCEMRI : il est prévu des réunions du CCEMRI et de ses trois sections à la fin du printemps ou au début de l'été en 1985.

CCM : en mai ou juin 1985.

CCDS : pas avant le printemps de 1985, mais il est prématuré de prendre date.

CCU : en juin ou juillet 1984 *.

Mr Preston-Thomas demande que cette réunion ait lieu peu après celle du CCT, car il participera à l'une et à l'autre.

CCE : en 1986.

9. Questions administratives

9.1. Salaires et conditions de travail du personnel du BIPM

A la suite de remarques qui avaient été faites lors des précédentes sessions du CIPM, le bureau a étudié les résultats d'une comparaison entre les salaires et les conditions de travail du personnel du BIPM et ceux des Organisations Coordonnées ayant leur siège à Paris. En particulier, grâce à la bienveillante coopération du personnel de direction de l'Organisation pour la Coopération et le Développement Économique (OCDE) et de l'Agence Spatiale Européenne (ASE), une comparaison assez détaillée des salaires, évolutions de carrières, conditions de travail et retraites du personnel hautement qualifié des Organisations Coordonnées et du BIPM a été possible.

Les salaires et les conditions de travail au BIPM doivent être tels qu'il puisse attirer et garder un personnel d'un bon niveau scientifique. Cela implique que salaires et conditions de travail soient comparables à ceux d'un personnel de qualification similaire dans les organisations scientifiques internationales ayant leur siège en France. Le bureau du Comité a eu récemment des signes révélateurs indiquant que sur certains points au moins tel n'était pas le cas.

Après discussion entre la direction du BIPM et les commissions du personnel, le bureau propose d'introduire à compter du 1^{er} janvier 1984 une série d'allocations : d'expatriation, de foyer, de logement et d'installation. La proposition du bureau tend à rapprocher le système qui existe actuellement de celui des autres organisations internationales. Les nouvelles allocations bénéficieraient principalement au jeune personnel scientifique non résident et résident ainsi qu'aux catégories de personnel les moins bien rémunérées. Par ailleurs, il est proposé d'accorder des congés supplémentaires en fonction de l'ancienneté pour le personnel d'un grade inférieur ou égal à 9, c'est-à-dire ceux qui ont actuellement 30 jours de congés annuels. Cette mesure rapprocherait le BIPM des Organisations Coordonnées et serait conforme à la tendance française. Le coût total

* La session a été ultérieurement fixée du 18 au 20 juin 1984.

résultant de l'introduction de ces mesures est estimé à 2,19 % du budget du BIPM pour 1984.

Sous la pression des gouvernements, les Organisations Coordonnées ont été amenées à ne pas suivre strictement l'indice publié par l'INSEE pour les organismes internationaux installés en France mais ont accepté une réduction de quelques centièmes. Mr de Boer propose donc au CIPM d'introduire une mesure de ce type dans le système d'indexation des salaires au Bureau. Il n'est pas question de diminuer les salaires mais ceux-ci n'augmenteront pas autant qu'ils le feraient si l'on suivait rigoureusement l'indexation. Il reste à déterminer les modalités d'application de cette mesure qui n'ont pas été étudiées. Mr de Boer propose que, si le Comité est d'accord sur le principe, le bureau prenne une décision après discussion avec les représentants du personnel.

Le Comité se déclare d'accord sur le principe d'un recul par rapport à l'indice de l'INSEE suivi par le BIPM.

9.2. Régime des pensions de retraite

Mr de Boer présente ensuite un document concernant le régime des retraites du BIPM. Ce document résulte également d'une étude du règlement appliqué dans les Organisations Coordonnées. Les propositions essentielles consistent à ramener l'âge limite de la retraite de 70 à 65 ans et de quinze à sept ans le nombre minimal d'années nécessaires pour bénéficier d'une pension. Suivant ce règlement, il est aussi prévu d'introduire la possibilité de retraite anticipée avec pension incomplète et la possibilité pour les non résidents de recevoir le paiement de leur pension dans la monnaie de leur pays d'origine.

Mr Guinot demande pourquoi il n'est pas prévu de relever le pourcentage de contribution du salarié et de s'aligner sur le chiffre qui est appliqué dans les Organisations Coordonnées, puisque l'idée est de s'en rapprocher au maximum. Mr Kind répond qu'il semble que les 5 % prélevés au BIPM paraissent suffisants.

Mr Blevin estime qu'il serait nécessaire de consulter un actuaire pour évaluer le coût de cette réforme. Mr Quinn répond que, sur un nombre limité de personnes, il y a de grandes fluctuations. Mr Blevin pense qu'il serait cependant préférable d'avoir une étude actuariale.

Mr Wang demande ce qui pourrait être proposé pour les techniciens. Mr de Boer répond que pour certains techniciens l'âge limite de la retraite est maintenant de 64 ans, mais qu'il propose un âge limite uniforme de 65 ans pour tout le personnel.

Mr Plebanski fait part de ses doutes quant à l'âge de la retraite. En Pologne, l'âge de la retraite est effectivement fixé à 65 ans mais il y a une exception précisément pour les scientifiques qui ont la possibilité de travailler jusqu'à 70 ans. Avec les progrès qu'a faits la médecine, les personnes entre 65 et 70 ans sont encore très actives. Mr de Boer répond

que la proposition suit la tendance générale dans les pays représentés au sein des Organisations Coordonnées, mais qu'il faudrait ménager, pour les physiciens qui le voudraient, une possibilité de continuer à travailler, sur invitation. Pour Mr Preston-Thomas, il serait positif d'avancer l'âge de mise à la retraite à 65 ans, en ménageant la possibilité pour le retraité de travailler sous contrat sans être entravé par des tâches administratives.

Pour conclure, le Président dit qu'il a l'impression que dans son ensemble le Comité est favorable à toutes ces propositions. Puisque l'accord de principe se fait sur ces propositions, Mr de Boer suggère que ces dispositions soient précisées par le bureau du Comité en collaboration avec le personnel et qu'elles entrent en application au 1^{er} janvier 1984, ce qui est accepté.

10. Questions diverses

10.1. Stages de longue durée

La parole est donnée à Mr Quinn pour présenter la question et les propositions du bureau.

Dans toute institution scientifique, il est nécessaire de prendre des mesures positives pour encourager la fécondation réciproque des idées entre des spécialistes de différentes disciplines, l'apport de nouvelles idées par l'intermédiaire de scientifiques appartenant à d'autres organisations et la circulation continue des idées des jeunes physiciens. Dans une institution importante, ce problème peut être résolu en grande partie, mais non en totalité, par les contacts entre les personnels des différents départements de la même institution. Même dans ces conditions, un échange libre d'idées avec des personnes extérieures reste essentiel si l'institution veut demeurer saine et productive. Dans une petite institution telle que le BIPM, les possibilités d'échanges internes sont nécessairement limitées et il devient d'une importance cruciale d'avoir des contacts fréquents et étroits avec des scientifiques de l'extérieur. Ces contacts se font le plus souvent à l'occasion des réunions des Comités Consultatifs, des conférences scientifiques et des visites de quelques jours à d'autres laboratoires. Des visites plus longues sont également nécessaires de temps en temps pour un certain nombre de raisons. Si un nouveau domaine de la métrologie se développe, il arrive fréquemment que des progrès rapides voient le jour dans un petit nombre de laboratoires; l'un de ces stages prolongés d'un scientifique dans un autre laboratoire est le moyen le plus efficace pour transférer les nouvelles méthodes et les nouvelles technologies dans un autre laboratoire. Un tel stage peut durer de trois à douze mois. Même lorsqu'une nouvelle technologie n'est pas en cours de développement, les méthodes et techniques évoluent sans cesse, et il peut être souvent utile pour un scientifique qui travaille depuis de nombreuses années dans un laboratoire de passer une période prolongée dans un autre pour acquérir de nouvelles

attitudes et méthodes de travail que l'on trouve toujours dans d'autres laboratoires. Au niveau personnel, de telles visites sont toujours très enrichissantes, car elles élargissent l'horizon, favorisent de nouveaux contacts et créent un regain d'enthousiasme dans le travail. Dans le cas d'une très petite institution, tous ces arguments prennent une force plus grande.

Le petit nombre du personnel scientifique disponible au BIPM implique que la fréquence des stages de longue durée soit limitée, puisqu'il n'est pas possible qu'une proportion importante du personnel scientifique s'absente en même temps.

10.2. Bourses de recherche

En plus de ces stages, le Bureau pourrait avoir recours de temps en temps à un autre arrangement. Il s'agirait d'engager des physiciens pour une durée limitée qui pourrait être de l'ordre de deux ans. De tels engagements seraient utiles pour fournir un effort additionnel soit lors de la mise en place d'une nouvelle activité, soit dans un domaine existant où un renouveau d'activité est nécessaire. Il y aurait avantage à appeler ces engagements « bourses de recherche » et à essayer, à long terme, qu'ils soient recherchés par des scientifiques de haut niveau. Le coût de telles bourses de recherche, y compris les frais de voyage, serait couvert entièrement par le BIPM.

Pour Mr Kind, les avantages de ces deux propositions paraissent évidents. Mr Bray est aussi favorable à ce programme. Il demande comment se fera le choix des personnes. Le Président estime qu'il devra se faire en consultation avec le bureau du Comité. Mr Bray demande si de la publicité sera faite à propos des bourses. Il lui est répondu par la négative. Les arrangements devraient s'effectuer par l'entremise des laboratoires nationaux. Mr Guinot pense que dans ce cadre le Bureau pourrait accueillir des étudiants qui préparent leur thèse. Mr Quinn signale que dans cet esprit des contacts ont par exemple été pris avec l'École Supérieure d'Électricité (France).

10.3. Politique de recrutement du personnel

Ainsi que le Comité a pu le constater d'après les rapports entendus des Comités Consultatifs, les besoins en personnel supplémentaire sont croissants. Dans le « Programme de travail et budget du Bureau International des Poids et Mesures dans les quatre années 1985-1988 » il est proposé une augmentation globale du personnel de quatre personnes. En plus de ces créations de postes, il convient de prévoir le départ en retraite d'au moins deux physiciens. Le remplacement des métrologistes de haut niveau à l'occasion de leur départ en retraite pose un problème difficile.

Le bureau du CIPM propose qu'une personne supplémentaire soit

recrutée en temps opportun par le BIPM pour travailler sur le Temps Atomique International. La seconde priorité après le TAI concerne la section des masses. Pour cette section, il serait souhaitable de recruter quelqu'un en 1984.

A partir de 1985, la section des lasers pourrait accueillir utilement des scientifiques engagés sur des bourses de recherche.

En électricité, le BIPM cherche à remplacer G. Gillies. Dans cette section, un poste sur bourse de recherche pourrait être envisagé ultérieurement.

10.4. Stage de T. J. Quinn à Cambridge

Le Président indique que Mr Quinn a demandé à bénéficier des dispositions prises pour les stages de longue durée. Mr Quinn souhaiterait passer la période d'octobre 1984 à juillet 1985 au Cavendish Laboratory à l'université de Cambridge où une « Distinguished Visiting Fellowship » à Christ College lui a été proposée, afin d'y faire des recherches sur les balances. Ainsi que les membres du CIPM le savent, il a déjà conçu et construit une balance comportant des suspensions flexibles. Pour apporter des améliorations à cette balance, il voudrait faire une étude approfondie de la dynamique des balances à fléau et se familiariser avec les systèmes d'asservissement mécaniques de précision. Or, le Cavendish Laboratory a des chercheurs qui ont particulièrement travaillé sur ce type de questions. Mr Quinn est convaincu qu'il pourrait beaucoup profiter d'un stage dans ce laboratoire et que l'expérience ainsi acquise pourrait être extrêmement utile à la section des masses du BIPM. Compte tenu de la proximité de Cambridge, il lui serait possible de venir régulièrement au Bureau, en particulier pour assister aux réunions des Comités Consultatifs et du Comité International, et garder ainsi un contact étroit avec le travail courant des laboratoires du BIPM.

Mr Ambler estime que, puisqu'il s'agit d'améliorer les travaux sur les balances et les pesées, un tel stage peut en effet être très bénéfique et il se déclare favorable à ce projet.

Mr Kind aussi se déclare favorable à ce projet, sur lequel le Comité donne son accord.

10.5. Renouvellement par moitié du CIPM

La 17^e CGPM doit procéder au renouvellement par moitié des membres du CIPM. Les membres sortants sont d'abord ceux qui ont été élus provisoirement depuis la dernière Conférence. Ce sont : MM. Blevin, Bray, Kawata, Plebanski et Skakala. Le Comité doit donc tirer au sort quatre autres noms pour compléter la liste à soumettre au vote de la Conférence Générale.

Le tirage au sort désigne MM. Ambler, Dunworth, Siegbahn et Wang.

11. Élection du bureau du CIPM

La dernière séance du Comité International, après clôture de la Conférence, a débuté sous la présidence provisoire de J. de Boer, doyen des membres du nouveau Comité élu par la 17^e CGPM.

Confirmant la déclaration qu'il a faite devant la Conférence Générale, Mr Dunworth fait part de son intention de présenter sa démission à la prochaine session du CIPM, en octobre 1984. Pour le moment, il estime devoir présenter sa candidature à la présidence du Comité.

Après dépouillement de quatre votes à bulletin secret, le bureau du Comité est ainsi constitué :

Président : J. V. Dunworth

Vice-Président : D. Kind

Secrétaire : J. de Boer

Secrétaire-Adjoint : H. H. Jensen

12. Mise en pratique de la définition du mètre

Par sa Résolution 2, la 17^e CGPM a invité le CIPM « à établir des instructions pour la mise en pratique de la nouvelle définition du mètre ainsi qu'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 ».

Mr Kind, Président du CCDM, soumet à l'approbation du CIPM un projet de recommandation qui avait été préparé à cet effet par le CCDM lors de sa 6^e session, en 1982. Ce projet comporte une liste de radiations recommandées. Une mise à jour de cette liste avait été prévue à l'époque. Cette mise à jour a été faite en étroite collaboration entre les laboratoires nationaux et le BIPM pour tenir compte des résultats les plus récents. Mr Kind tient à rendre hommage au travail effectué par tous.

Mr Ambler ajoute que c'est avec une certaine fierté que le Comité devrait approuver ce projet.

La Recommandation 1 (CI-1983) est approuvée (*voir* p. 25).

13. Prochaine session du CIPM

Il reste au CIPM à convenir des dates de sa prochaine session. Après discussion, les dates retenues sont les :

16, 17 et 18 octobre 1984.

Il est prévu de consacrer une journée entière à l'exposé des travaux et à la visite des laboratoires, car cette année la préparation de la Conférence Générale n'a pas permis au CIPM d'y consacrer un temps suffisant.

Il est aussi convenu que les présidents des Comités Consultatifs se réuniront pour rassembler les différentes demandes de ces comités concernant le programme de travail du BIPM et se concerter sur la stratégie à suivre. Le moment où cette réunion aura lieu n'a pas été décidé.

L'ordre du jour étant épuisé, le Président clôt la 72^e session du CIPM.

Recommandation
adoptée par le CIPM à sa 72^e session

RECOMMANDATION 1 (CI-1983)

Mise en pratique de la définition du mètre

Le Comité International des Poids et Mesures,

recommande

— que le mètre soit réalisé par l'une des méthodes suivantes :

a) au moyen de la longueur l du trajet parcouru dans le vide par une onde électromagnétique plane pendant la durée t ; cette longueur est obtenue à partir de la mesure de la durée t , en utilisant la relation $l = c.t$ et la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide $c = 299\,792\,458$ m/s;

b) au moyen de la longueur d'onde dans le vide λ d'une onde électromagnétique plane de fréquence f ; cette longueur d'onde est obtenue à partir de la mesure de la fréquence f , en utilisant la relation $\lambda = c/f$ et la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide $c = 299\,792\,458$ m/s;

c) au moyen de l'une des radiations de la liste ci-dessous, radiations pour lesquelles on peut utiliser la valeur donnée de la longueur d'onde dans le vide ou de la fréquence, avec l'incertitude indiquée, pourvu que l'on observe les conditions spécifiées et le mode opératoire reconnu comme approprié;

— et que dans tous les cas les corrections nécessaires soient appliquées pour tenir compte des conditions réelles telles que diffraction, gravitation ou imperfection du vide.

LISTE DES RADIATIONS RECOMMANDÉES, 1983

Dans cette liste, les valeurs de la fréquence f et de la longueur d'onde λ d'une même radiation devraient être liées exactement par la relation $\lambda f = c$, avec $c = 299\,792\,458$ m/s mais les valeurs de λ sont arrondies.

1. — *Radiations de lasers asservis sur des raies d'absorption saturée* *

1.1. — Molécule absorbante CH_4 , transition ν_3 , P(7), composante $F_2^{(2)}$.

Les valeurs $f = 88\,376\,181\,608$ kHz

$\lambda = 3\,392\,231\,397,0$ fm

avec une incertitude globale relative estimée de $\pm 1,3 \times 10^{-10}$ [qui résulte d'un écart-type estimé de $0,44 \times 10^{-10}$ en valeur relative] s'appliquent à la radiation émise par un laser à He-Ne asservi à l'aide d'une cellule à méthane, située à l'intérieur ou à l'extérieur du laser, lorsque les conditions suivantes sont respectées dans la cellule :

- pression du méthane ≤ 3 Pa,
- puissance surfacique moyenne sur l'axe transportée par les faisceaux, dans un seul sens, à l'intérieur de la cavité ** $\leq 10^4$ W/m²,
- rayon de courbure des surfaces d'onde ≥ 1 m,
- différence relative de puissance entre les deux ondes qui se propagent en sens inverse l'une de l'autre ≤ 5 %.

1.2. — Molécule absorbante $^{127}\text{I}_2$, transition 17-1, P(62), composante o.

Les valeurs $f = 520\,206\,808,51$ MHz

$\lambda = 576\,294\,760,27$ fm

avec une incertitude globale relative estimée *** de $\pm 6 \times 10^{-10}$ [qui résulte d'un écart-type estimé de 2×10^{-10} en valeur relative] s'appliquent à la radiation émise par un laser à colorant (ou à la radiation émise par un laser à He-Ne et doublée en fréquence) asservi à l'aide d'une cellule à iode, située à l'intérieur ou à l'extérieur du laser, ayant un point froid à la température de $6^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

1.3. — Molécule absorbante $^{127}\text{I}_2$, transition 11-5, R(127), composante i.

Les valeurs $f = 473\,612\,214,8$ MHz

$\lambda = 632\,991\,398,1$ fm

avec une incertitude globale relative estimée de $\pm 1 \times 10^{-9}$ [qui résulte d'un écart-type estimé de $3,4 \times 10^{-10}$ en valeur relative] s'appliquent à la radiation émise par un laser à He-Ne asservi à l'aide d'une cellule à iode intérieure au laser, lorsque les conditions suivantes sont respectées :

- température des parois de la cellule comprise entre 16°C et 50°C avec un point froid à $15^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$,
- puissance moyenne transportée par les faisceaux dans un seul sens, à l'intérieur de la cavité ** 15 mW ± 10 mW,
- modulation de la fréquence, amplitude de crête à creux 6 MHz ± 1 MHz.

1.4. — Molécule absorbante $^{127}\text{I}_2$, transition 9-2, R(47), composante o.

Les valeurs $f = 489\,880\,355,1$ MHz

$\lambda = 611\,970\,769,8$ fm

avec une incertitude globale relative estimée de $\pm 1,1 \times 10^{-9}$ [qui résulte d'un écart-type estimé de $3,7 \times 10^{-10}$ en valeur relative] s'appliquent à la radiation émise par un laser à He-Ne asservi à l'aide d'une cellule à iode, située à l'intérieur ou à l'extérieur du laser, ayant un point froid à la température de $-5^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

1.5. — Molécule absorbante $^{127}\text{I}_2$, transition 43-0, P(13), composante a_3 (quelquefois dénommée composante s).

Les valeurs $f = 582\,490\,603,6$ MHz

$\lambda = 514\,673\,466,2$ fm

avec une incertitude globale relative estimée de $\pm 1,3 \times 10^{-9}$ [qui résulte d'un écart-type estimé de $4,3 \times 10^{-10}$ en valeur relative] s'appliquent à la radiation émise par un laser à Ar^+ asservi à l'aide d'une cellule à iode, située à l'intérieur ou à l'extérieur du laser, ayant un point froid à la température de $-5^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

Notes

* Chacune de ces radiations peut être remplacée, sans perte d'exactitude, par une radiation correspondant à une autre composante de la même transition, ou par une autre radiation, lorsque la différence de fréquence correspondante est connue avec une exactitude suffisante. Des détails sur les méthodes d'asservissement sont décrits dans de nombreuses publications scientifiques ou techniques. Des exemples de conditions expérimentales considérées comme convenables sont décrits, pour telle ou telle radiation, dans des publications dont les références peuvent être obtenues auprès des laboratoires membres du CCDM ou auprès du BIPM.

** La puissance transportée par les faisceaux, dans un seul sens, à l'intérieur de la cavité, est obtenue en divisant la puissance de sortie par le facteur de transmission du miroir de sortie.

*** Cette incertitude, de même que les valeurs de f et de λ , est fondée sur la moyenne pondérée de deux déterminations seulement. Cependant, la plus précise de ces deux déterminations a été obtenue exclusivement par multiplication et mélange de fréquences à partir de la radiation précédente (paragraphe 1.1).

2. — Radiations de lampes spectrales

2.1. — Radiation correspondant à la transition entre les niveaux $2p_{10}$ et $5d_5$ de l'atome de ^{86}Kr .

La valeur $\lambda = 605\,780\,210$ fm

avec une incertitude globale relative estimée de $\pm 4 \times 10^{-9}$ [qui résulte d'un écart-type estimé de $1,3 \times 10^{-9}$ en valeur relative] s'applique à la

radiation émise par une lampe utilisée dans les conditions recommandées par le CIPM (*Procès-Verbaux CIPM*, 49^e session, 1960, pp. 71-72 et *Comptes Rendus 11^e CGPM*, 1960, p. 85).

2.2. — Les radiations des atomes de ^{86}Kr , ^{198}Hg et ^{114}Cd recommandées par le CIPM en 1963 (*Comité Consultatif pour la Définition du Mètre*, 3^e session, 1962, pp. 18-19 et *Procès-Verbaux CIPM*, 52^e session, 1963, pp. 26-27) avec les valeurs indiquées pour leur longueur d'onde et pour l'incertitude correspondante.

RAPPORT DU DIRECTEUR
SUR L'ACTIVITÉ ET LA GESTION
DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
(octobre 1982 — septembre 1983)

I. — PERSONNEL

Nominations

G. LECLERC, métrologiste principal et adjoint, a été nommé chef de section émérite à compter du 1^{er} janvier 1983.

J. W. MÜLLER, physicien principal et adjoint, a été nommé physicien chercheur principal à compter du 1^{er} janvier 1983.

T. WITT, physicien principal et adjoint, a été nommé physicien chercheur principal à compter du 1^{er} janvier 1983.

J. MONPROFIT, secrétaire principale, a été nommée secrétaire de direction avec rang d'administrateur, à compter du 1^{er} janvier 1983.

Départs

R. MICHARD, chef d'atelier, a pris sa retraite le 31 décembre 1982, après plus de 51 ans de services compétents et dynamiques.

D. HOWELL, secrétaire, a quitté son emploi sur sa demande le 15 juillet 1983.

G. GILLIES, physicien, a quitté le Bureau International à la fin de son contrat de deux ans, le 31 juillet 1983.

Engagements

Jean-Pierre DEWA, né le 6 novembre 1940 à Meudon, qui était depuis 1963 mis à la disposition du groupe de dosimétrie par le Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (France), a été engagé à titre permanent comme mécanicien, le 1^{er} janvier 1983.

Adèle WITT, née le 5 février 1944 à Corning (États-Unis d'Amérique), a été engagée comme assistante bibliothécaire à temps partiel, pour un an, le 1^{er} novembre 1982.

Danièle LE COZ, née le 28 septembre 1954 à Rabat (Maroc), précédemment documentaliste-traductrice au Centre National de

Documentation Pédagogique, Paris, a été engagée comme secrétaire le 1^{er} septembre 1983.

Titularisation

Manuel DE CARVALHO-NEVES, contractuel depuis le 1^{er} février 1981, a été titularisé le 1^{er} janvier 1983 en tant que mécanicien.

II. — BÂTIMENTS

Observatoire

Réfection totale du système de protection par paratonnerre.

Pour satisfaire dans de meilleures conditions nos besoins en azote liquide et faciliter notre approvisionnement, nous avons acheté un réservoir de 1 500 l; un conteneur mobile de 200 l, rempli à partir de ce réservoir, est installé à la salle 7 pour le remplissage des petits bidons.

Petit Pavillon

Réparation de l'angle nord-ouest de la toiture.

Grand Pavillon

Réfection du système de protection par paratonnerre; peinture des menuiseries extérieures; réparation de la toiture de la partie nord (bureaux de l'Administration).

Dépendances

Curage annuel des canalisations souterraines des eaux usées; abattage et élagage de quelques arbres.

Bâtiment des lasers

Afin de libérer les lieux en vue de la construction du bâtiment des lasers, installation de trois hangars provisoires pour l'atelier de menuiserie, le groupe électrogène et le stockage de matériel. Début des travaux : démolition de l'ancienne menuiserie, terrassement et gros œuvre.

III. — INSTRUMENTS ET TRAVAUX

Remarques générales

Cette année encore, une partie importante de l'activité des membres des sections des longueurs et des lasers a été orientée vers la préparation de la nouvelle définition du mètre et plus précisément de sa mise en pratique. La

liste des radiations recommandées qui avait été préparée pour la 7^e session (juin 1982) du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM) a été mise au point. Les données bibliographiques ont été complétées. Toutes ont fait l'objet d'un examen critique, souvent suivi d'échanges de correspondance avec les auteurs.

A la demande du CCDM, les tables des intervalles de structure hyperfine des raies intéressantes de la molécule d'iode ($^{127}\text{I}_2$, $^{129}\text{I}_2$ ou $^{127}\text{I}^{129}\text{I}$) dont une première version avait été publiée par le BIPM (CCDM, 5^e session (1973), pp. M 25-M 26), ont été complétées et mises à jour. Ces tables s'appuient sur les meilleurs résultats publiés. Elles sont données en annexe au rapport sur la 7^e session du CCDM (1982), pp. M 65-M 75. Rappelons qu'un laser asservi sur une raie d'absorption saturée de l'iode est généralement asservi sur l'une des composantes hyperfines. Si l'intervalle de fréquence entre cette composante et celle qui figure dans la liste des radiations recommandées est connu avec une incertitude inférieure à quelques kilohertz, la fréquence du laser s'en déduit sans perte appréciable d'exactitude. Les tables des intervalles constituent donc un instrument de travail précieux.

Les travaux concernant les étalons de masse continuent à se développer. Un type d'effet systématique qui était jusqu'ici passé inaperçu a été mis en évidence. Il est lié à la séquence des pesées et à l'utilisation d'une surcharge pour déterminer la sensibilité de la balance. Il faudra en supprimer soit la cause, soit l'effet.

Une étude s'impose, elle est en cours. Cela montre bien que, dans ce domaine, il reste encore beaucoup de travail à faire.

La première comparaison de gravimètres absolus transportables avait été mentionnée dans le Rapport de 1982. Les résultats provisoires montrent que ces instruments peuvent être sujets à des écarts systématiques significatifs. Comme toujours en métrologie, une telle comparaison était indispensable pour démontrer l'existence de ces écarts. Des comparaisons analogues sont déjà projetées pour les années à venir.

Dans de nombreux domaines, les techniques et les méthodes de travail se renouvellent rapidement, parfois de façon spectaculaire. Pour le Temps Atomique International (TAI), on commence à utiliser de façon systématique les liaisons horaires par satellite; les applications métrologiques de l'effet Josephson et maintenant de l'effet Hall quantique deviennent les meilleurs moyens de conserver les unités électriques; la photométrie fait de plus en plus appel à la radiométrie; la méthode d'échantillonnage sélectif ouvre une nouvelle voie pour le comptage absolu des émissions radioactives; parmi les mesures neutroniques, celle de la dose absorbée prend une importance croissante.

Si la contribution du BIPM à ces développements ne peut être que modeste, elle est souvent décisive. En tout cas, le BIPM doit se tenir prêt à répondre aux besoins nouveaux que font apparaître ces méthodes nouvelles. C'est l'une de nos préoccupations constantes. Elle apparaîtra clairement en plusieurs points dans ce Rapport.

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

1. Longueurs (P. Carré, J. Hamon)

1.1. — Étalons à traits

Comparaisons internationales

Le troisième circuit (IMGC, NIM, CSIRO, OFMET) de la comparaison internationale de mesure de la règle divisée N° 12924 (Rapport 1982, p. 29) est en voie d'achèvement. La règle, arrivée à l'OFMET (Suisse) à la fin d'août 1982, a été étudiée par ce laboratoire et rapportée au BIPM le 23 septembre 1983. Le rapport définitif du CSIRO (Australie) et celui de l'OFMET devraient nous parvenir avant la fin de l'année 1983.

L'IMM (U.R.S.S.), qui avait participé à cette comparaison au cours du deuxième circuit, a demandé à effectuer de nouvelles mesures en raison du défaut de stabilité thermique constaté lors de sa première étude. La règle lui sera expédiée après achèvement de l'étude prévue au BIPM à la fin du troisième circuit.

Mètre prototype

Étude, au comparateur photoélectrique et interférentiel, du Mètre prototype N° 29 (Suède) : mesure de la longueur de l'intervalle principal et de la distance entre les deux traits de l'extrémité B qui définissent, avec le trait de l'extrémité A, l'un un intervalle de 1 m à 20 °C et l'autre un intervalle de 1 m à 0 °C. Les résultats obtenus sont :

$$\begin{array}{rcl} \text{N}^\circ 29 (20\text{ }^\circ\text{C}) & = & 1\text{ m} + 0,023\ \mu\text{m} \\ \text{N}^\circ 29 (0\text{ }^\circ\text{C}) - \text{N}^\circ 29 (20\text{ }^\circ\text{C}) & = & 173,110\ \mu\text{m} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} \text{N}^\circ 29 (20\text{ }^\circ\text{C}) \\ \text{N}^\circ 29 (0\text{ }^\circ\text{C}) - \text{N}^\circ 29 (20\text{ }^\circ\text{C}) \end{array}} \right\} (\text{mars } 1983).$$

Lors de la dernière étude faite au BIPM, nous avons obtenu :

$$\begin{array}{rcl} \text{N}^\circ 29 (20\text{ }^\circ\text{C}) & = & 1\text{ m} + 0,042\ \mu\text{m} \\ \text{N}^\circ 29 (0\text{ }^\circ\text{C}) - \text{N}^\circ 29 (20\text{ }^\circ\text{C}) & = & 173,108\ \mu\text{m} \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{rcl} \text{N}^\circ 29 (20\text{ }^\circ\text{C}) \\ \text{N}^\circ 29 (0\text{ }^\circ\text{C}) - \text{N}^\circ 29 (20\text{ }^\circ\text{C}) \end{array}} \right\} (\text{nov. } 1975).$$

Règle divisée

Règle N° 558 de 1 m en invar (Suède) : longueur de l'intervalle principal et étalonnage de tous les traits centimétriques et des traits millimétriques du premier et du dernier centimètre.

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

Mesure dans l'interféromètre Tsugami de dix calibres pour le Service de la Métrologie, Belgique.

Pour l'Institut Métrologique Tchécoslovaque (Bratislava), mesure à l'interféromètre Tsugami de cinq calibres de 125, 150, 175, 200 et 250 mm, et mesure au comparateur photoélectrique du calibre de 250 mm précédent ainsi que de trois autres calibres de 300, 400 et 500 mm. Ces huit calibres avaient déjà été mesurés au BIPM en 1976. Les résultats des dernières mesures présentent par rapport aux anciennes les écarts respectifs suivants : + 0,03, + 0,05, + 0,02, + 0,03, + 0,03, + 0,01, — 0,01 et — 0,05 μm .

1.3. — Base géodésique (G. Girard)

Mesure interférentielle de la règle I5 de 4 m

La longueur de cette règle en invar, qui nous sert d'étalon de départ pour les mesures de fils et de rubans géodésiques, a été de nouveau déterminée sur l'intervalle (8-16) m de la base après une remise en état partielle de l'installation de mesure interférentielle. Le résultat obtenu est :

$$I5 = 4 \text{ m} + 52,9 \mu\text{m} \text{ à } 0^\circ\text{C} \text{ (octobre 1982).}$$

La précédente détermination avait donné :

$$I5 = 4 \text{ m} + 52,4 \mu\text{m} \text{ à } 0^\circ\text{C} \text{ (octobre 1979).}$$

Fils géodésiques

Huit fils de 24 m et deux fils de 8 m ont été étalonnés pour la Yougoslavie.

Invar géodésique

L'étuvage de l'invar de la livraison 32 (1 425 kg) se poursuit depuis maintenant 5 ans. Au cours des mesures du coefficient de dilatation en relation avec les étuvages successifs, nous nous sommes aperçus que cet invar avait un comportement différent de celui des livraisons précédentes. C'est ce qui nous a incités à rédiger le Rapport BIPM-83/6 qui rassemble un grand nombre de données disponibles sur les livraisons d'invar. La figure 1 indique que les points représentant le relèvement, en fonction de la température d'étuvage, du coefficient de dilatation à 20 °C se situent assez bien au voisinage d'une droite pour un certain nombre de livraisons précédentes alors que les points relatifs à la livraison 32 s'en écartent fortement.

Nous avons effectué l'étuvage d'environ 293 kg d'alliage provenant de la livraison 32 (étuvages J, K et L) et, en relation avec ces traitements thermiques, nous avons déterminé le coefficient de dilatation de vingt-deux échantillons de fils de 24 m de longueur.

Nous avons d'autre part soumis 80 fils d'invar géodésique de 24 m de longueur à un traitement mécanique (battage) pour une entreprise française.

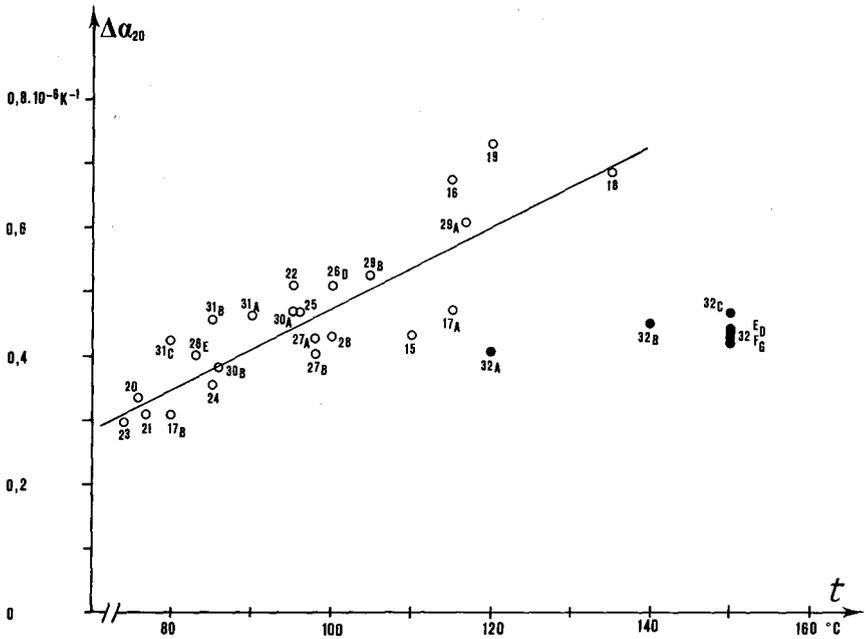


Fig. 1. — Influence de la température d'étuvage t sur le relèvement $\Delta\alpha_{20}$ du coefficient de dilatation à 20 °C du fil d'invar des divers livraisons. Les nombres inscrits à côté des points sont les numéros des livraisons; les lettres, lorsqu'elles existent, correspondent aux différents étuvages.

2. Lasers (J.-M. Chartier)

2.1. — Généralités

- Nous poursuivons l'étude des paramètres susceptibles d'affecter la reproductibilité de fréquence des lasers asservis sur des raies d'absorption saturée.

En nous inspirant des travaux de A. Le Floch (Laboratoire d'Électronique Quantique, Rennes) ⁽¹⁾ et de A. Titov (IMPR, Moscou) ⁽²⁾, nous avons établi, en collaboration avec P. Cérez (LHA, Orsay), un modèle théorique simple tenant compte de l'effet de lentille dans le gaz absorbant. Un choix approprié des paramètres géométriques de la cavité devrait permettre de réduire les variations de cet effet en fonction de la fréquence et par suite les déplacements de fréquence connus (effet de modulation, de puissance et de pression). Les premières expériences sont en cours pour vérifier ces conclusions sur des lasers à He-Ne asservis sur le méthane à $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$.

⁽¹⁾ LE FLOCH, A., LENORMAND, J.-M., LE NAOUR, R. and TACHÉ, J.-P. A critical geometry for lasers with internal lenslike effects. *J. Physique-Lettres*, **43**, 1982, pp. L-493 - L-498.

⁽²⁾ ТИТОВ, А. Saturated refractive index frequency shifts in lasers stabilized by saturated absorption. *Opt. Commun.*, **43**, 1982, pp. 419-424.

D'autre part, nous avons poursuivi les calculs de structure hyperfine de diverses raies de l'iode susceptibles de se superposer aux raies habituellement utilisées. On a calculé les différences de fréquence des composantes hyperfines des transitions de $^{127}\text{I}_2$ et $^{129}\text{I}_2$ qui coïncident avec l'émission du laser à He-Ne à $\lambda = 612$ nm et à $\lambda = 633$ nm, y compris les composantes hyperfines des transitions $\Delta F = \Delta J$, $\Delta F = 0$ et les raies d'absorption dues aux croisements de niveaux (Rapports BIPM-82/12 et 83/5, par M. Gläser). Outre les raies habituellement citées dans les publications, on a calculé des transitions moins intenses R(80) 1-0 à $\lambda = 633$ nm et R(34) 17-6 à $\lambda = 612$ nm. Les intensités relatives de ces différentes transitions de vibration-rotation ont été estimées, ainsi que les déplacements de fréquence des composantes hyperfines produits par la proximité d'une composante perturbatrice; on a tenu compte de l'amplitude relative de la composante perturbatrice et de son écart de fréquence avec la composante hyperfine considérée.

A partir de la bibliographie existante, nous avons établi une liste des intervalles de fréquence mesurés entre composantes hyperfines de raies d'absorption de l'iode. Cette liste comporte quatorze raies de vibration-rotation et chaque raie 15 à 48 composantes; elle est publiée en annexe du rapport sur la 7^e session du CCDM.

Ces trois dernières années, la qualité de plusieurs cuves à iode remplies au BIPM s'est révélée mauvaise; nous avons entrepris une étude systématique des facteurs que l'on peut incriminer. Cette mauvaise qualité était vraisemblablement due à la présence d'impuretés dans les cuves, impuretés qui pouvaient y avoir été introduites au cours du nettoyage, avant le collage des fenêtres.

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

1) Améliorations

a) Les montures de trois de nos lasers (BIPM3, 4 et 5), en service depuis 1974, ont été remplacées en 1982-1983; les avantages des nouvelles montures par rapport aux anciennes sont une rigidité plus grande, une dilatabilité inférieure, une meilleure finesse et une meilleure stabilité des réglages optiques des miroirs du laser.

b) En liaison avec un fabricant (NEC, Japon), nous avons étudié le problème de la fourniture de tubes à décharge à He-Ne pour les lasers.

Un tube du modèle GLT 20-40 rempli avec un mélange He-Ne modifié suivant nos directives nous a donné satisfaction. Nous en avons informé plusieurs laboratoires qui nous avaient fait part de besoins très urgents, ce qui nous a permis de grouper une première série de commandes.

Ces tubes pouvaient encore être améliorés, en particulier pour accroître leur durée de vie. Toujours en accord avec le fabricant, nous avons effectué des études complémentaires. Nous avons notamment pu augmenter la

pression totale du mélange de gaz sans altérer les qualités du tube du point de vue du bruit; de plus, nous avons demandé au fabricant de prendre des précautions supplémentaires pour améliorer le dégazage des tubes. Devant l'urgence de plus en plus pressante des besoins d'un nombre croissant de laboratoires (environ 35), nous avons organisé une deuxième série de commandes.

Cette action du BIPM avait été souhaitée par plusieurs laboratoires membres du CCDM.

2) Stabilité à long terme

Nous comparons périodiquement entre eux les lasers BIPM2 et BIPM3; les écarts observés n'excèdent pas $\pm 3 \times 10^{-11}$ depuis près de sept ans (fig. 2). Il faut signaler que la modification de la monture du laser BIPM3, en octobre 1982, ne semble pas avoir entraîné un décalage significatif de la fréquence.

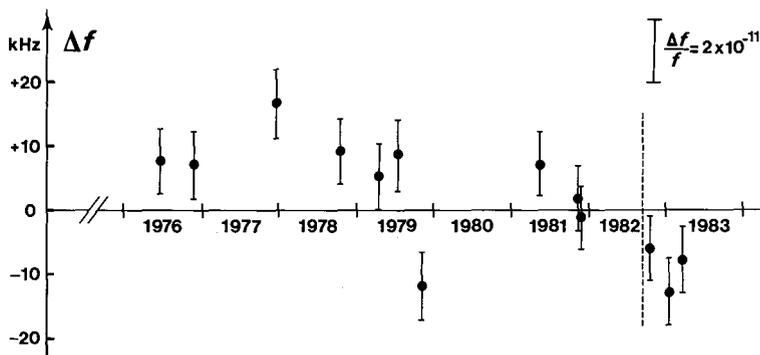


Fig. 2. — Stabilité à long terme de la différence de fréquence des lasers BIPM2 et BIPM3 asservis sur l'iode à $\lambda = 633$ nm.

Le trait vertical en tireté indique la date de la modification complète de la monture du laser BIPM3.

3) Intervalles de fréquence

a) Depuis environ neuf ans, nous avons effectué sept déterminations de l'intervalle de fréquence entre la composante B de la raie P(33) 6-3 de $^{129}\text{I}_2$ et la composante i de la raie R(127) 11-5 de $^{127}\text{I}_2$; la valeur moyenne est :

$$f(^{129}\text{I}_2, \text{ B}, 10^\circ\text{C}) - f(^{127}\text{I}_2, \text{ i}, 10^\circ\text{C}) = 988,286 \text{ MHz},$$

avec $s = 19$ kHz ($s =$ estimation de l'écart-type d'une détermination).

b) Pour les intervalles de fréquence entre les composantes principales de la raie P(33) 6-3 de $^{129}\text{I}_2$, on a obtenu de même :

$$\begin{aligned} f(\text{A}) - f(\text{B}) &= - 19,845 \text{ MHz}, & s &= 8 \text{ kHz} \\ f(\text{C}) - f(\text{B}) &= + 17,829 & s &= 13 \\ f(\text{D}) - f(\text{B}) &= + 102,582 & s &= 24 \end{aligned}$$

c) Lors de la comparaison IMGC-BIPM (Rapport 1982, p. 32), grâce à la faible longueur de la cavité optique d'un des lasers de l'IMGC, nous avons pu déterminer certains intervalles de fréquence rarement mesurés de la raie R(127) 11-5 de $^{127}\text{I}_2$:

$$\left. \begin{aligned} f(k) - f(i) &= -129,942 \text{ MHz} \\ f(l) - f(i) &= -137,988 \\ f(m) - f(i) &= -153,796 \\ f(n) - f(i) &= -162,811 \end{aligned} \right\} s = 5 \text{ kHz.}$$

Les résultats donnés ci-dessus en a, b et c ont été utilisés pour établir la liste des intervalles de fréquence (CCDM, 7^e session, 1982, Annexe M 5).

4) Comparaisons de cuves à iode

Six déterminations ont été effectuées sur une cuve à iode 127 du NBS qui a été associée à l'un des lasers du BIPM; la différence moyenne entre la fréquence du laser muni de cette cuve et celle de notre laser de référence est :

$$f(^{127}\text{I}_2, \text{NBS}) - f(\text{BIPM2}) = -9,3 \text{ kHz}, s = 4,2 \text{ kHz.}$$

Ce résultat est en accord à 10 kHz près (2×10^{-11}) avec ceux qui ont été obtenus antérieurement sur cette même cuve au NBS et au NPL.

Pour l'Helsinki University of Technology (Finlande), nous avons rempli et contrôlé deux cuves à iode.

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

Pour asservir notre laser à He-Ne sur l'absorption saturée de l'iode en cuve externe, deux boucles d'asservissement sont nécessaires, l'une pour le laser, l'autre pour le résonateur Perot-Fabry dans lequel est installée la cuve à iode.

Des essais de modulation à 18 kHz de la longueur de la cavité du résonateur et à 2 kHz de celle du laser n'ont pas donné de résultats satisfaisants. Nous avons ensuite modulé à 4 kHz uniquement la cavité du résonateur; la composante fondamentale du signal est détectée pour asservir le résonateur, l'harmonique trois devant être utilisé pour asservir le laser sur un pic d'absorption saturée. L'asservissement du résonateur fonctionne correctement mais celui du laser nous pose encore quelques problèmes dus à la faiblesse des signaux observés.

Le découplage optique du laser par rapport au résonateur est obtenu à l'aide d'un isolateur à effet Faraday qui s'est avéré très efficace. Ce type d'isolateur pouvant être utile pour d'autres applications, nous en avons construit deux autres exemplaires.

2.4. — Lasers à He-Ne asservis sur le « Lamb dip »

1) Étalonnage

Le laser Spectra-Physics, type 119, utilisé à la section des longueurs a été réétalonné par battement avec un laser asservi sur l'iode 127. Les valeurs données ci-dessous sont obtenues à partir de la différence de fréquence mesurée entre le laser étudié et le laser de référence, en admettant pour ce dernier la longueur d'onde recommandée (*Procès-Verbaux CIPM*, **41**, 1973, p. 112).

Laser N° 418	}	$\lambda = 632\,991\,443,6$ fm	février 1983
		(438,2 fm	janvier 1981)

Le vieillissement se poursuit donc normalement (*voir Rapport 1981*, p. 37).

2) Étude et réalisation

Pour la plupart des mesures de longueur, il est très utile de pouvoir disposer d'un laser monomode asservi, dont la stabilité sur quelques mois soit de l'ordre de 10^9 ou même 10^8 , à condition de le réétalonner périodiquement.

Ainsi, la section des longueurs du BIPM utilise depuis quinze ans un laser Spectra-Physics, type 119. La fabrication de ce laser est arrêtée depuis plusieurs années et il devient de plus en plus difficile d'obtenir des tubes à décharge de rechange.

Nous avons donc entrepris l'étude d'un laser monomode asservi, simple, peu coûteux et dont la durée de vie devrait dépasser quelques années.

Le tube laser utilisé est du type sans fenêtres, à miroirs scellés. L'exploration du Lamb dip et le réglage de la longueur de la cavité s'effectuent par élongation des extrémités du tube. La stabilité obtenue est comparable à celle du Spectra-Physics 119.

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

Un tel laser peut être représenté par le schéma de la figure 3. On montre ⁽³⁾ que l'effet de lentille dans les gaz (amplificateur et absorbant) se traduit par des variations de la dimension transversale du faisceau qui dépendent de la fréquence et entraînent des variations des pertes par diffraction et par conséquent des modifications du profil de puissance du pic d'absorption saturée.

Si les pertes par diffraction sont essentiellement localisées vers l'extrémité du tube à décharge G, au voisinage du miroir M_2 , on peut

⁽³⁾ 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.

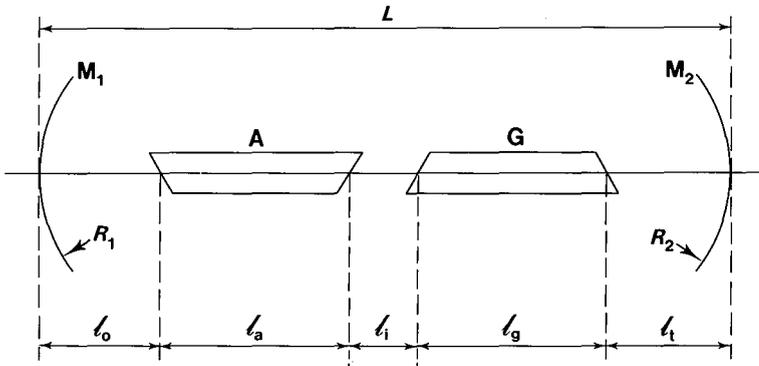


Fig. 3. — Représentation schématique d'un laser à He-Ne avec cuve d'absorption interne.

L , longueur optique de la cavité; M_1 , M_2 , miroirs de rayons de courbure R_1 et R_2 ; A , milieu absorbant de longueur l_a ; G , milieu amplificateur de longueur l_g ; l_0 , l_i , l_i , longueurs des espaces libres.

admettre que leurs variations sont proportionnelles aux variations Δw de la dimension transversale w du faisceau sur M_2 . On peut alors démontrer, en se limitant aux termes du premier ordre, et en considérant que l'espace libre l_i est négligeable, que les variations de w sont de la forme

$$\Delta w/w \approx c_a F_1 + c_g F_2$$

où c_a et c_g représentent respectivement les convergences linéiques des milieux absorbant et amplificateur. F_1 et F_2 peuvent se mettre sous la forme de polynômes en L dont les coefficients sont fonctions des distances et rayons de courbure définis sur la figure.

Lorsqu'on explore une raie d'absorption saturée donnée, la variation de w due à c_g est négligeable alors que la convergence linéique c_a du milieu absorbant varie rapidement au voisinage de la fréquence centrale (dispersion saturée); l'expression de $\Delta w/w$ se réduit à son premier terme.

On peut donc annuler les variations de w dues à l'effet de lentille en faisant $F_1 = 0$ ce qui se traduit par l'expression approchée

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

Les valeurs de L qui sont solutions de cette équation devraient réduire fortement l'influence des variations de l'effet de lentille sur le profil du pic d'absorption saturée, donc sur la fréquence du laser asservi. On doit ainsi s'attendre à une meilleure reproductibilité et à une meilleure exactitude de

la fréquence. Ces valeurs devraient correspondre à un « optimum » pour la géométrie de la cavité. Bien entendu, les solutions utilisables doivent correspondre à des valeurs physiquement réalisables de L , l_a , R_1 , R_2 .

Afin de vérifier les résultats de ce calcul, nous avons construit un laser spécial dans lequel on peut agir sur la valeur et le signe de F_1 . Pour cela, la longueur de la cavité est ajustable, les miroirs sont facilement interchangeables et la cuve d'absorbant, qui est montée sur un chariot, peut être déplacée longitudinalement dans la cavité.

Il nous a fallu aussi construire (en trois exemplaires) un tube à décharge court (18 cm) comportant un capillaire d'assez gros diamètre (6 mm). Nous avons déterminé le mélange gazeux qui donne le meilleur compromis entre la puissance, la plage de courant correspondant à un fonctionnement sans bruit et la coïncidence du centre de la raie d'émission du néon 22 avec la raie d'absorption du méthane; l'optimum choisi correspond aux pressions suivantes :

$$p(^{22}\text{Ne}) = 28 \text{ Pa}; \quad p(^{22}\text{Ne}) + p(\text{He}) = 186 \text{ Pa}.$$

Avec ce remplissage, le laser fonctionne sans bruit pour un courant compris entre 2 et 18 mA; la puissance et le contraste du pic du méthane sont comparables à ceux que l'on obtient avec nos autres lasers.

Nous comptons effectuer des mesures de la fréquence de battement entre ce laser spécial et les deux lasers de référence du BIPM, et vérifier si les déformations de la raie d'absorption saturée dues à l'effet de lentille se traduisent bien par un décalage de fréquence sensiblement proportionnel à F_1 et qui s'annule pour $F_1 = 0$.

3. Masses (G. Girard)

Les travaux de la section des masses ont porté principalement sur les trois sujets suivants :

- recherche d'erreurs systématiques dans les pesées effectuées à la balance NBS-2,
- automatisation des lectures,
- balance à suspension flexible.

3.1. — Balance NBS-2

Pour l'utilisation de cette balance, on se ramène habituellement à des pesées faisant intervenir quatre étalons que nous désignons ici par A, B, C et D. Une telle pesée est constituée de six sous-pesées; au cours de chacune, on compare entre elles les masses de deux étalons pris parmi les quatre. Ces six sous-pesées sont désignées par A-B, A-C, A-D, B-C, B-D et C-D. Pour effectuer une telle comparaison, par exemple A-B, on détermine les cinq

positions d'équilibre obtenues lorsque la balance (à un seul plateau) est successivement chargée avec l'étalon A seul, puis l'étalon B seul, puis l'étalon B et la « surcharge de sensibilité » s , puis l'étalon A et la surcharge s et enfin à nouveau l'étalon A seul.

On calcule la différence $m_A - m_B$ des masses des étalons A et B à partir des cinq positions d'équilibre et de la masse m_s de la surcharge s (ainsi que des données nécessaires pour effectuer la correction de poussée de l'air). La méthode de réduction utilisée élimine une dérive de la position d'équilibre de la balance qui serait fonction linéaire du numéro d'ordre de l'équilibre; elle élimine également une dérive qui serait la même d'une part au cours du premier et du troisième intervalle entre équilibres (où l'on procède à l'échange des étalons) et d'autre part au cours du deuxième et du quatrième intervalle entre équilibres (où l'on n'agit que sur la surcharge).

Une fois adoptée la séquence des quatre étalons (par exemple A, B, C, D), la séquence des opérations à effectuer est fixée. On s'attache à la réaliser toujours dans des conditions aussi voisines que possible et selon la même chronologie.

L'un des étalons (par exemple A) étant choisi comme référence, on déduit des six différences obtenues, par la méthode des moindres carrés, les masses m_B , m_C et m_D des étalons B, C et D. Pour quatre étalons en platine iridié, les incertitudes dues à la correction de poussée de l'air sont pratiquement négligeables et l'écart-type sur les valeurs des masses B, C et D, estimé d'après les écarts résiduels des six comparaisons deux à deux, est d'environ $1 \mu\text{g}$. Toutefois, on a constaté, pour chacune des valeurs obtenues, des variations pouvant atteindre $10 \mu\text{g}$ selon les positions occupées dans la séquence de quatre étalons par l'étalon considéré comme inconnu et par l'étalon pris comme référence.

Nous avons fait l'hypothèse que le résultat de chacune des six sous-pesées d'une pesée est affecté d'une erreur uniquement fonction du numéro d'ordre de la sous-pesée. Cette hypothèse a été éprouvée au moyen des résultats obtenus au cours de plusieurs ensembles de pesées spécialement conçus; elle a été bien vérifiée.

Si l'on considère par exemple six étalons A, B, C, D, E et F et six pesées correspondant aux séquences (A, B, C, D), (B, C, D, E), (C, D, E, F) (D, E, F, A), (E, F, A, B) et (F, A, B, C), l'étalon A étant pris comme référence, on dispose de 36 équations de condition (correspondant aux 36 sous-pesées) et on peut introduire six inconnues supplémentaires (les six erreurs en question ci-dessus). Pour une simple raison de symétrie, la résolution du système fournit alors pour les masses des étalons B, C, D, E et F les mêmes valeurs que sans ces inconnues, mais on constate que les écarts résiduels sont notablement réduits. Ce calcul fournit aussi les valeurs des erreurs cherchées. On pourrait donc corriger le résultat de chaque sous-pesée, mais cette méthode serait peu réaliste car elle supposerait que ces erreurs sont constantes sur de longues durées, et les valeurs des corrections devraient être modifiées chaque fois que l'on traiterait un système bien adapté à leur détermination.

Il nous semble préférable d'associer à chaque pesée la pesée « opposée » dans laquelle toute sous-pesée X-Y est remplacée par la sous-pesée Y-X. Les deux pesées opposées doivent être effectuées dans des conditions aussi voisines que possible, par exemple deux jours consécutifs à partir de la même heure, et selon la même chronologie. Avec l'hypothèse faite ci-dessus, qui suppose que les évolutions des positions d'équilibre de la balance ne diffèrent, d'un jour à l'autre, que par une fonction linéaire, les valeurs trouvées pour $m_x - m_y$ et $m_y - m_x$ sont affectées de la même erreur qui s'élimine si l'on adopte pour la grandeur $m_x - m_y$ la demi-différence de ces valeurs. Ce qui précède ne fournit toutefois aucun renseignement sur la nature exacte des causes de l'anomalie observée. De plus, si une même erreur affecte toutes les déterminations de la sensibilité de la balance, cela affecte toutes les différences entre masses d'un facteur multiplicatif constant, mais n'accroît pas les écarts résiduels.

Une étude a été entreprise dans laquelle on réalise une suite d'équilibres par permutation de deux étalons de masses très voisines, soit sans surcharge, soit en présence de la surcharge s . La figure 4 donne un exemple d'une telle suite, inspirée d'une sous-pesée classique. Le grand nombre de points obtenus rend apparente l'évolution de la position d'équilibre dans diverses conditions : étalon A ou étalon B sans surcharge avant ou après

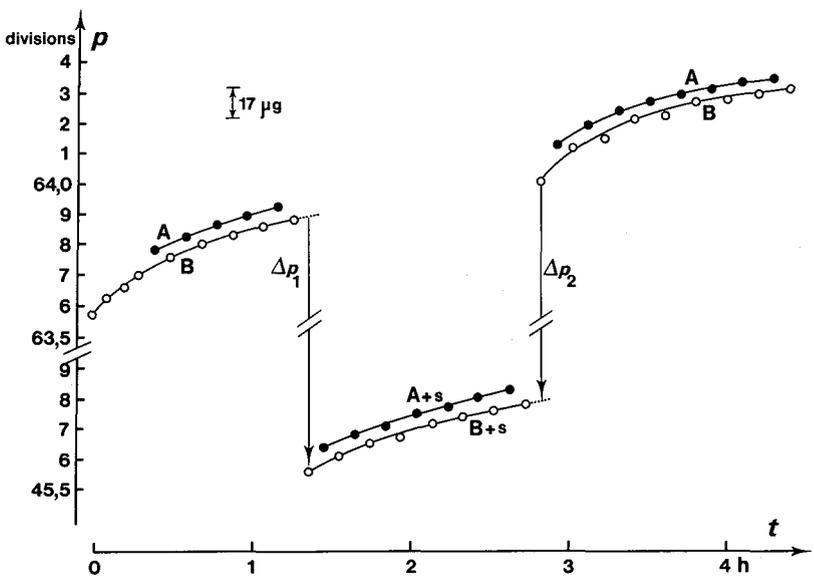


Fig. 4. — Positions d'équilibre obtenues successivement dans diverses conditions :

A, B, étalon A seul ou étalon B seul avant ou après l'application de la surcharge s ;
 A + s, B + s, étalon A et surcharge ou étalon B et surcharge.

L'application de la surcharge ($m_s = 3$ mg) se traduit par la variation Δp_1 de la position d'équilibre, sa suppression se traduit par la variation $-\Delta p_2$. On a $\Delta p_1 = -18,34$ divisions et $\Delta p_2 = -18,22$ divisions (les incertitudes dues aux légères extrapolations nécessaires n'ont pratiquement pas d'influence sur les résultats).

l'application de celle-ci, étalon A ou étalon B avec surcharge. On constate que la surcharge perturbe l'évolution de la position d'équilibre. Les courbures observées sont manifestement à l'origine de l'anomalie signalée; une étude plus approfondie est toutefois nécessaire.

Nous disposons de deux valeurs de la variation Δp de la position d'équilibre due à l'application de la surcharge s . Par rapport à la moyenne de ces deux valeurs, les écarts sont, en valeur relative, de $\pm 3 \times 10^{-3}$. Ils correspondent à $\pm 1 \mu\text{g}$ pour deux étalons dont les masses diffèrent d'environ 0,3 mg.

Le remplacement de la surcharge de 3 mg par une surcharge de 1 mg a donné pratiquement les mêmes écarts relatifs des deux valeurs de Δp par rapport à leur moyenne. Bien que cette incertitude sur la sensibilité n'ait pas de conséquences dramatiques, nous recherchons un moyen de la réduire.

3.2. — Automatisation des lectures

Depuis quelques années, nous pensons automatiser en premier lieu la lecture des positions d'un fléau de balance.

Nous avons acheté au National Physical Laboratory un système d'acquisition de données mis au point dans ce laboratoire.

Le principe est le suivant: on forme sur une barrette de 1 024 photodiodes l'image d'une source uniforme (trou ou fente) donnée par un miroir concave lié au fléau de la balance. Un dispositif électronique fournit la position de cette image sur l'échelle (longueur 25 mm) constituée par ces photodiodes, avec une résolution égale au dixième de la distance entre deux photodiodes consécutives. On peut considérer que chaque photodiode éclairée décharge un condensateur connecté en parallèle sur elle; un balayage des 1 024 photodiodes toutes les 20 ms recharge ces condensateurs et fournit un « signal vidéo » constitué de 1 024 paliers dont l'ordonnée est proportionnelle à la charge nécessaire pour recharger le condensateur correspondant, donc proportionnelle à l'éclairement de la photodiode associée (en l'absence de saturation). Le dispositif électronique décèle le « centre » de ce signal et affiche un nombre de quatre chiffres soit à chaque balayage soit une fois sur cent, donc toutes les 2 s et dans ce dernier cas avec possibilité d'acquisition par un ordinateur. Le dispositif électronique en question peut aussi ne délivrer que les positions maximales et minimales atteintes par l'image de la source.

La position d'équilibre de la balance est comme par le passé calculée à partir des élongations maximales et minimales; un programme de calcul a été établi offrant les options suivantes: a) le dispositif électronique fournit directement ces élongations au programme; b) il fournit une lecture toutes les 2 s et le programme recherche les valeurs extrêmes; c) il fournit une lecture toutes les 2 s et le programme calcule les maximums et minimums en ajustant une fonction du second degré sur les $2k + 1$ lectures centrées sur celle qui donne la valeur extrême (actuellement $k = 2$).

Cette automatisation des lectures a été appliquée à la balance hydrostatique. Des pesées sont en cours pour comparer les résultats obtenus avec les options ci-dessus à ceux obtenus par la méthode de lecture visuelle utilisée jusqu'à maintenant. On constate provisoirement que les résultats donnés par les diverses méthodes ne sont pas significativement différents.

3.3. — Balance à suspensions flexibles

La balance prototype de portée 1 kg comportant des suspensions flexibles en alliage Be-Cu a été décrite précédemment dans le Rapport de 1980 (p. 42). Depuis lors, elle a été équipée de nouvelles suspensions des plateaux, d'un asservissement électromagnétique de la position du fléau, d'un interféromètre optique pour contrôler les mouvements du fléau et d'une cage améliorée. De plus, la réalisation du système hydraulique destiné à soulever et abaisser une masse d'un kilogramme sur l'un des plateaux est pratiquement terminée. On a aussi réalisé des mécanismes pour ajouter et enlever à chaque plateau des « surcharges de sensibilité » de 1 mg et 3 mg. Des amortisseurs à courants de Foucault, destinés à réduire les oscillations des plateaux ont, pour le moment, été fixés à ces derniers. La figure 5 donne une vue perspective schématique de la balance.

Nous avons profondément réfléchi au problème de la suspension des plateaux. Elle doit être conçue de telle façon que la position du point effectif de suspension à l'extrémité du fléau soit indépendante des petits déplacements de la masse sur le plateau. En principe, cela peut être réalisé en accrochant le plateau à une suspension fonctionnant comme un dispositif de Cardan parfait sans frottement. La suspension représentée sur la figure réalise une bonne approximation de ce dispositif. A chaque extrémité du fléau, la lame flexible (4) supporte la partie supérieure (3) de la suspension des plateaux. Chaque suspension est constituée de trois sections reliées par des dispositifs de Cardan disposés comme l'indique la figure. L'élément central (12) du dispositif de Cardan est un bloc massif de Be-Cu durci dont la forme est visible sur le croquis. Il présente deux paires de couteaux dont les arêtes sont à angle droit et dans le même plan; l'une des paires d'arêtes est dirigée vers le haut et l'autre vers le bas. L'angle des arêtes est de 120° et leur rayon de courbure r d'environ $50 \mu\text{m}$. Les longueurs l des tiges verticales de la suspension (17, 17a et 17b) sont voisines de 100 mm mais non identiques. Avec un tel dispositif, si le centre de masse de la masse de 1 kg est déplacé de telle manière que la section inférieure (17a) fasse un angle θ_1 avec la verticale, alors la section intermédiaire (17b) fait avec la verticale, dans la même direction, un angle $\theta_2 \approx \theta_1 (r/l)$ et, à son tour, la section supérieure fait un angle $\theta_3 \approx \theta_1 (r/l)^2$. Dans le cas présent, nous avons $\theta_3/\theta_1 \approx 2,5 \times 10^{-7}$. Dans la pratique, nous ne pouvons espérer qu'une suspension réelle, chargée, se comporte selon les prévisions de la géométrie, pour de petits déplacements,

en raison de la déformation plastique au contact des couteaux et des plans. Néanmoins, nous avons montré que le changement d'orientation de la section supérieure d'une telle suspension, déterminé avec un interféromètre optique, n'excède pas 10^{-5} fois le changement d'orientation (d'environ 5 degrés) de la section inférieure.

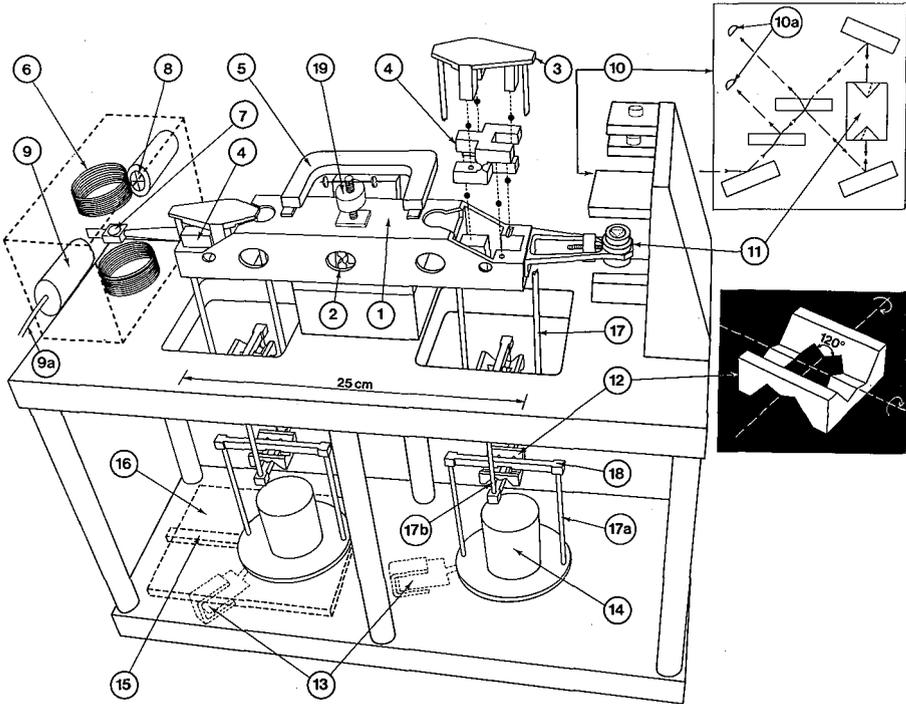


Fig. 5. — Vue perspective de la balance à suspensions flexibles.

1, fléau en alliage d'aluminium; 2, lame centrale flexible en alliage Be-Cu; 3, partie supérieure de la suspension du plateau (Be-Cu); 4, suspension d'extrémité à lame flexible; 5, mécanisme d'arrêt du fléau; 6, bobines pour le système d'asservissement électromagnétique; 7, aimant permanent; 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 (Be-Cu); 13, amortisseurs à courants de Foucault (deux seulement parmi les six sont représentés); 14, masse de 1 kg; 15, 16, emplacement du système hydraulique pour arrêter les plateaux, soulever et abaisser les masses d'un kilogramme; 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, masses réglables pour déplacer verticalement et horizontalement le centre de masse du fléau.

Le système d'asservissement, qui maintient le fléau dans une position donnée, comprend une source lumineuse extérieure (lampe à filament de tungstène) qui éclaire une photodiode double (8) par l'intermédiaire d'un conducteur de lumière à fibres optiques (9a) et d'un collimateur (9), un circuit électronique, une paire de bobines (6) et un petit aimant permanent

fixé à une extrémité du fléau. Le circuit électronique reçoit le signal de déséquilibre de la photodiode lorsque l'ombre d'un petit écran lié au support de l'aimant se déplace; il alimente les bobines avec un courant qui est la somme de deux composantes, l'une proportionnelle au déplacement de l'ombre et l'autre proportionnelle à sa vitesse. Des essais préliminaires ont montré que le système d'asservissement maintient fixe la position moyenne de l'aimant par rapport à la photodiode à ± 5 nm près pendant 15 minutes avec une oscillation superposée de période 1 s environ et dont l'amplitude peut atteindre 25 nm; cette oscillation est presque certainement due aux oscillations résiduelles des plateaux. Avec le réglage actuel, la période des oscillations libres du fléau est de 30 s environ et la sensibilité est telle que, la balance étant chargée avec une masse de 1 kg, une variation de 1 μ g de la masse suspendue entraînerait un déplacement de l'aimant d'environ 75 nm.

L'interféromètre optique (10) et (11) a pour objet de donner directement une indication des mouvements de l'extrémité opposée du fléau. Un compteur de franges permet l'évaluation de tels mouvements. Les signaux des deux photodiodes (10a) donnent un tracé circulaire sur un oscilloscope; un tour correspond à un déplacement « d'une frange » c'est-à-dire de 156 nm. A présent, le niveau général de bruit mécanique jusqu'à 50 Hz varie d'un tiers de frange durant le jour à moins d'un huitième de frange durant la nuit. Le travail sur la balance continue.

3.4. — Divers

Achat d'un hygromètre General Eastern à point de rosée. Cet appareil a été étalonné au National Bureau of Standards avant son arrivée au BIPM. Nous tenons à remercier à cette occasion le National Bureau of Standards pour l'aide qu'il nous apporte en diverses circonstances.

Achat d'un pont de mesure thermométrique automatique (Automatic Systems Laboratories), modèle F-17A.

Achat d'un ordinateur de bureau HP-86, avec unité de disque souple et imprimante, pour l'automatisation des lectures.

4. Échelles de temps (J. Azoubib)

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

Le présent rapport détaille certains travaux et projets du BIH.

4.1. — Travaux courants

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

Le LORAN-C et la télévision publique, associés aux transports d'horloges, sont les principaux systèmes qui permettent d'utiliser effectivement les données des horloges. Cette situation est actuellement en pleine évolution. L'acquisition par un grand nombre de laboratoires nationaux de récepteurs du « Global Positioning System » (GPS) va permettre d'améliorer la précision et l'exactitude des comparaisons de temps d'au moins un facteur 10. Les données issues des récepteurs GPS sont accessibles sur le réseau informatique mondial MARK III de General Electric. On étudie l'utilisation de ce système en remplacement de la plupart des liaisons horaires par LORAN-C.

La gestion de l'échelle de Temps Universel Coordonné (UTC) n'a donné lieu à aucune difficulté. En 1983, une seconde intercalaire positive a été introduite à la fin du mois de juin. Ainsi, à partir de cette date, $\text{TAI} - \text{UTC} = 22 \text{ s.}$

4.2. — Stabilité et exactitude du TAI

Rappelons que l'EAL est étalonnée au moyen des étalons primaires du NBS, du NRC et de la PTB. Après estimation de la durée de l'intervalle unitaire de l'EAL, des ajustements de fréquence lui sont appliqués pour obtenir le TAI. Dans les Rapports de 1978 (tableau I, p. 40), 1979 (p. 37) et 1980 (p. 48), nous avons donné les différences entre les fréquences normées de l'EAL et du TAI jusqu'à novembre 1979. La suite de ces différences se présente ainsi :

novembre 1979 - avril 1982	$f(\text{EAL}) - f(\text{TAI}) = 8,4 \times 10^{-13}$
mai 1982 - juin 1982	8,2
juillet 1982 - août 1982	8,0
septembre 1982 - ...	7,8

L'utilisation du satellite géostationnaire Symphonie pour la liaison transatlantique utilisée dans le calcul du TAI, pendant quatre ans (juillet 1978 — août 1982), a permis de tirer des conclusions instructives :

— On a obtenu une amélioration sensible de la qualité des comparaisons d'horloges entre l'Amérique du Nord et l'Europe ainsi que le montre la figure 6 pour la période de février à juillet 1981.

— La comparaison des horloges primaires du NRC (Cs V, Cs VI-A, B et C) et de la PTB (CS1) par Symphonie a montré leur excellent comportement. Il est important de noter ici que, ces horloges n'étant pas transportables, c'est la première fois que la comparaison a pu être faite avec précision. L'absence de terme annuel entre ces instruments justifie le traitement fait au BIH pour estimer la durée de l'intervalle unitaire du TAI. Notons enfin que les fréquences des échelles de temps associées à Cs V et CS1 sont en bon accord, leur différence ne dépassant pas 5×10^{-14} en 1980 et 2×10^{-14} en 1981.

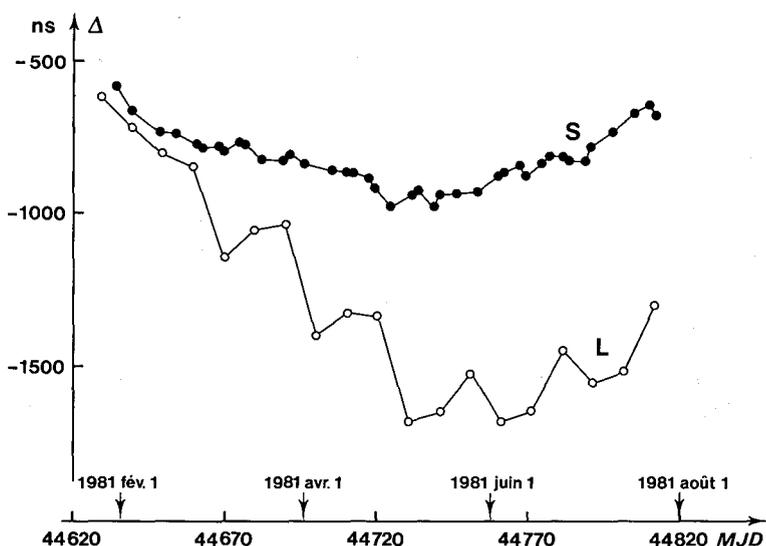


Fig. 6. — Résultats de comparaisons d'horloges entre le Canada et la France par le satellite Symphonie (S) et par le LORAN-C (L).

Les courbes donnent $\Delta = \text{TA}(\text{NRC}) - \text{TA}(\text{F}) - [(\text{MJD} - 44630) \times 34 \text{ ns}] + 82\,000 \text{ ns}$; *MJD* est la « date julienne modifiée ».

4.3. — Utilisation du système GPS et améliorations attendues

Le système GPS NAVSTAR (Global Positioning System Navigation System with Time and Ranging) est sans aucun doute le système de navigation le plus ambitieux qui ait jamais été projeté, du fait des performances recherchées et de la couverture mondiale assurée. Lorsque la phase finale sera atteinte (en principe en 1984), l'ensemble du système comprendra 18 satellites pourvus d'horloges atomiques (horloges à rubidium ou à césium ou bien masers à hydrogène). La précision et l'exactitude attendues pour les comparaisons de temps sont de l'ordre de 10 à 20 ns.

Les améliorations attendues pour les qualités du TAI sont :

- plus grande stabilité,
- diminution de l'amplitude du terme annuel,
- recours moins fréquents aux ajustements de fréquence pour assurer l'exactitude,
- augmentation sensible du nombre d'horloges traitées,
- meilleure couverture mondiale avec une précision accrue.

4.4. — Travaux sur les algorithmes

Les travaux effectués^(*) sur les données issues d'horloges réelles confirment l'importance de termes systématiques dans les différentes

(*) GRANVEAUD, M. Response of TAI-like algorithms to random and non-random variations. *In Proceedings of the 2nd Symposium on Atomic Time Scale Algorithms, 1982.*

échelles de temps construites. Deux possibilités peuvent être considérées pour établir des échelles de temps satisfaisantes à partir d'un grand nombre d'horloges.

La première consisterait à n'utiliser que les données d'horloges fonctionnant en tant qu'instruments métrologiques, c'est-à-dire des horloges dont les qualités internes et les conditions ambiantes de fonctionnement sont contrôlées régulièrement. Une telle solution ne serait acceptable que si les horloges sélectionnées étaient en nombre suffisant et bien distribuées à travers le monde.

La seconde possibilité ferait intervenir une modélisation à long terme des horloges. Une telle modélisation conduirait à une meilleure prédiction de leur marche et par suite à une échelle de temps améliorée. C'est dans cette optique que nous poursuivons actuellement au BIH l'étude d'un nouvel algorithme pour établir le TAI.

4.5. — Applications de la télématique pour la gestion des données

L'acquisition d'un micro-ordinateur muni d'un logiciel de transmission et de réception et relié à une ligne téléphonique du réseau commuté par l'intermédiaire d'un modem permet :

- d'avoir accès au réseau informatique mondial MARK III pour échanger des données avec l'Amérique, l'Europe, le Japon et l'Australie;
- de se connecter au centre de calcul du CNRS (Orsay) pour transmettre et traiter des données et aussi pour gérer les différents fichiers du temps atomique.

5. Gravimétrie (A. Sakuma)

5.1. — Comparaisons de gravimètres

Des comparaisons de gravimètres absolus ont eu lieu au BIPM sous les auspices de l'Association Internationale de Géodésie (AIG), en octobre 1981 et en avril 1982. Pour ces premières comparaisons, cinq gravimètres absolus et une dizaine de gravimètres à ressort, du type La Coste Romberg modèles D et G, ont été réunis.

A cette occasion, trois nouvelles stations absolues (A_4 , A_5 et A_6) ont été fondées dans le réseau gravimétrique du BIPM, le long du couloir de la base géodésique de l'Observatoire.

En vue d'effectuer des comparaisons simultanées, on a utilisé au total cinq de nos stations absolues (A , A_3 , A_4 , A_5 et A_6) entre lesquelles les liaisons ont été effectuées au moyen des gravimètres relatifs.

Les données de ces nombreuses mesures absolues et relatives ont été traitées par l'Institut für Physikalische Geodäsie à Darmstadt (E. Groten).

Les résultats provisoires concernant les gravimètres absolus sont résumés dans le tableau I.

On constate dans ce tableau que trois gravimètres sur cinq présentent un écart systématique, par rapport aux valeurs de g ajustées, qui dépasse l'incertitude globale admise (trois écarts-types).

A la station A_4 on note l'écart systématique le plus important; il atteint en effet trois fois l'incertitude admise, dans le sens d'une augmentation de la pesanteur; cependant, les causes de cet écart ne sont pas identifiées jusqu'à présent.

A la station A_5 on remarque un écart systématique dans le sens d'une diminution de la pesanteur; la cause principale de cette diminution a été découverte postérieurement: elle est due à un défaut de fonctionnement d'un laser à He-Ne asservi, utilisant l'effet Zeeman⁽⁵⁾.

Enfin, l'écart relevé à la station A_3 concerne le gravimètre de l'IMGC; il est moins important que les deux précédents, mais il dépasse pourtant légèrement l'incertitude globale admise. Cette tendance à la diminution apparente de la pesanteur a déjà été identifiée dans ce gravimètre depuis un certain temps⁽⁶⁾ bien que l'on n'ait pas encore réussi à en trouver les causes. Afin de résoudre ce problème, on envisage de modifier prochainement sa catapulte pour éliminer les effets de charge électrostatique, et d'autre part d'employer un nouveau chronomètre électronique de type « à stations multiples » dont l'efficacité a déjà été éprouvée avec le gravimètre du BIPM.

Après avoir constaté les résultats très dispersés de ces premières comparaisons de gravimètres, les spécialistes de l'AIG ont décidé d'organiser périodiquement une telle comparaison de gravimètres tous les trois ou quatre ans. A la demande de l'AIG (J. D. Boulanger, Moscou), nous avons accepté d'organiser la deuxième comparaison de gravimètres, d'une durée de deux semaines environ, au BIPM pendant l'été 1984.

Pour préparer cette comparaison, notre première tâche aurait été d'aménager le réseau gravimétrique existant du BIPM en augmentant le nombre des stations absolues. Malheureusement, nous avons été contraints d'abandonner ce projet ou, du moins, de le reporter de quelques années, à cause d'importants travaux de bâtiment commencés fin 1982, près de la station gravimétrique Sèvres point A (18082 A Paris IGSN 71). Au cours de ces travaux, nous avons décelé en ce point, au moyen de notre gravimètre absolu, une diminution progressive de la pesanteur qui atteint actuellement (juin 1983) 3×10^{-8} en valeur relative. Cette dérive de la pesanteur est due principalement à l'enlèvement de masses importantes de terre près de Sèvres point A (2 à 3 000 tonnes sur une profondeur de 4 à 5 mètres à une distance de 10 à 20 mètres).

⁽⁵⁾ ZUMBERGE, M. A. *et al.* A portable apparatus for absolute measurements of the Earth's gravity. *Metrologia*, **18**, 1982, pp. 145-152.

⁽⁶⁾ ALASIA, F. *et al.* Absolute gravity acceleration measurements: Experiences with a transportable gravimeter. *Metrologia*, **18**, 1982, pp. 221-229.

TABLEAU I

*Comparaisons internationales de gravimètres
(octobre 1981 et avril 1982)*

La valeur de « g ajusté » en chaque lieu est obtenue à partir de l'ensemble des mesures absolues et relatives. Les incertitudes indiquées correspondent à trois fois l'écart-type.

Station (BIPM)	g ajusté (nm/s ²)	g mesuré (nm/s ²)	Écarts (nm/s ²)	Gravimètre utilisé	Date
A (Salle 1)	9 809 259 974 ± 11	... 9 970 ± 80	— 4 ± 81	BIPM (Sakuma)	avril 1982
A ₃ (Salle 6)	9 149 ± 12	9 180 ± 100	+ 31 ± 101	URSS (Boulangier)	octobre 1981
A ₄ (Base)	265 823 ± 15	6 170 ± 100	+ 347 ± 101	AFGL (Hammond)	octobre 1981
A ₅ (Base)	5 872 ± 7	5 630 ± 100	— 242 ± 100	JILA (Faller)	octobre 1981
A ₆ (Base)	6 116 ± 12	6 090 ± 90	— 26 ± 91	URSS (Boulangier)	octobre 1981
A ₃ (Salle 6)	259 149 ± 12	9 000 ± 138	— 149 ± 139	IMGC (Cannizzo)	avril 1982

5.2. — Gravimètre absolu transportable BIPM-Jaeger

Nous poursuivons l'étude du nouveau gravimètre absolu transportable BIPM-Jaeger en vue d'avoir une connaissance aussi complète que possible de son fonctionnement. Dans le cadre de ces travaux, en février 1983, nous avons effectué une série de mesures à la station gravimétrique du Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) à Orléans, sur invitation de cet organisme. Ces mesures ont montré non seulement que le gravimètre est très facilement transportable et peut être monté rapidement dans une autre station, mais aussi que le niveau de bruit sismique à Sèvres est beaucoup plus important que celui qui existe à Orléans. Le désir de notre part de disposer d'une autre station primaire en un lieu où la valeur de g est différente constituait une raison supplémentaire pour établir à Orléans une station gravimétrique de ce type. Par suite de l'excellent fonctionnement de notre gravimètre à Orléans, le BRGM a sollicité le prêt de cet appareil pour effectuer d'autres mesures dans quatre autres stations situées en France. Ces mesures ont été effectuées avec succès par le BRGM, avec l'aide de deux membres du personnel du BIPM, dans le courant des mois d'avril et de mai 1983.

Maintenant que le gravimètre est revenu à Sèvres, nous continuons d'en étudier le fonctionnement pour faire un bilan complet des incertitudes. Pour le moment, nous ne pouvons donner qu'une estimation de la partie des incertitudes évaluée d'après la dispersion statistique des résultats (incertitudes du type A). Actuellement elle s'élève à 80 nm/s^2 (trois écarts-types). L'étude des incertitudes du type B n'est pas encore terminée.

6. Thermométrie (J. Bonhoure)

6.1. — Échelle Internationale Pratique de Température

Point triple de l'eau. — Ainsi qu'on l'a fait de façon systématique depuis 1977, on a continué à utiliser deux cellules à point triple de l'eau d'origines différentes, à chaque contrôle du R_0 des thermomètres à résistance de platine. On dispose, cette année, de résultats portant sur six cellules : N° 11 (PTB), N° 17 (IMGC), N° 52 et N° 53 (NPL), N° 131 (ASMW) et N° 760 (Société Jarrett, États-Unis d'Amérique).

Les écarts entre la température moyenne T de chaque cellule et la température moyenne T_m de l'ensemble des quatre cellules N° 11, N° 17, N° 53 et N° 760 sont :

N° 11	octobre 1980	$T - T_m = (-0,04 \pm 0,01) \text{ mK}$	(37)
N° 17	mai 1978	$+ 0,07 \pm 0,02$	(39)
N° 53	août 1977	$-0,04 \pm 0,02$	(18)
N° 760	décembre 1975	$0,00 \pm 0,02$	(42)
N° 52	août 1977	$-0,11 \pm 0,03$	(7)
N° 131	octobre 1980	$0,00 \pm 0,03$	(11)

Chaque valeur est accompagnée de l'écart-type de la moyenne et, entre parenthèses, du nombre de mesures. On a aussi indiqué, à défaut de la date de fabrication de chaque cellule, la date d'arrivée au BIPM.

Si l'on compare ces valeurs à celles qui ont été obtenues précédemment (Rapports 1980, p. 55 et 1982, p. 44), il semble se confirmer que la cellule N° 52 (et peut-être aussi la cellule N° 53) donne une température qui s'écarte de la moyenne; il semble aussi que le cellule N° 17 commence à vieillir. Pour compléter utilement cette étude, on a l'intention d'acheter des cellules de fabrication japonaise.

Thermomètres à résistance de platine. — Le NIM (Rép. Pop. de Chine) a fabriqué et mis à la disposition des laboratoires nationaux et du BIPM des thermomètres pour la mesure des hautes températures; le BIPM dispose de trois de ces thermomètres.

Jusqu'à maintenant, on a effectué trois cycles de température seulement, avec recuit à 650 °C au cours du premier cycle et à 1 085 °C au cours des deux suivants. Le R_0 des thermomètres n'a jamais varié de plus de 2 mK, mais la tige de l'un des thermomètres s'est déformée au point de ne plus pouvoir entrer dans les puits des creusets.

Cellules à point triple de l'argon. — Conformément à une décision du CCT (14^e session, 1982), le Van Swinden Laboratorium (Pays-Bas) a organisé une comparaison de cellules scellées conçues pour l'étalonnage des thermomètres à résistance de platine à tige.

La cellule voyageuse a été comparée à celle du BIPM. La différence de température entre les deux cellules est de 0,3 mK avec un écart-type de 0,1 mK, ce qui est considéré comme tout à fait satisfaisant.

6.2. — Températures thermodynamiques : étude par pyrométrie infrarouge

Cette méthode de mesure des températures thermodynamiques, entre 420 et 630 °C, met en œuvre des cavités « corps noir » et des thermomètres à résistance de platine. Il faut aussi un sélecteur de longueur d'onde (1 μm) et un récepteur pour comparer les rayonnements.

Au début de cette étude, on s'attendait à des difficultés avec le sélecteur de longueur d'onde et avec le récepteur. On a effectivement rencontré ces difficultés et on les a surmontées : remplacement du filtre interférentiel initialement choisi par un monochromateur et, grâce à un système additif, utilisation à éclaircissement quasi constant du photomultiplicateur imparfaitement linéaire.

En revanche, on considérait, à tort, que l'emploi des cavités et des thermomètres était sans problèmes. Or, d'une part, le revêtement « kanigène » des cavités n'a pas résisté à quelques milliers d'heures de chauffage à 630 °C et il faudra reconstruire les fours. D'autre part, l'étalonnage des thermomètres évolue sans cesse. L'oxydation du fil de

platine n'est pas en cause puisqu'on sait qu'il suffit de porter les thermomètres à 630 °C pour dissocier l'oxyde, mais l'oxydation des gaines en « inconel » peut avoir consommé de façon irréversible la plus grande partie de l'oxygène de l'air sec contenu dans les gaines. Il faut aussi noter que les thermomètres sont utilisés « tête en bas » pendant les mesures pyrométriques et « tête en haut » pendant les mesures d'étalonnage. Il semble qu'il n'existe aucune expérience sur cet emploi inhabituel des thermomètres et, même sans raison évidente, on peut toujours craindre que les retournements des thermomètres entraînent des déformations ou des contraintes susceptibles de modifier les valeurs d'étalonnage. On va naturellement chercher à s'affranchir de ces inconvénients.

6.3. — Études courantes

En plus de la vérification d'instruments appartenant au BIPM, on a étudié des thermomètres à résistance de platine, des thermocouples platine/platine rhodié et des cellules à point triple de l'eau appartenant aux laboratoires nationaux de la Rép. Féd. d'Allemagne, de la Belgique, du Danemark, de la Finlande, de la Suède et de la Yougoslavie.

On peut noter que le thermomètre allemand a aussi été étalonné au point triple du gallium et qu'il fournit une valeur de la température du point triple en accord à 0,05 mK près avec celle obtenue précédemment au BIPM pour d'autres thermomètres (7).

7. Manométrie (J. Bonhoure)

7.1. — Instrument de transfert de pression

On rappelle qu'il s'agit d'une cellule à point triple de l'argon. C'est un point fixe de pression (68 890 Pa environ) qui devrait donc être utilisé comme référence absolue. Pour des raisons pratiques — présence d'une jauge différentielle dont on doit contrôler fréquemment le zéro — qui augmentent les risques de contamination de l'argon, on préfère utiliser la cellule comme instrument de transfert entre deux manobaromètres primaires.

Le contrôle du zéro de la jauge différentielle nécessite son isolement et la mise en communication des deux chambres situées de part et d'autre de la membrane. Il en résulte le mélange d'une petite quantité d'argon provenant de la cellule et d'une petite quantité d'azote provenant de la liaison avec le manobaromètre, mélange de gaz qu'il faut ensuite évacuer. A cette fin et pour plus de commodité, on a ajouté une pompe à sorption à l'installation.

(7) BONHOURE, J. et PELLO, R. Température du point triple du gallium. *Metrologia*, **19**, 1983, pp. 15-20.

Cet instrument de transfert de pression a été utilisé pour comparer le manobaromètre primaire du NPL au manobaromètre normal du BIPM. Le manobaromètre du NPL est un appareil à mercure, dont la distance séparant les deux ménisques est mesurée par comptage de franges avec un interféromètre à laser à hélium-néon; des flotteurs creux, placés sur les ménisques et portant une lentille à effet d'œil de chat, permettent d'utiliser directement les surfaces de mercure pour réfléchir les faisceaux laser, même en présence de rides dues aux vibrations. La différence de pression entre les deux manobaromètres, à 68 890 Pa, est 0,0 Pa avec un écart-type de 0,2 Pa. L'accord est donc tout à fait satisfaisant.

7.2. — Études courantes

On a continué à suivre l'évolution des jauges de pression Ruska et Texas Instruments qui sont utilisées par la section des masses; le rapport BIPM-83/2 rend compte du comportement et des études faites sur ces jauges depuis plusieurs années. Toujours pour la section des masses, on a fait l'acquisition d'une jauge de pression Garrett (0-120 kPa).

8. Électricité (G. Leclerc, T. Witt)

8.1. — Comparaisons de représentations nationales du volt

Rattachement de V_{NPRL} à $V_{76\text{-BI}}$. — Les mesures faites en juin et juillet 1982 ont conduit à la relation :

$$\text{au 21 juin 1982, } V_{\text{NPRL}} = V_{76\text{-BI}} + 0,19 \mu\text{V.}$$

Rattachement de V_{NIM} à $V_{76\text{-BI}}$. — Ce rattachement a été effectué par l'intermédiaire du groupe des six piles nues définies à 20 °C (Rapport 1982, p. 48) mesurées de juin à septembre 1982. On a obtenu :

$$\text{au 8 août 1982, } V_{\text{NIM}} = V_{76\text{-BI}} - 2,58 \mu\text{V.}$$

A la suite de cette comparaison, l'Institut National de Métrologie de la Rép. Pop. de Chine a corrigé la valeur de sa représentation du volt pour qu'à partir du 1^{er} janvier 1983 on ait :

$$V_{\text{NIM}} = V_{76\text{-BI}}.$$

Rattachement de V_{ASMW} à $V_{76\text{-BI}}$. — Pour effectuer ce rattachement qui n'avait pas eu lieu depuis 1978, l'ASMW nous a fait parvenir un groupe de quatre piles conservées à 30 °C dans une enceinte à air thermorégulée. Les mesures faites entre le 17 janvier et le 21 mars 1983 ont conduit au résultat suivant :

$$\text{au 14 février 1983, } V_{\text{ASMW}} = V_{76\text{-BI}} - 1,39 \mu\text{V.}$$

8.2. — Comparaisons de représentations nationales de l'ohm

Rattachement de Ω_{NPRL} à $\Omega_{69\text{-BI}}$. — Ce rattachement a été fait par l'intermédiaire de deux étalons de 1 Ω ; il a conduit au résultat suivant :

$$\text{au 15 juin 1982, } \Omega_{\text{NPRL}} = \Omega_{69\text{-BI}} + 0,15 \mu\Omega.$$

Rattachement de Ω_{NIM} à $\Omega_{69\text{-BI}}$. — Les relations déduites des comparaisons effectuées au cours de l'été 1982 sont les suivantes :

— avec les étalons de 1 Ω ,

$$\text{au 8 août 1982, } \Omega_{\text{NIM}} = \Omega_{69\text{-BI}} + 0,60 \mu\Omega;$$

— avec les étalons de $10^4 \Omega$,

$$\text{au 22 août 1982, } \Omega_{\text{NIM}} = \Omega_{69\text{-BI}} + 0,56 \mu\Omega.$$

C'est la relation obtenue avec les étalons de 1 Ω qui est considérée comme le résultat officiel.

Rattachement de Ω_{ASMW} à $\Omega_{69\text{-BI}}$. — En même temps que ses piles, l'ASMW nous a remis trois étalons de résistance de 1 Ω et deux étalons de $10^4 \Omega$. Les comparaisons faites en février et mars 1983 ont donné les résultats suivants :

— avec les étalons de 1 Ω ,

$$\text{au 23 février 1983, } \Omega_{\text{ASMW}} = \Omega_{69\text{-BI}} + 0,10 \mu\Omega;$$

— avec les étalons de $10^4 \Omega$,

$$\text{au 16 mars 1983, } \Omega_{\text{ASMW}} = \Omega_{69\text{-BI}} - 0,12 \mu\Omega.$$

Rappelons qu'en juin 1978 l'ASMW avait corrigé la valeur de sa représentation de l'ohm pour l'ajuster sur celle du BIPM.

Comme pour le NIM, le résultat à retenir officiellement est celui qui a été fourni par les étalons de 1 Ω .

8.3. — Valeur absolue de $\Omega_{69\text{-BI}}$

A partir des déterminations de l'ohm effectuées depuis 1964 au CSIRO (Australie) à l'aide du condensateur calculable et de cinq comparaisons faites entre 1964 et 1977 entre ce laboratoire et le BIPM au moyen d'étalons voyageurs de 1 Ω , on peut déterminer la valeur absolue de $\Omega_{69\text{-BI}}$ et sa dérive. Le tableau II résume les valeurs de rattachement de $\Omega_{69\text{-BI}}$ à Ω_{CSIRO} et les valeurs de Ω_{CSIRO} , recalculées en prenant $c = 299\,792\,458$ m/s pour la vitesse de la lumière (la valeur admise était plus élevée de $1,4 \times 10^{-7}$ en valeur relative au début des déterminations de l'ohm au CSIRO à partir du condensateur calculable). La colonne de droite donne la valeur de $\Omega_{69\text{-BI}}$ qui en résulte.

TABLEAU II

Rattachement de Ω_{69-BI} à l'ohm par comparaison avec Ω_{CSIRO}

Date moyenne de la comparaison BIPM-CSIRO	$\Omega_{CSIRO} - \Omega_{69-BI}$	Réf.	$\Omega_{CSIRO} - 1 \Omega$	$\Omega_{69-BI} - 1 \Omega$
1964-01-26	- 3,55 $\mu\Omega$	1	* - 3,86 $\mu\Omega$	- 0,31 $\mu\Omega$
1967-02-18	- 3,63	1	* - 4,08	- 0,45
1970-02-01	+ 0,29	2	* - 0,28	- 0,57
1973-02-25	** + 0,52	3,4	* - 0,28	- 0,80
1977-05-19	+ 1,02	5,6	0	- 1,02

Les valeurs portées dans la deuxième colonne résultent des comparaisons entre le BIPM et le CSIRO; celles portées dans la quatrième colonne résultent de mesures effectuées au CSIRO à l'aide du condensateur calculable.

* valeurs corrigées de 0,28 $\mu\Omega$ pour la valeur de c ,

** valeur corrigée de 0,19 $\mu\Omega$ pour la variation de la résistance de passage courant alternatif/courant continu (voir réf. 4).

Références :

- 1) THOMPSON, A. M. An absolute determination of resistance based on a calculable standard of capacitance. *Metrologia*, **4**, 1968, pp. 1-7.
- 2) Comité Consultatif d'Électricité, 13^e session (1972), p. E 32.
- 3) Comité Consultatif d'Électricité, 14^e session (1975), p. E 30.
- 4) CUTKOSKY, R. D. New NBS measurements of the absolute farad and ohm. *IEEE Trans. Instrum. and Meas.*, **IM-23**, 1974, pp. 305-309.
- 5) Procès-Verbaux CIPM, 2^e série, **46**, 1978, pp. 45-46.
- 6) Comité Consultatif d'Électricité, 15^e session (1978), p. E 63.

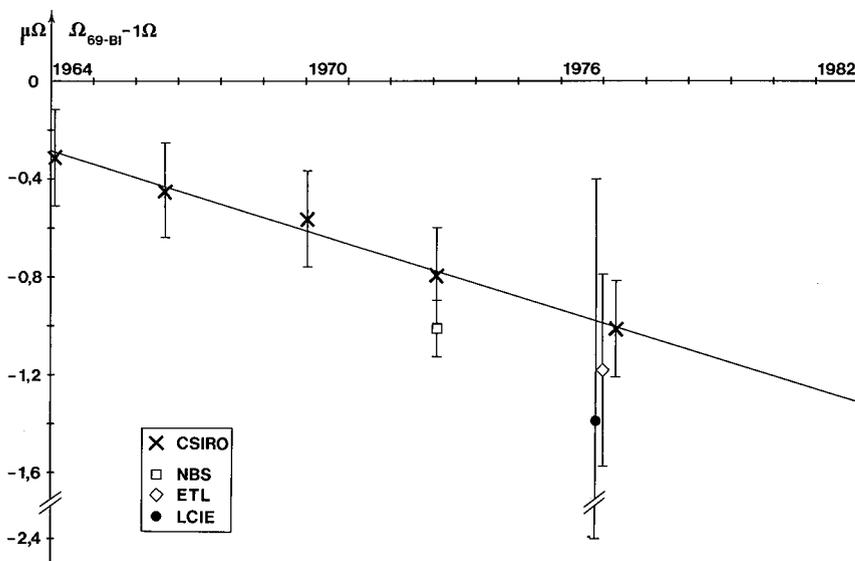


Fig. 7. — Comportement en fonction du temps de Ω_{69-BI} par rapport à l'ohm.

La droite est ajustée par la méthode des moindres carrés à partir des cinq rattachements à l'ohm réalisés par l'intermédiaire du CSIRO. Les résultats obtenus par rattachement à d'autres laboratoires nationaux ainsi que les incertitudes admises par ces laboratoires nationaux figurent à titre de comparaison.

Si l'on admet que la réalisation de l'ohm du CSIRO est demeurée constante pendant cette période, on trouve que Ω_{69-BI} varie linéairement de $(-0,054 \pm 0,003) \mu\Omega/a$. L'incertitude totale admise par le CSIRO est de $0,2 \mu\Omega$, la composante aléatoire étant de l'ordre de $0,06 \mu\Omega$. La figure 7 illustre le comportement de Ω_{69-BI} en fonction du temps. La droite ajustée par la méthode des moindres carrés donne au 1^{er} janvier 1983

$$\Omega_{69-BI} - 1 \Omega = (-1,3 \pm 0,2) \mu\Omega$$

en prenant comme écart-type la valeur admise par le CSIRO. Les résultats des déterminations absolues de l'ohm effectuées dans d'autres laboratoires nationaux (réf. 4 et 6 du tableau II) ont été ajoutées sur la figure. Elles confirment la constance de la réalisation de l'ohm au CSIRO.

8.4. — Travaux relatifs à la conservation et au transfert de V_{76-BI}

Nous effectuons régulièrement des mesures du groupe primaire de piles de référence par l'effet Josephson. La grande stabilité de ces piles, aussi bien que des piles des groupes secondaires, nous a permis de réduire la fréquence des mesures de une fois par semaine à deux fois par mois. Cette année, nous avons fabriqué des jonctions pour la mesure de l'effet Josephson.

Pour améliorer la stabilité thermique des piles nues définies à 20°C , dont l'emploi décroît, nous avons fabriqué une nouvelle double enceinte à air contenant 12 piles. Un élément Peltier permet de refroidir la partie externe et de réguler sa température à $19,5^\circ\text{C}$. La partie interne, chauffée, est régulée à 20°C . Au cours d'une journée, la température reste stable à $\pm 0,1 \text{ mK}$. Pour la mesure de la température, cette enceinte est munie d'un thermomètre à résistance de platine et d'un pont à thermistances.

A titre d'essai, nous avons développé une méthode d'étalonnage rapide d'un potentiomètre, sur la gamme de 1 mV , à l'aide de l'effet Josephson. Les résultats sont satisfaisants et tout à fait conformes à ceux des précédents étalonnages effectués par la méthode classique qui exige plusieurs jours.

Nous sommes en train de mettre au point un comparateur automatique de piles étalons pour la comparaison des piles provenant des laboratoires nationaux aux piles de référence du BIPM. Le principe du comparateur est classique. On compare la force électromotrice (f.é.m.) de la pile à mesurer à celle d'une pile de référence, dont la valeur est connue par l'effet Josephson, en connectant les deux piles en opposition. A l'aide d'un potentiomètre et d'un détecteur de zéro, on détermine avec une grande précision la différence des f.é.m. Dans cette réalisation, le potentiomètre consiste en une résistance de précision et une source de courant capable de fournir de -1 mA à $+1 \text{ mA}$ par pas de 1 nA . Un micro-ordinateur asservit le courant du potentiomètre pour que l'indication du détecteur soit inférieure à 100 nV .

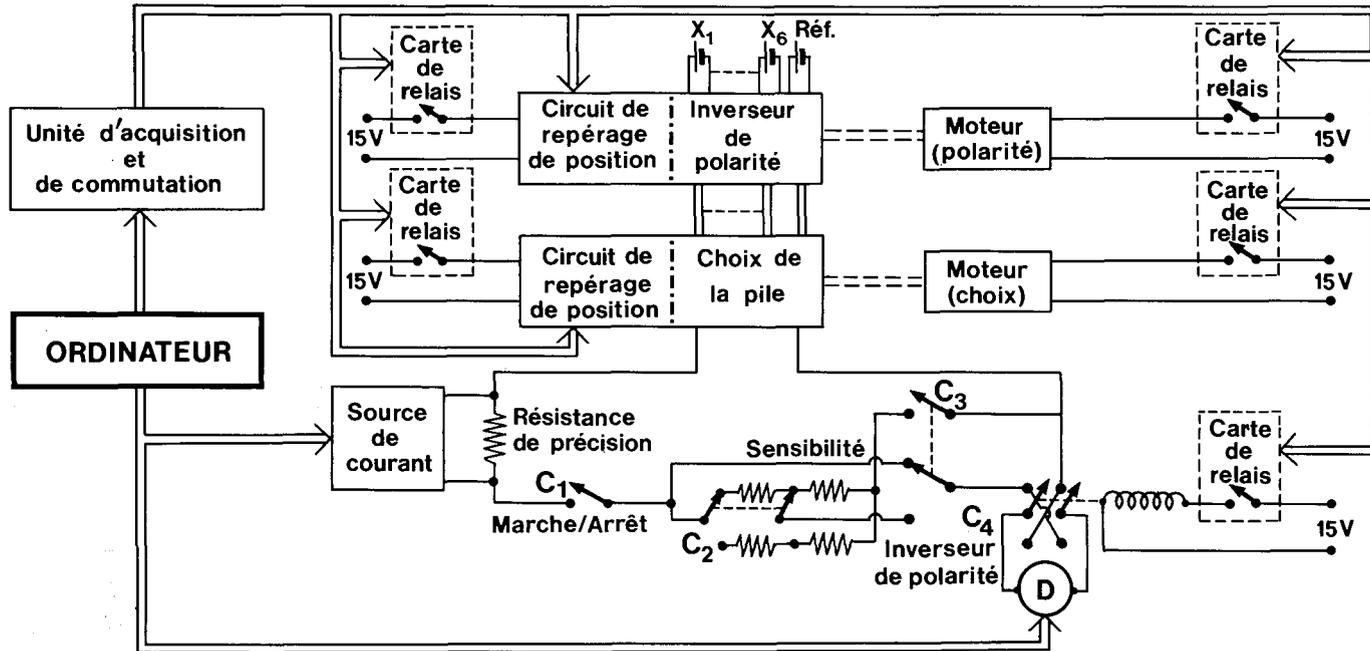


Fig. 8. — Schéma de principe du comparateur automatique de piles étalons.

Une pile X_1 est connectée en opposition avec une référence Réf. Le choix de la pile ainsi que l'inversion de la polarité sont effectués par deux commutateurs rotatifs à l'aide de deux moteurs. On oppose à la différence de force électromotrice des deux piles la différence de potentiel aux bornes d'une résistance de précision. L'asservissement du courant dans cette résistance est assuré par l'ordinateur en fonction de la tension aux bornes du détecteur D. Les relais bistables C_1 , C_2 , C_3 et C_4 ont de faibles forces thermoélectromotrices; ils sont actionnés par les relais de l'unité d'acquisition et de commutation. Ce détail n'est montré explicitement que pour C_4 , inverseur de polarité du détecteur. Les deux relais C_2 et C_3 permettent de faire varier la sensibilité du détecteur et de protéger les piles.

La figure 8 montre sous une forme simplifiée la réalisation du circuit avec ses divers commutateurs. Deux commutateurs rotatifs servent à inverser la polarité des piles et à choisir la pile X_i à comparer à la référence. Quatre relais, C_1 à C_4 , dont les forces thermoélectromotrices des contacts sont faibles, permettent de changer la sensibilité du détecteur et d'inverser sa polarité. Deux jeux de résistances servent à désensibiliser le détecteur et en même temps à protéger les piles étalons lorsqu'on mesure une pile inconnue. Les résultats des mesures sont mémorisés sur bande magnétique. Ainsi, pour les mesures ultérieures d'une même pile, l'ordinateur peut préréglé le courant du potentiomètre.

Les étalonnages de la source de courant nous permettent d'estimer à quelques nanovolts l'incertitude du potentiomètre pour des différences de f.é.m. entre les piles inférieures à $100 \mu\text{V}$. Dans de bonnes conditions de fonctionnement, pour une série de dix répétitions, l'incertitude aléatoire d'une observation de la différence de f.é.m. entre deux piles saturées correspond à un écart-type de 8 nV .

8.5. — Activités relatives à l'amélioration des mesures de résistances

Par des visites et des stages dans les sections d'électricité des grands laboratoires, nous nous efforçons de mieux nous familiariser avec les méthodes les plus perfectionnées de mesure de résistances. Ainsi, par exemple, un membre de la section d'électricité fait un stage à temps partiel pour participer à la mise en œuvre au Laboratoire Central des Industries Électriques (LCIE) d'une installation pour la réalisation d'un étalon de résistance par l'effet Hall quantique.

Dans notre laboratoire, nous poursuivons le développement d'un pont cryogénique pour la comparaison d'étalons de résistance. Nous avons complété le montage de la source de courant primaire en lui ajoutant un filtre passe-bas et un amplificateur de gain variable. Les essais de ce circuit en bruit et en linéarité donnent des résultats satisfaisants. Nous avons également assemblé la source de courant secondaire et modifié le circuit électronique de l'unité d'asservissement du SQUID.

Nous sommes en train d'étudier sur le plan théorique un nouveau dispositif potentiométrique pour la comparaison d'étalons de résistance de $10 \text{ k}\Omega$. En ce qui concerne nos quatre éléments de passage du type Hamon, nous sommes en train de développer un procédé de contrôle des résistances principales, des résistances des connexions de potentiel et de courant aussi bien que de l'équilibrage des jonctions à quatre bornes.

8.6. — Améliorations et modifications de l'aménagement des salles de mesure

Pour compléter la transformation de la salle 13 en salle de mesure et l'installation du système de comparaison de piles étalons dans la cage de

Faraday sur la mezzanine de la salle 4, nous avons commandé à une entreprise commerciale l'installation d'un groupe de production et de distribution d'eau glacée, des unités de refroidissement et des régulateurs de température.

Le même groupe desservira les salles 5 et 105; il est prévu pour desservir ultérieurement la salle 104. Nous profiterons de cette occasion pour démonter le climatiseur encombrant de la salle 4 (et le réutiliser dans une autre salle). Cela nous permettra de récupérer de la place pour une petite installation de calcul sur la mezzanine. Au rez-de-chaussée de la salle 4, nous avons démonté la cabine thermorégulée contenant le bain d'huile à 20 °C qui est remplacé par une enceinte plus compacte à air (*voir* 8.4). La place récupérée servira pour le pont de mesure des thermomètres à résistance, les enceintes des piles de référence à 26 °C et le stockage des vieilles piles. Pour diminuer les problèmes d'interférences électromagnétiques à la salle 4, nous sommes en train de faire placer le réseau d'alimentation secteur dans un blindage métallique.

8.7. — Études courantes

Indépendamment de l'entretien de ses installations de mesure et de l'étalonnage de ses références et de celles des autres sections du BIPM, la section d'électricité a étudié 22 étalons de résistance (valeurs comprises entre 0,001 Ω et 10⁴ Ω , définies à 20 °C ou à 25 °C) et 13 piles (définies à 20 °C ou à 30 °C) pour la Belgique, la Bulgarie, la Finlande, la Hongrie et la République Démocratique Allemande.

9. Photométrie (J. Bonhoure)

9.1. — Radiométrie absolue

Après quelques modifications apportées à l'électronique du système de mesure, on a à nouveau utilisé le radiomètre absolu, précédé d'un filtre $V(\lambda)$, pour étudier des lampes Osram Wi 41 G réglées à 2854 K. La reproductibilité des mesures est certes améliorée; elle reste cependant insuffisante pour qu'on puisse utiliser le radiomètre facilement pour étalonner des lampes suivant la nouvelle définition de la candela.

9.2. — Installations de mesure

La comparaison internationale de lampes étalons d'intensité et de flux lumineux, décidée par le CCPR en septembre 1982, doit commencer au début de 1984. On sait déjà que quatorze laboratoires participeront aux mesures d'intensité lumineuse et dix aux mesures de flux lumineux; un seul laboratoire n'a pas encore fait connaître sa réponse.

Pour pouvoir réaliser les comparaisons au BIPM dans les meilleures

conditions, on a complètement renouvelé les installations de mesure : alimentation stabilisée et circuit électrique satisfaisants pour une intensité de courant de 25 A. On a aussi refait le revêtement intérieur de la sphère lumenmètre (nombreuses couches d'oxyde de titane, puis d'oxyde de zinc, déposées au pistolet pneumatique).

9.3. — Études courantes

On a effectué le contrôle de 30 lampes à incandescence (étalons d'intensité lumineuse, de flux ou de température de répartition) appartenant aux laboratoires nationaux de Tchécoslovaquie et de Yougoslavie.

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

10.1. — Rayons X (Boutillon *)

Une comparaison indirecte d'étalons d'exposition a été effectuée entre le BIPM et le National Physical Laboratory (NPL), Royaume-Uni, dans le domaine de 100 à 250 kV, à l'aide de deux chambres de transfert construites au NPL. Les résultats, voisins de ceux qui avaient été obtenus en 1975, font apparaître une tendance systématique, pour le rapport des expositions $\dot{X}_{\text{NPL}}/\dot{X}_{\text{BIPM}}$, à décroître en fonction de l'énergie. A titre de vérification, les aires des diaphragmes des deux étalons ont été comparées ionométriquement mais l'écart, d'environ 0,2 %, entre le rapport des aires obtenu par des mesures mécaniques et ce rapport obtenu par des mesures ionométriques est indépendant de l'énergie du rayonnement et ne peut expliquer la décroissance observée.

On avait déjà constaté de semblables variations en fonction de l'énergie lors de comparaisons entre étalons d'exposition effectuées au BIPM dans ce domaine d'énergie. Une compilation systématique des divers facteurs de correction appliqués aux étalons a d'abord été entreprise, afin de vérifier leur cohérence interne; elle nous a conduits à quelques modifications mineures qui n'améliorent que faiblement les résultats. On peut noter cependant que les facteurs de correction k_e et k_{sc} (pour le manque d'espacement entre les plaques et pour le rayonnement diffusé) sont déterminés dans tous les laboratoires à partir des mêmes données expérimentales de Wyckoff et Attix ⁽⁸⁾ et sont donc très fortement corrélés. Il n'est pas impossible qu'il existe pour ces facteurs un biais, variant avec l'énergie, qui dépend de la taille de la chambre.

On a donc cherché à déterminer k_e par une approche différente en utilisant quelques spectres de rayons X mesurés par la Gesellschaft für

(8) WYCKOFF, H.O. and ATTIX, F.H. Design of free-air ionization chambers, NBS Handbook 64 (US Dept. of Commerce, Washington D.C.), 1957.

Strahlen- und Umweltforschung mbH, RFA. Pour un spectre de photons donné, on peut déduire par le calcul le spectre correspondant des électrons. Seuls les électrons photoélectriques sont concernés car ils ont une énergie suffisante pour atteindre les parois des étalons. L'hypothèse d'une répartition isotrope étant réaliste, on peut utiliser les fonctions de dissipation de l'énergie des électrons calculées par Spencer⁽⁹⁾ pour déterminer la valeur de k_e . La figure 9 donne les résultats expérimentaux de Wyckoff et Attix, ceux des présents calculs et quelques résultats expérimentaux obtenus au BIPM⁽¹⁰⁾, pour des rayonnements de même couche de demi-atténuation (CDA). L'écart entre les deux groupes de courbes est significatif. Les valeurs obtenues par calcul ne sont cependant pas plus précises que les valeurs expérimentales (l'écart-type est, dans les

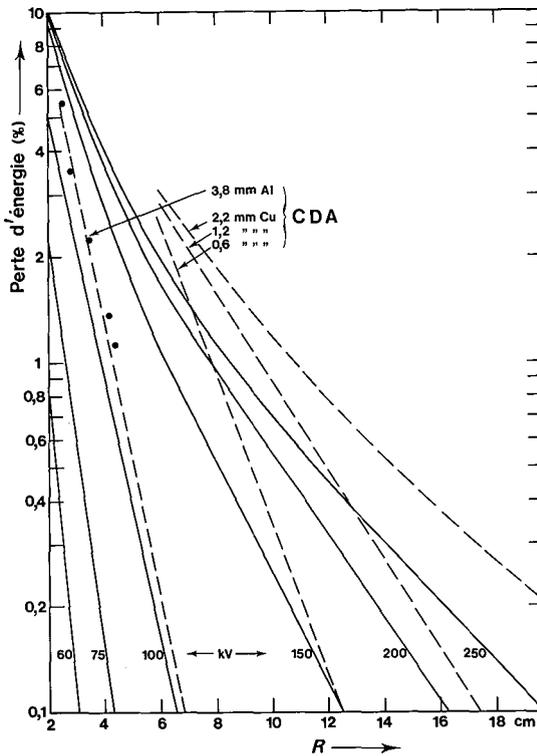


Fig. 9. — Fraction d'énergie perdue par un électron au-delà d'une distance R à l'axe d'un faisceau de diamètre nul.

En trait plein, courbes expérimentales de Wyckoff et Attix; en tireté, courbes calculées; les points représentent les résultats expérimentaux obtenus au BIPM.

⁽⁹⁾ SPENCER, L.V. Energy dissipation by fast electrons, NBS Monograph 1 (US Dept. of Commerce, Washington D.C.), 1959.

⁽¹⁰⁾ ALLISY, A. et BOUTILLON, M. Sur l'utilisation d'un champ d'induction magnétique dans les mesures d'exposition de rayons X et γ . *C.R. Acad. Sci.* **260**, 1965, pp. 6576-6579.

deux cas, d'environ 0,07 %). On peut simplement conclure qu'il serait souhaitable d'entreprendre de nouvelles mesures expérimentales plus précises.

On a, d'autre part, étalonné ou réétalonné plusieurs chambres d'ionisation utilisées comme étalons secondaires d'exposition par différents pays : State Institute of Radiation Hygiene, Norvège; National Institute of Radiation Hygiene, Danemark; Junta de Energía Nuclear (JEN), Espagne; Institut d'Oncologie de Ljubljana, Yougoslavie. Ces étalonnages ont été effectués dans le domaine de 100 à 250 kV et, dans certains cas, dans le domaine de 10 à 50 kV. Les écarts observés dans les cas de réétalonnage (JEN) sont inférieurs à 0,1 %.

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

Comparaisons d'étalons d'exposition

L'étalon d'exposition du BIPM a été comparé à deux nouvelles chambres du NPL qui doivent constituer le futur étalon de ce laboratoire pour le rayonnement du ^{60}Co . Plusieurs corrections applicables aux chambres du NPL ont été étudiées dans le faisceau du BIPM. La valeur moyenne obtenue (1,005) pour le rapport $\dot{X}_{\text{NPL}}/\dot{X}_{\text{BIPM}}$, n'est que provisoire, certains des facteurs correctifs utilisés par le NPL étant en cours de révision.

Une autre comparaison a eu lieu avec l'étalon d'exposition du Comitato Nazionale per la Ricerca e lo Sviluppo dell'Energia Nucleare e dell'Energie Alternative (ENEA), Italie; on a aussi étudié expérimentalement au BIPM certains facteurs correctifs. On a trouvé $\dot{X}_{\text{ENEA}}/\dot{X}_{\text{BIPM}} = 0,9982$.

Étalonnages de chambres d'ionisation

D'une part, on a étalonné ou réétalonné, pour le rayonnement du ^{60}Co , des chambres d'ionisation des laboratoires cités plus haut (paragraphe 10.1). D'autre part, les chambres Exradin (à parois équivalentes au tissu) du groupe de mesures neutroniques du BIPM ont été étalonnées à nouveau dans le faisceau de la source de cobalt de 6 TBq : la chambre 191 après son retour des États-Unis pour réparation et les deux chambres (191 et 199) avant et après la comparaison effectuée en avril 1983 dans le faisceau de neutrons du NPL. Au retour de cette comparaison, le facteur d'étalonnage de la chambre 199 n'avait pas varié, celui de la chambre 191 avait diminué de 0,2 %.

Correction de saturation pour une chambre sphérique Shonka

Les mesures effectuées avec deux tensions collectrices pour différents courants d'ionisation permettent de séparer les contributions dues aux deux types de recombinaison des ions (recombinaison initiale et recombinaison

en volume) et d'obtenir ainsi la correction de saturation correspondant à différents débits d'exposition.

Dans cette étude, on a tenu compte de l'influence de la pression atmosphérique p sur la recombinaison des ions. Afin de pouvoir rapporter toutes les mesures à une même pression de référence, on a étudié expérimentalement la variation des pertes par recombinaison pour des pressions comprises entre 98,8 et 104,6 kPa et montré que ces pertes sont proportionnelles à $p^{2,8}$ au voisinage de 20 °C.

Relation entre les valeurs de l'exposition et de la dose absorbée dans le graphite, mesurées dans un même faisceau

La même chambre d'ionisation (étalon ionométrique du BIPM de dose absorbée dans le graphite) a été placée successivement dans le fantôme de graphite et à l'air libre, son centre étant, dans les deux cas, situé en un point M à 1 m de la source de cobalt de 170 TBq.

La valeur de D/X obtenue expérimentalement est 31,88 Gy/(C/kg), D étant la dose absorbée dans le graphite à une « profondeur » de 5 g/cm² et X l'exposition dans l'air. Pour les deux grandeurs, il s'agit de leurs valeurs au point M, en l'absence de la chambre.

On a cherché à comparer ce résultat à la valeur qu'on peut prévoir théoriquement pour D/X . Le lien entre X et D implique trois étapes essentielles :

a) le passage du kerma dans l'air au kerma K_p en M, dans le graphite, du rayonnement « primaire » (constitué de photons incidents sur le fantôme);

b) la détermination du kerma K_s des photons diffusés produits par les interactions des photons primaires dans le fantôme; ces photons diffusés, dont la proportion croît avec la profondeur, accompagnent les photons primaires (dont le kerma est K_p en M);

c) la relation entre la dose absorbée D et les kermas K_p et K_s en M, relation qui fait intervenir le transport d'énergie par les électrons mis en mouvement lors des interactions des photons dans les zones voisines du point M.

Les étapes b) et c) sont traitées dans l'article de M. Boutillon⁽¹¹⁾. L'étape a) implique la détermination de l'atténuation, en pinceau fin, du rayonnement primaire par les disques de graphite placés en avant de M. Les transmissions ont été effectivement mesurées dans le faisceau de la source concernée (avec, d'ailleurs, différentes tailles de faisceaux). Ces transmissions ont été corrigées pour la contribution parasite due à ceux des photons diffusés par les disques qui réussissent à atteindre le détecteur. Cette contribution est calculée par une méthode de Monte-Carlo.

⁽¹¹⁾ BOUTILLON, M. Perturbation correction for the ionometric determination of absorbed dose in a graphite phantom for ⁶⁰Co gamma rays. *Phys. Med. Biol.*, **28**, 1983, pp. 375-388.

La valeur calculée pour D/X à l'issue des trois étapes évoquées ci-dessus est 31,97 Gy/(C/kg). L'écart avec la valeur expérimentale est de 0,3 %. Cet écart n'est pas significatif, étant donné les incertitudes qui affectent la valeur théorique (écart-type relatif d'environ 0,4 %).

Il est donc possible d'établir avec une exactitude de qualité métrologique la valeur de la dose absorbée dans le graphite à partir d'une mesure d'exposition. Cela permet même d'atteindre la valeur de la dose absorbée dans l'eau à partir de l'exposition, puisque la relation entre dose absorbée dans le graphite et dose absorbée dans l'eau a déjà été établie. La valeur ainsi obtenue est en bon accord avec les résultats de la comparaison de dosimètres chimiques Fricke (Rapport 1981, p. 62-63).

10.3. — Électrons (A.-M. Perroche*, M.-T. Niatel*, M. Boutillon*)

Valeurs révisées de W obtenues expérimentalement au BIPM

L'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) va publier un rapport donnant de nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement pour les électrons.

La comparaison des mesures d'activité et d'exposition effectuée au BIPM en 1972 (Rapport 1972, p. 59) peut être considérée comme un moyen expérimental d'obtenir le produit $(W_{\text{air}/e}) \bar{s}_{\text{C,a}}$, donc $W_{\text{air}/e}$ si l'on connaît le rapport $\bar{s}_{\text{C,a}}$ des pouvoirs de ralentissement du graphite et de l'air.

Il est intéressant de voir comment l'introduction des nouvelles valeurs modifie cette détermination de $W_{\text{air}/e}$.

On a procédé à une révision complète des divers facteurs et corrections entrant dans cette comparaison. Le produit $(W_{\text{air}/e}) \bar{s}_{\text{C,a}}$ obtenu est égal à 33,80 J/C. Les détails de cette révision sont donnés dans le document CCEMRI(I)/83-19a. En utilisant les nouvelles valeurs de $\bar{s}_{\text{C,a}}$, on obtient $W_{\text{air}/e} = 33,81$ J/C, alors que l'on obtenait 33,54 J/C avec les anciennes valeurs⁽¹²⁾. Rappelons que la valeur de $W_{\text{air}/e}$ que l'on avait tirée des comparaisons entre étalons calorimétriques et ionométrique de dose absorbée avait été révisée en tenant compte du changement des pouvoirs de ralentissement et publiée dans le Rapport 1982, p. 55 (33,96 J/C). On aboutit à un meilleur accord entre ces deux valeurs révisées de $W_{\text{air}/e}$ et celle recommandée par l'ICRU en 1979⁽¹³⁾ (33,85 J/C).

La figure 10 présente l'ensemble de ces résultats. On notera que l'incertitude sur le pouvoir de ralentissement est prépondérante pour la valeur (2), alors que pour la valeur (3) l'incertitude sur le coefficient d'absorption d'énergie μ_{en}/ρ est plus importante encore.

⁽¹²⁾ BERGER, M. J. and SELTZER, S. M. *In* Studies in penetration of charged particles in matter (Fano, U. ed.) Acad. Sci.-Nat. Res. Council, Pub. 1133, (US Dept. of Commerce, Washington D.C.) 1964, p. 205.

⁽¹³⁾ ICRU. Average energy required to produce an ion pair, Report 31 (International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington D.C.), 1979.

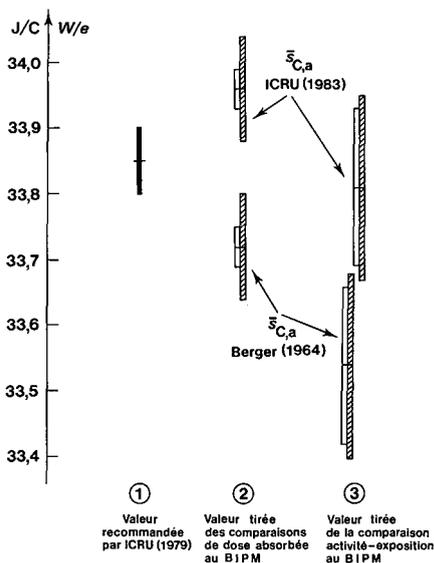


Fig. 10. — Détermination de W_{air}/e .

En utilisant les nouvelles valeurs de $\bar{s}_{C,a}$ (ICRU, 1983) au lieu des valeurs précédentes (Berger et Seltzer, 1964), on améliore l'accord avec la valeur recommandée par l'ICRU.

Les incertitudes indiquées sont des écarts-types estimés; les rectangles hachurés représentent l'incertitude totale, les rectangles vides représentent l'incertitude sans la composante due à $\bar{s}_{C,a}$.

Mesure de W pour les électrons

On a installé le dispositif pour l'introduction de gaz très purs dans la chambre d'ionisation. La présence de gaz dans celle-ci ne modifie pas de façon significative le courant d'électrons émis par le filament.

On étudie les courbes de saturation pour différentes pressions dans la chambre et pour plusieurs énergies d'électrons. Cette étude est complexe car plusieurs phénomènes se superposent: recombinaison des ions, accélération ou freinage des électrons par la tension appliquée à la chambre pour la collection des ions, et pertes d'électrons dans le compartiment intermédiaire dues à la présence de faibles quantités de gaz provenant de la chambre.

11. Radionucléides

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

La radioactivité, c'est-à-dire la transformation spontanée d'états énergétiques de noyaux atomiques, se manifeste par l'émission de particules (α, β, \dots) et de photons (γ, X). Mesurer l'activité signifie compter les transformations par unité de temps. En raison du grand nombre de

radionucléides connus (presque 2 000) et de l'immense variété des paramètres de leurs transformations, la mesure pratique d'une activité prend des aspects très divers et doit être adaptée à chaque cas particulier. En sacrifiant le caractère « absolu » (ou direct) de telles mesures, on peut parfois appliquer une méthode simple à un assez grand nombre de radionucléides, comme c'est le cas avec le Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons γ (SIR). Cependant, il faut rappeler que ce système n'aurait pas le même intérêt s'il n'était pas ancré solidement dans un réseau de résultats absolus, obtenus par des laboratoires expérimentés. Certains de ces résultats sont corroborés par des comparaisons internationales.

Comparaison internationale de mesures d'activité d'une solution de ^{137}Cs

Ce radionucléide, d'une période de près de 30 ans, émet deux groupes de particules β et se transforme donc en $^{137}\text{Ba}^m$ (excité) et ^{137}Ba (stable). Le $^{137}\text{Ba}^m$ se désintègre, avec une période d'environ 150 s, en émettant des photons de 662 keV qui lui valent son utilisation très répandue comme référence en spectrométrie γ . Comme la corrélation temporelle entre rayons β et γ n'est pas détectable, la mesure d'activité par comptage de coïncidences ne peut être appliquée que lorsqu'on ajoute quantitativement aux sources de ^{137}Cs un indicateur d'efficacité (^{134}Cs) ayant des propriétés adéquates.

Des ampoules contenant des solutions pures de chacun des deux isotopes ont été préparées à la PTB et distribuées à 23 laboratoires nationaux et internationaux dont 19 ont soumis leurs résultats au BIPM. La pureté des solutions a été contrôlée par le LMRI, le NBS et la PTB. L'activité massique de la solution de ^{134}Cs fut mesurée au BIPM, en s'appuyant sur le SIR. Les résultats obtenus par les participants sont

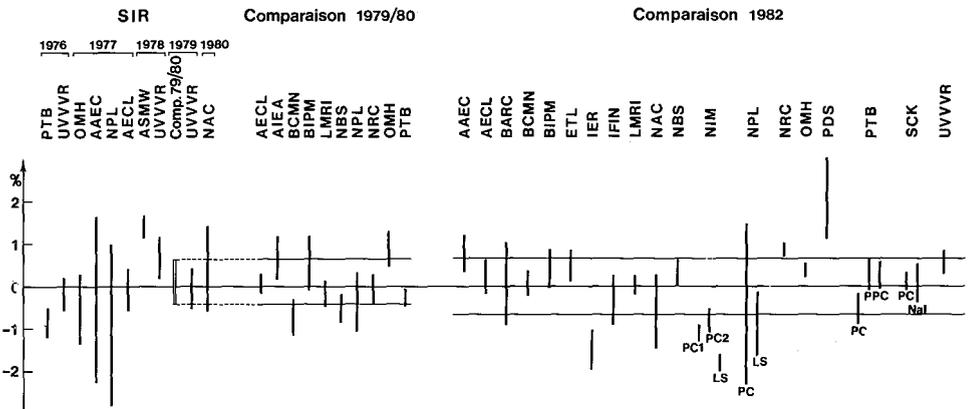


Fig. 11. — Représentation graphique des résultats de la comparaison internationale de ^{137}Cs .

Les barres verticales représentent un écart-type.

représentés graphiquement sur la figure 11; on y trouve aussi les résultats d'une comparaison restreinte antérieure ainsi que ceux du SIR.

La dispersion totale et l'écart-type des 25 résultats de cette comparaison sont respectivement de 2,4 et 0,66 %. Ces valeurs, considérablement plus élevées que d'habitude, s'expliquent au moins partiellement par la plus grande complexité des manipulations et des mesures. Un projet de rapport détaillé est en préparation.

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

Sources de référence. — Les cinq sources de radium fabriquées en 1973 par l'Union Minière (Bruxelles) et qui servent de référence ont été comparées deux à deux dans l'ordre de leur activité, dix fois par an depuis 1976. On n'observe aucune tendance systématique imputable à une perte d'activité. En outre, deux sources de radium âgé ont été acquises récemment et sont comparées périodiquement à la plus forte des cinq sources de référence, en vue de rechercher une éventuelle déviation de la période effective de celles-ci. Il est encore trop tôt pour tirer une conclusion.

Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons γ (SIR). — A présent, on compte vingt laboratoires participant au SIR (dont une dizaine régulièrement). Ils ont soumis 366 ampoules de solutions étalonnées de 42 radionucléides différents. Le nombre de résultats enregistrés s'élève à 250.

L'utilisation croissante, surtout en médecine, de certains radionucléides de période courte (moins de 80 h) a pour effet que nous recevons de tels échantillons de plus en plus souvent, ce qui pose quelquefois des problèmes d'organisation et de dédouanement.

L'ensemble des résultats a servi à établir une courbe améliorée d'efficacité de la chambre en fonction de l'énergie des photons (*voir* Rapport 1981, p. 69). Cette courbe permet de prévoir la réponse de la chambre relative à un radionucléide non encore mesuré et d'évaluer les corrections dues aux impuretés détectées par spectrométrie γ .

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

Vu l'intérêt suscité par la récente publication⁽¹⁴⁾ du principe de l'échantillonnage sélectif, nous nous limiterons pour l'essentiel à la description de deux développements nouveaux qui s'y rapportent.

Conditions optimales pour l'application de la méthode

Une question importante du point de vue pratique est de savoir si la méthode d'échantillonnage sélectif, une fois le bien-fondé du principe

⁽¹⁴⁾ MÜLLER, J. W. Selective sampling — an alternative to coincidence counting. *Nucl. Instr. and Meth.*, **189**, 1981, pp. 449-452.

établi, est d'une utilité réelle ou si elle n'est qu'une curiosité présentant un intérêt passager. Cela dépend en grande partie de l'« efficacité » du système ou, plus concrètement, de la durée des mesures nécessaire pour déterminer l'activité, suivant cette méthode, avec une précision suffisante. Il s'agit donc d'évaluer de manière quantitative l'incertitude statistique des mesures expérimentales.

Il est facile de se rendre compte que pour une source très faible la durée des mesures peut devenir excessivement longue, car la fréquence moyenne des cycles d'enregistrement, ainsi que le nombre d'impulsions classées par cycle, tendent vers zéro en même temps que l'activité de la source. S'il s'agit au contraire d'activités croissant de plus en plus, la fréquence moyenne des cycles tend également vers zéro (effet du temps mort cumulatif). Bien que dans ce cas le nombre d'impulsions gamma enregistrées par cycle augmente, cela ne peut pas compenser les pertes. Il s'ensuit que l'efficacité de cette méthode de mesure est optimale pour une activité intermédiaire qu'il convient d'évaluer.

Puisque l'activité recherchée s'exprime par $N_0 = N_\beta/\varepsilon_\beta$, où N_β est le taux de comptage expérimental bêta (corrigé), il faut connaître l'efficacité ε_β du compteur proportionnel, que l'échantillonnage sélectif permet d'obtenir à l'aide de la formule $\varepsilon_\beta = 1 - g/G$, g et G étant les nombres d'impulsions enregistrées par canal pendant le temps mort T et après (voir fig. 12). Puisque $g \ll G$, l'incertitude statistique sur ε_β est essentiellement donnée par celle de g , et un raisonnement simple permet d'exprimer l'incertitude relative de N_0 avec une bonne approximation par la relation

$$r_{N_0} = \left(\frac{1 - \varepsilon_\beta}{\varepsilon_\beta} \right) N_g^{-1/2},$$

où N_g désigne le nombre total d'impulsions gamma observées dans la région de la lacune de la distribution temporelle. Il est possible de

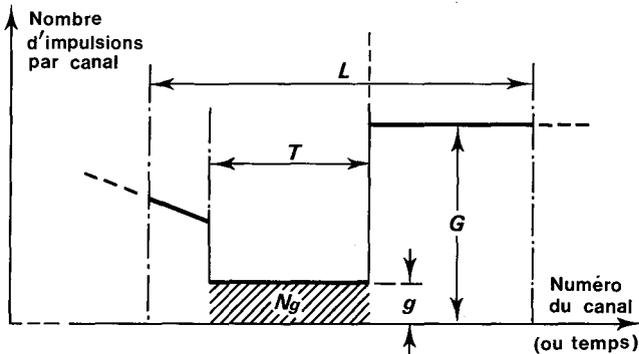


Fig. 12. — Forme schématique du spectre temporel des impulsions gamma.

La grandeur N_g , essentielle pour déterminer la précision d'une mesure d'activité, correspond à l'aire hachurée; la signification des divers symboles est donnée dans le texte.

déterminer la fréquence moyenne des cycles en décrivant la situation expérimentale comme un arrangement de deux temps morts en série, où le premier, de type cumulatif, est le temps mort T inséré dans la voie bêta, tandis que le second (non cumulatif) est déterminé par la durée L de l'enregistrement sur le sélecteur multicanal. On arrive ainsi (le Rapport BIPM-83/3 indique les détails) à une expression qui donne N_g en fonction de la durée de mesure t et des autres paramètres expérimentaux ε_β , ε_γ , N_β , T et L , supposés connus. En pratique, on s'intéresse le plus souvent à la durée t qui est nécessaire pour atteindre une certaine précision pour la mesure de l'activité d'une source. Cette durée est donnée par

$$t = \frac{N_g \varepsilon_\beta}{\varepsilon_\gamma (1 - \varepsilon_\beta)} \cdot \frac{N_\beta (L - T) + e^{N_\beta T}}{N_\beta^2 T}.$$

Illustrons la situation par un exemple numérique. En demandant comme précision $r_{N_g} = 10^{-3}$, la première formule donne $N_g \approx 12\,350$, pour $\varepsilon_\beta = 0,9$. Avec les valeurs réalistes de $\varepsilon_\gamma = 0,05$, $T = 20 \mu\text{s}$ et $L = 50 \mu\text{s}$, la deuxième formule nous indique que, pour un taux de comptage bêta de $100\,000 \text{ s}^{-1}$, cette précision peut être atteinte en deux minutes à peine; notons qu'une précision de 0,5 % serait obtenue en moins de cinq secondes. Ce résultat nous confirme que la méthode d'échantillonnage sélectif est particulièrement adaptée à la mesure d'activités élevées.

La variation de $N'_g = N_g/t$ en fonction du taux de comptage bêta N_β est indiquée sur la figure 13 pour quelques valeurs du temps mort T . Pour une précision donnée, la durée de mesure t est donc proportionnelle à $1/N'_g$. On remarque que N'_g passe par un maximum assez plat qui se situe un peu au-delà de la valeur de N_β qui correspond à la condition $N_\beta T = 2$. Cette règle approximative peut être utile pour choisir T . Les résultats des calculs ont été bien vérifiés par des mesures (voir aussi BIPM WPN-225).

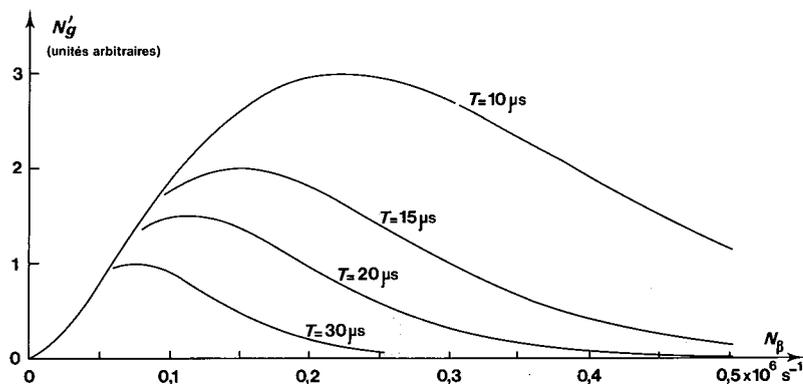


Fig. 13. — Représentation graphique de la grandeur $N'_g = N_g/t$ en fonction du taux de comptage bêta, pour quelques valeurs du temps mort cumulatif T . On suppose ici que $L = 2T$ (voir texte).

Mesure du taux de comptage bêta

On sera sans doute un peu surpris d'apprendre que l'exactitude d'une mesure d'activité faite par échantillonnage sélectif n'est, en pratique, limitée ni par le principe de la méthode, ni (par exemple) par la fiabilité du dispositif électronique imposant le temps mort cumulatif T , mais par la mesure apparemment si simple de N_β , le taux de comptage bêta. Le problème vient du fait que la séquence des impulsions bêta, à l'origine conforme à un processus de Poisson, a déjà subi des distorsions par la chaîne électronique quand elle nous est accessible. Alors qu'une analyse détaillée des déformations temporelles semble irréalisable, on peut espérer qu'une description simplifiée, qui traite l'ensemble de la perturbation comme un effet dû à un (premier) temps mort τ_1 , sera suffisante pour nos besoins. Une fois ce modèle adopté, il s'agit de trouver un moyen qui permette de déterminer le type de τ_1 et sa valeur numérique exacte. Les méthodes habituelles n'étant pas applicables, une nouvelle approche s'impose. Après quelques tentatives d'utilisation de la densité expérimentale des intervalles, ou des déviations de la distribution de fréquence des impulsions par rapport à la loi de Poisson, il s'avère plus pratique de se fonder seulement sur des taux de comptage. Dans ce cas, on insère dans la voie bêta un deuxième temps mort (τ_2), dont le type et la valeur sont bien connus, et l'on mesure les taux de comptage avant (r) et après (R) ce second temps mort. Suivant le type choisi pour τ_2 et admis pour τ_1 , quatre arrangements sont à étudier. L'analyse détaillée peut s'appuyer sur des résultats obtenus antérieurement. On trouve que deux situations donnent lieu à des formules assez compliquées, tandis que les deux cas où τ_1 et τ_2 sont de type différent se décrivent très facilement. Ainsi, on obtient

— pour τ_1 non cumulatif et τ_2 cumulatif :

$$\tau_1 = \frac{(1/r) \ln (r/R) - \tau_2}{\ln (r/R) - 1},$$

— pour τ_1 cumulatif et τ_2 non cumulatif :

$$\tau_1 = \tau_2 + \frac{1}{r} - \frac{1}{R}.$$

Un programme d'ordinateur permet, par un procédé itératif, la détermination de τ_1 pour les deux autres arrangements.

De nombreuses mesures ont montré que pour notre chaîne électronique le modèle d'un « premier » temps mort est valable; ce temps mort a la valeur $\tau_1 = (1,15 \pm 0,02) \mu\text{s}$ en le supposant du type cumulatif. Ce résultat est important pour nos mesures, car il nous permet de déterminer par la méthode d'échantillonnage sélectif des activités de sources jusqu'à 300 kBq environ avec une bonne exactitude, comme les résultats présentés sur la figure 14 le confirment.

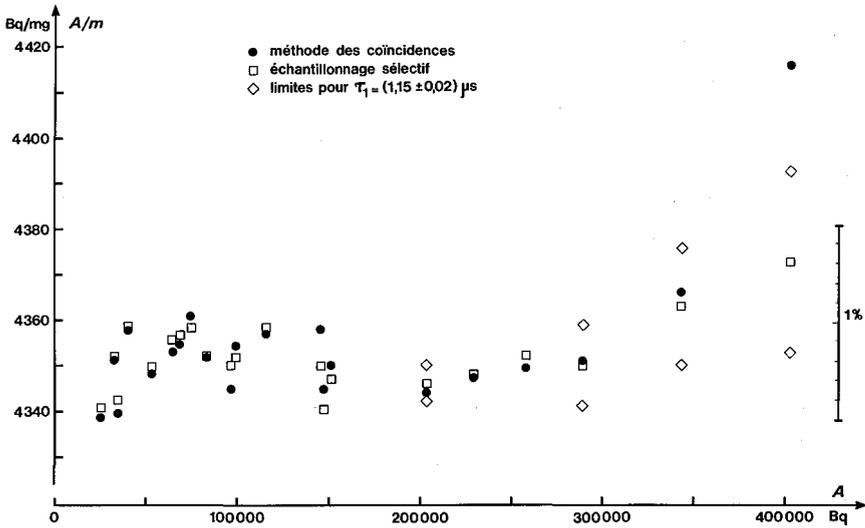


Fig. 14. — Activité massique A/m en fonction de l'activité A des sources, mesurée soit par la méthode des coïncidences (formule de Cox et Isham), soit par échantillonnage sélectif. Pour cette dernière méthode, l'incertitude due au premier temps mort τ_1 est parfois indiquée.

Autres travaux

Parmi les généralisations de la loi de Poisson, une des plus intéressantes consiste à associer à chaque événement un nombre entier qui suit également une loi de Poisson. Quelques-unes des propriétés statistiques d'une telle « double » distribution de Poisson sont établies dans BIPM WPN-224, où l'on indique aussi une éventuelle application de ce modèle au problème des impulsions secondaires. L'auto-convolution répétée d'une distribution a de multiples applications dans la théorie des processus stochastiques, et on a souvent besoin de connaître ses moments. Ce problème est traité de façon systématique dans le Rapport BIPM-82/15 et l'on arrive à une formule générale qui s'appuie sur les polynômes dits de Bell.

11.3. — Spectrométrie alpha (A. Rytz)

Le spectromètre magnétique du BIPM se distingue de tous les autres instruments de ce genre par sa conception spéciale en vue de mesures absolues de l'énergie de particules α . En quinze ans, pas moins de 26 émetteurs de particules α ont été mesurés selon une technique qui n'a subi que des changements mineurs. L'innovation la plus importante est le remplacement des plaques nucléaires par des films de nitrate de cellulose comme détecteurs de particules. Des expériences systématiques ont permis de trouver les conditions optimales d'utilisation et de déterminer l'incertitude due à la dilatation causée par le bain d'attaque. L'insensibilité aux photons, l'absence d'effet nocif du vide et le très faible fond de

particules α constituent des avantages considérables par rapport aux plaques nucléaires.

Le nombre d'émetteurs de particules α pour des mesures à envisager ultérieurement est limité surtout par les difficultés d'obtenir ces substances en quantité et avec une pureté suffisantes. Il est donc particulièrement heureux que des chercheurs de l'Atomic Energy Research Establishment (AERE), Harwell (Royaume-Uni) s'intéressent à ces mesures et acceptent une collaboration en nous fournissant des sources de substances peu communes.

Mesures de l'énergie des particules α émises par le ^{236}Pu

Quatre sources très pures de cet isotope du plutonium ont été préparées à Harwell pour le BIPM, par sublimation dans le vide. Six poses, dont la durée variait entre 100 et 500 h, ont été effectuées avec deux valeurs différentes du champ magnétique. En observant au microscope les traces de particules α rendues visibles par le traitement du film détecteur, on a déterminé leur nombre linéique en fonction de la distance sur le film (voir fig. 15). Le profil d'une raie est extrapolé jusqu'à son intersection avec le fond. Le rapport des nombres de traces de chaque raie donne le rapport des intensités. Ce travail a été décrit en détail dans un article soumis pour publication (¹⁵). Les résultats sont présentés dans le tableau III.

L'énergie de la raie α_0 permet de calculer très exactement la différence de masse des atomes ^{236}Pu et ^{232}U , résultat important pour la systématique des masses atomiques.

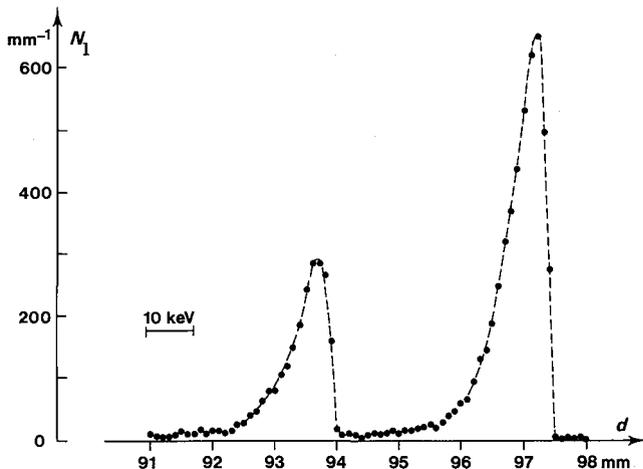


Fig. 15. — Nombre linéique N_1 de particules α en fonction de la distance d sur le film (origine arbitraire).

(¹⁵) RYTZ, A. and WILTSHIRE, R.A.P. Absolute determination of the energies of alpha particles emitted by ^{236}Pu (à paraître dans *Nucl. Instr. and Meth.*).

TABLEAU III

Résultats des mesures sur le ^{236}Pu

On a indiqué les incertitudes composées sous forme d'écart-types

Raie	Énergie des particules α (keV)	Intensité relative (%)
α_0	$5\,767,0 \pm 0,08$	$69,26 \pm 0,45$
α_{47}	$5\,721,0 \pm 0,10$	$30,56 \pm 0,45$

12. Mesures neutroniques (V. D. Huynh)

12.1. — Comparaison internationale de mesures de débit de fluence

Le BIPM a participé à la comparaison internationale des mesures de débit de fluence de neutrons à 2,50 MeV et 14,8 MeV en utilisant la réaction $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$ comme méthode de transfert. Pour la comparaison à 14,8 MeV, il a en outre irradié un échantillon de Nb/Zr dans le but non seulement de comparer les mesures de débit de fluence, mais aussi de déterminer l'énergie moyenne des neutrons utilisée dans la comparaison. Les résultats de la comparaison ont été présentés à la 6^e réunion de la Section III du CCEMRI en mai 1983. Dans l'ensemble, ils sont en assez bon accord, sauf pour la région de 14,8 MeV, avec la réaction $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$, car le problème de la correction due à la contribution des neutrons diffusés n'a pas été étudié de façon approfondie par tous les participants. En effet, la section efficace de cette réaction augmente très rapidement lorsque l'énergie des neutrons décroît et la contribution des neutrons diffusés (d'énergie plus faible) pourrait atteindre 5 % ou plus dans certains cas. Pour le BIPM cette contribution provient principalement des neutrons diffusés par le support de la cible qui est constitué d'un disque en cuivre de 28,5 mm de diamètre et de 0,5 mm d'épaisseur. Nous nous proposons de faire une mesure relative en doublant l'épaisseur du support et de déterminer ainsi expérimentalement cette contribution. Les mesures sont en cours.

12.2. — Étude des chambres d'ionisation

En collaboration avec le groupe des rayons X et γ du BIPM, nous avons poursuivi nos études sur différents types de chambres d'ionisation à paroi équivalente au tissu (TE), afin d'en choisir quelques-unes qui soient susceptibles d'être utilisées comme instruments de transfert ou de référence en vue de la future comparaison internationale dans le domaine de la dosimétrie neutronique. Cette nouvelle comparaison, qui fera suite à la

comparaison internationale organisée par le NPL en 1983, avait été proposée par la Section III du CCEMRI lors de sa 5^e réunion, en mai 1981.

Six chambres d'ionisation ont été étudiées : deux du type T2, construites par Exradin (États-Unis d'Amérique), une du type TNO, construite et offerte par le Radiobiological Institute TNO (Pays-Bas), une du type IRM, construite par l'Institute of Radiation Medicine (Chine), et deux du type IC-17A, construites par Far West Technology (États-Unis d'Amérique).

Rappelons qu'il s'agissait d'étudier, d'une part, la reproductibilité à long terme des mesures et, d'autre part, les différents facteurs de correction qu'on doit appliquer au courant d'ionisation mesuré. Les chambres ont été étudiées aussi bien dans un faisceau de rayons γ du ^{60}Co que dans un faisceau de neutrons de 14,65 MeV, sauf les deux chambres FWT qui ont été étudiées seulement dans un faisceau de ^{60}Co .

En ce qui concerne la stabilité à long terme de ces chambres, les études ont été faites dans le faisceau de rayons γ du ^{60}Co , à des dates différentes, avec des chambres remplies d'air (ouvertes à l'air libre). Pour les deux chambres Exradin, les mesures effectuées durant la période s'étendant de mars 1981 à avril 1983 montrent une variation maximale de 0,76 %. Quant aux autres chambres, l'intervalle de temps durant lequel ont été effectuées les études est beaucoup plus court (de deux semaines à trois mois). On observe une variation maximale de 0,4 % environ. Il faut souligner que, de toute façon, la stabilité de ces chambres doit être contrôlée, avant et après chaque comparaison, à l'aide d'un faisceau étaloné de photons.

Après avoir pris connaissance des résultats de ces études, la Section III du CCEMRI a décidé, en mai 1983, que les deux chambres Exradin seront utilisées comme instruments de transfert dans la prochaine comparaison internationale qui sera organisée par le BIPM et qui aura lieu à partir de 1984. Une chambre d'ionisation Mg/Ar, également fournie par le BIPM, accompagnera les deux chambres Exradin, afin de permettre la séparation de la composante due aux photons dans un champ « neutronique » qui est toujours un champ mixte de neutrons et de photons.

12.3. — Comparaison internationale d'étalons de dosimétrie neutronique

Le BIPM a participé, en avril 1983, à la comparaison internationale des mesures de kerma dans le tissu à l'air libre. Cette comparaison est organisée par le NPL et utilise son faisceau collimaté de neutrons de 14,7 MeV. Il s'agit pour chaque participant de déterminer, au point de référence choisi, par la méthode dite des deux dosimètres, les valeurs de kerma dans le tissu; K_N et K_G , dues respectivement aux neutrons et aux photons. Cette méthode a déjà été décrite dans le Rapport de 1980 (p. 76). Rappelons ici que l'un des deux dosimètres (dosimètre T) a une sensibilité comparable aux neutrons et aux photons, tandis que l'autre (dosimètre U) est sensible aux photons mais très peu sensible aux neutrons.

Nous avons utilisé deux chambres Exradin (dosimètre T) et deux compteurs Geiger-Müller (dosimètre U), aussi bien dans la comparaison au NPL que dans les mesures effectuées au BIPM pour étalonner notre faisceau de neutrons de 14,65 MeV en termes de débit de kerma dans le tissu. Les résultats préliminaires obtenus semblent indiquer que :

— dans le faisceau de neutrons du BIPM, la valeur du kerma dans le tissu K_N , mesurée par la méthode des deux dosimètres, et la valeur de la fluence Φ_N , mesurée par la méthode de la particule associée, nous permettent de déduire le « facteur de kerma » qui est le quotient du kerma par la fluence. Cette grandeur, K_N/Φ_N , obtenue expérimentalement, est en bon accord avec la valeur théorique récemment publiée ⁽¹⁶⁾;

— pour les deux chambres Exradin, la grandeur K_N/Q_N mesurée dans le faisceau neutronique du BIPM est cohérente avec celle qui est mesurée dans le faisceau neutronique du NPL (Q_N est la charge libérée par les neutrons dans la chambre d'ionisation);

— de même, la grandeur $(K_{\text{tissu}}/Q)_{\text{Co}}$ mesurée dans le faisceau de ^{60}Co du BIPM est en très bon accord avec la grandeur $(K_{\text{tissu}}/Q)_{\text{Cs}}$ mesurée dans le faisceau de ^{137}Cs du NPL pour les deux chambres Exradin (K_{tissu} est le kerma dans le tissu pour les photons de la source étalonnée et Q la charge libérée par ces photons dans la chambre d'ionisation);

— par contre, les deux compteurs Geiger-Müller ont une sensibilité différente selon qu'ils sont étalonnés avec le ^{60}Co ou avec le ^{137}Cs (environ 7 % plus élevée pour le ^{60}Co). Comme on ne connaît pas exactement le spectre de photons dans un champ mixte, cela pose un problème pour ce type de dosimètre. Heureusement, la fraction de kerma due aux photons dans un champ mixte représente généralement quelques centièmes seulement de la fraction de kerma due aux neutrons. Néanmoins, cela conduirait à une différence de quelques millièmes dans la détermination du kerma pour les neutrons.

13. Publications

Publications du BIPM

Depuis octobre 1982 ont été publiés :

- 1° *Comité Consultatif de Thermométrie*, 14^e session (1982), 162 pages.
- 2° *Comité Consultatif des Unités*, 8^e session (1982), 52 pages.
- 3° *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre*, 7^e session (1982), 164 pages.

⁽¹⁶⁾ CASWELL, R. S., COYNE, J. J. and RANDOLPH, M. L. Kerma factor for neutron energies below 30 MeV. *Radiation Research*, **83**, 1980, pp. 217-254.

4° *Procès-verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures*, tome 50 (71^e session, octobre 1982), 148 pages.

5° *Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures*, volume 7 (1979-1980), 46 articles.

Metrologia (R. P. Hudson)

En 1982, la quantité et la longueur des manuscrits prêts pour l'impression étaient telles que l'on devait dépasser le nombre normal de pages convenu avec l'éditeur. En conséquence, pour conserver un délai de publication raisonnable, nous avons demandé pour le volume 18 une augmentation de dix pour cent de ce nombre de pages, demande à laquelle l'éditeur a bien voulu accéder. Par contre, depuis octobre 1982, les articles soumis sont notablement moins nombreux et le volume 19 n'atteindra pas la quantité annuelle de pages accordées à moins d'un afflux soudain de manuscrits en cours d'année.

Le léger accroissement du nombre d'abonnements annoncé par l'éditeur il y a un an s'est révélé sans lendemain : en janvier 1983 il a été signalé une diminution de dix pour cent pour 1982 ! Cette tendance est attribuée aux conditions économiques généralement mauvaises et on ne peut guère compter sur une amélioration dans le proche avenir.

Publications extérieures

GIACOMO, P. Pourquoi la Métrologie ? *Bull. BNM*, N° 50, 1982, pp. 7-9.

GIACOMO, P. Laser frequency measurements and the redefinition of the metre. *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, 32, 1983, pp. 244-246.

GIACOMO, P. News from the BIPM. *Metrologia*, 19, 1983, pp. 77-81.

GIACOMO, P. Nouvelles du BIPM. *Bull. BNM*, N° 51, 1983, pp. 7-12.

GIACOMO, P. Nouvelles du Bureau International des Poids et Mesures. *Rev. Gén. Électricité*, 4, 1983, pp. 251-254.

GIACOMO, P. Preliminary work in view of a redefinition of the metre. *INSYMET 1982* (20-25 septembre 1982), Bratislava.

QUINN, T. J. « Temperature ». Academic Press, Londres, juillet 1983, 420 pages, ISBN : 0-12-569680-9.

ALLISY, A. BIPM activities in the field of ionizing radiations. *In Proceedings of the Meeting on Radiological Protection and Dosimetry, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Barra da Tijuca/RJ, Brésil.*

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

RYTZ, A. The international reference system for activity measurements of γ -ray emitting nuclides. *Int. J. Appl. Rad. and Isotopes*, 34, 1983, pp. 1047-1056.

RYTZ, A. and WILTSHIRE, R.A.P. Absolute determination of the energies of alpha particles emitted by ^{236}Pu (12 pages, soumis pour publication dans *Nuclear Instruments and Methods*).

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.

SAKUMA, A. An industrialized absolute gravimeter, type GA60 : A description of the instrument and its trial use in the French gravity net. Présenté à la 18^e Assemblée Générale de l'UGGI, Hambourg, août 1983.

OGIER, M. et SAKUMA, A. Mesure absolue de pesanteur en France. Présenté à la 8^e Commission Gravimétrique Internationale, Hambourg, août 1983.

OGIER, M. et SAKUMA, A. Variations de la pesanteur non liées à la marée luni-solaire. Présenté à la 8^e Commission Gravimétrique Internationale, Hambourg, août 1983.

BONHOURE, J. et PELLO, R. Température du point triple du gallium. *Metrologia*, **19**, 1983, pp. 15-20.

BONHOURE, J. et PELLO, R. Cellule à point triple de l'argon : instrument de transfert de pression. *Metrologia*, **19**, 1983, pp. 21-23.

WINKLER, G. and HUYNH, V. D. Precise absolute measurement of the $^{27}\text{Al}(n,\alpha)^{24}\text{Na}$ cross section with 14.65 MeV neutrons. *Z. Physik* (à paraître).

HUYNH, V. D. Activity of the BIPM neutron measurement group. *Strahlentherapie* (à paraître).

BLABLA, J., ŠMYDKE, J., CHARTIER, J.-M. and GLÄSER, M. Comparison of the $^{127}\text{I}_2$ stabilized He-Ne lasers at 633 nm wavelength of the Czechoslovak Institute of Metrology and the Bureau International des Poids et Mesures. *Metrologia*, **19**, 1983, pp. 73-75.

CHARTIER, J.-M. Results of international comparisons using methane stabilized He-Ne lasers at 3.39 μm and iodine stabilized He-Ne lasers at 633 nm. *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, **IM-32**, 1983, pp. 81-83.

BERTINETTO, F., CORDIALE, P., PICOTTO, G.-B., CHARTIER, J.-M., FELDER, R. and GLÄSER, M. Comparison between the $^{127}\text{I}_2$ stabilized He-Ne lasers at 633 nm and 612 nm of the BIPM and the IMGC. *IEEE Trans. Instrum. Meas.*, **IM-32**, 1983, pp. 72-76.

JONES, G. R. Jr, RITTER, R. C. and GILLIES, G. T. Fundamental measurements in gravitational physics using precision rotations. I: motivations and unprotected-rotor results. *Metrologia*, **18**, 1982, pp. 209-219.

WILLIAMS, E. R. and GILLIES, G. T. Electrometer designs for use in an unbound-quark search. *Lettere al Nuovo Cimento* (à paraître).

GILLIES, G. T., LOUGH, M. T. and RITTER, R. C. A Sagnac interferometer modified for use as a centrifugal encoder. *Bull. Tech. Univ. Istanbul*, **36**, 1983, pp. 27-30.

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.

BOUTILLON, M. Perturbation correction for the ionometric determination of absorbed dose in a graphite phantom for ^{60}Co gamma rays. *Phys. Med. Biol.*, **28**, 1983, pp. 375-388.

NIATEL, M.-T. On the location of a flat ionization chamber for absorbed dose determination. *Phys. Med. Biol.*, **28**, 1983, pp. 407-410.

Rapports

Ces rapports peuvent être fournis sur demande.

GLÄSER, M. Calculated frequency differences of the hyperfine structure lines of some transitions ($\Delta F = \pm 1$, $\Delta F = 0$) and of cross-over lines of $^{129}\text{I}_2$ and $^{127}\text{I}_2$. Part I: Transitions R(127)11-5 and R(47)9-2 of $^{127}\text{I}_2$ and P(110)10-2 and R(113)14-4 of $^{129}\text{I}_2$. Rapport BIPM-82/12, octobre 1982, 41 pages.

MÜLLER, J. W. Quelques remarques sur une « double » distribution de Poisson. BIPM WPN-224, octobre 1982, 4 pages.

MÜLLER, J. W. Statistiques de comptage. Rapport BIPM-82/13, octobre 1982, 7 pages.

RYTZ, A. International comparison of activity measurements of a solution of ^{137}Cs (May 1982), Preliminary report. Rapport BIPM-82/14, novembre 1982, 9 pages.

MÜLLER, J. W. The moments of self-convolutions. Rapport BIPM-82/15, novembre 1982, 7 pages.

Documents préparatoires (1982) en vue d'une nouvelle définition du mètre. Rapport BIPM-82/16, décembre 1982, 34 pages.

GILLIES, G. T. The Newtonian gravitational constant: an index of measurements (1983 edition). Rapport BIPM-83/1, février 1983, 134 pages.

GIRARD, G. Mesure de la pression atmosphérique à la section des masses du BIPM. Rapport BIPM-83/2, janvier 1983, 11 pages.

MÜLLER, J. W. Conditions optimales pour l'échantillonnage sélectif. BIPM WPN-225, janvier 1983, 4 pages.

MÜLLER, J. W. On the best measuring conditions for SESAM. Rapport BIPM-83/3, février 1983, 8 pages.

GILLIES, G. T. Operating characteristics of two magnetic suspension systems. Rapport BIPM-83/4, avril 1983, 27 pages.

GLÄSER, M. Calculated frequency differences of the hyperfine structure lines of some transitions ($\Delta F = \pm 1$, $\Delta F = 0$) and of cross-over lines of $^{129}\text{I}_2$ and $^{127}\text{I}_2$. Part II: Transitions at 633 nm: P(33)6-3 and R(80)1-0 of $^{127}\text{I}_2$ and P(54)8-4, P(69)12-6, P(33)6-3, R(60)8-4 of $^{129}\text{I}_2$; transitions at 612 nm: P(48)11-3, R(48)15-5 and R(34)17-6 of $^{127}\text{I}_2$. Rapport BIPM-83/5, mai 1983, 95 pages.

GIRARD, G. Traitement thermique de l'invar au Bureau International des Poids et Mesures. Rapport BIPM-83/6, juin 1983, 11 pages.

RYTZ, A. International comparison of activity measurements of a solution of ^{137}Cs (May 1982). Rapport BIPM-83/8, novembre 1983, 32 pages.

14. Certificats et Notes d'étude

Du 1^{er} octobre 1982 au 30 septembre 1983, 30 Certificats et 2 Notes d'étude ont été délivrés.

CERTIFICATS

1982

N ^o		
32.	Cinq fils géodésiques en invar N ^{os} 676, 679, 680, 684 de 24 m et N ^o 591 de 8 m (addition)	Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade, Yougoslavie.
33.	Cinq fils géodésiques en invar N ^{os} S 50, S 51, S 52, S 53 de 24 m et S 49 de 8 m (addition)	Id.
34.	Quatre étalons de résistance de 10 000 Ω N ^{os} 691133/BZ3, 691296/BZ3, 698177/BZ3 et 699024/BZ3	Institut National de Métrologie, Beijing, Rép. Pop. de Chine.

1983

N ^o		
1.	Thermocouple platine/platine rhodié à 10 % N ^o 1	Technical Inspectorate, Finlande.
2.	Thermocouple platine/platine rhodié à 10 % N ^o S002	Statens Provningsanstalt, Suède.
3.	Thermomètre à résistance de platine N ^o 48 PTB 68	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Rép. Féd. d'Allemagne.
4.	Thermomètre à résistance de platine N ^o 1838945	Technical Inspectorate, Finlande.
5.	Mètre prototype N ^o 29 en platine iridié (addition)	Suède.
6.	Quatre étalons de force électromotrice N ^{os} 1, 2, 3 et 5	Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, Berlin, Rép. Dém. Allemande.
7.	Deux étalons de résistance de 1 Ω N ^{os} 501 et 508 (addition).....	Id.
8.	Etalon de résistance de 1 Ω N ^o D-3	Id.
9.	Règle de 1 mètre N ^o 558 en invar	Statens Provningsanstalt, Borås, Suède.
10.	Trois étalons secondaires de flux lumineux (2353 K) N ^{os} 11, 12 et 14	Ceskoslovensky Metrologický Ustav, Tchécoslovaquie.
11.	Etalon secondaire de flux lumineux (2787 K) N ^o A5	Id.
12.	Trois étalons secondaires de flux lumineux (2787 K) N ^{os} B6, B8 et B11 (addition) ...	Id.

1983 (suite)

N°		
13.	Six étalons secondaires de température de couleur N°s 2489, 2515, 2531, 141, 2331 et 2581 (addition pour les étalons N°s 2331 et 2489)	Ceskoslovensky Metrologický Ustav, Tchécoslovaquie. Id.
14.	Trois étalons secondaires d'intensité lumineuse (2353 K) N°s 253, 2526 et 2633	Id.
15.	Trois étalons secondaires d'intensité lumineuse (2853 K) N°s 200, 212 et 2335 (addition)	Id.
16.	Quatre étalons secondaires d'intensité lumineuse (2853 K) N°s 618, 619, 620 et 621 (addition)	Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade (Yougoslavie).
17.	Sept étalons secondaires d'intensité lumineuse (2853 K) N°s 7HA 78, 7HB 78, 7HC 78, 7HD 78, 7GV 78, 7GW 78 et 7GY 78	Id.
18.	Etalon de résistance de 10 000 Ω N° 1 Mgn (addition)	Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, Berlin, Rép. Dém. Allemande
19.	Etalon de résistance de 10 000 Ω N° 1 ISA	Id.
20.	Dix calibres de 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75, 90 et 100 mm	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
21.	Quatre étalons de force électromotrice N°s 32933, 32939, 32942 et 32949	Office National des Mesures, Budapest, Hongrie.
22.	Thermocouple platine/platine rhodié à 10 % N° S136	Service de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
23.	Thermocouple platine/platine rhodié à 10 % N° A	Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade, Yougoslavie.
24.	Thermomètre à résistance de platine N° 2356	Technical Inspectorate, Finlande.
25.	Thermomètre à résistance de platine N° 223666	Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade, Yougoslavie.
26.	Etalon de résistance de 10 000 Ω, N° 109	Centre de Recherches Techniques, Espoo, Finlande.
27.	Etalon de résistance de 1 Ω, N° 1816194 (addition)	Id.

NOTES D'ETUDE

1983

1.	Thermocouple platine/platine rhodié à 10 % N° 28	Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade, Yougoslavie.
2.	Trois cellules à point triple de l'eau N°s 6, 79 et X	Id.

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 de Métrologie (VIM). Le projet final est maintenant terminé. La publication sera prise en charge par l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO) au nom des quatre organisations qui ont contribué à la préparation de l'ouvrage (ISO, Organisation Internationale de Métrologie Légale, Commission Électrotechnique Internationale, BIPM). La parution est prévue vers la fin de 1983 ou le début de 1984.

P. Giacomo 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, du Centre National de la Recherche Scientifique français (section physique atomique et moléculaire).

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. Une réunion de cette Commission a eu lieu au BIPM du 25 juin au 1^{er} juillet 1983.

P. Carré a participé à plusieurs réunions de l'Association Française de Normalisation (AFNOR) pour la révision d'une série de normes concernant les grandeurs, les unités et les symboles.

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 4^e édition du Vocabulaire International de l'Éclairage, dont le projet final a reçu au premier semestre 1983 l'approbation des Comités nationaux de la CIE et de la Commission Électrotechnique Internationale.

Voyages, visites, conférences, exposés du personnel

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

P. Giacomo s'est rendu :

— à Londres, du 22 au 25 novembre 1982, pour une réunion de travail

du VIM. A cette occasion, il a donné au National Physical Laboratory une conférence sur la mission du BIPM. Une autre réunion de travail du VIM a eu lieu à Paris du 2 au 4 février 1983;

— à New Orleans (États-Unis d'Amérique), du 13 au 17 décembre 1982, pour assister à la Conférence « Laser 82 » où il a présidé une session sur « Laser Metrology »;

— à Paris, le 3 février 1983, où il a donné une conférence sur « Métrologie et qualité » dans le cadre d'une Journée de la Qualité;

— à Marseille ⁺⁺, les 6 et 7 mai 1983, pour présider le Comité scientifique du Laboratoire des Couches Minces et visiter ce laboratoire;

— à Londres, les 25 et 26 mai 1983, avec T. J. Quinn pour assister à une réunion de la Royal Society sur « The constants of physics »;

— à Turin, du 5 au 8 septembre 1983, pour participer au « Workshop on fundamental logical concepts of measurement » et visiter les laboratoires de l'Istituto di Metrologia G. Colonnetti et de l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris.

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

— à Braunschweig, le 7 février 1983, où il a visité les sections des masses, des longueurs, de photométrie et de radiométrie de la PTB;

— avec G. Girard, à Göttingen, le 14 février 1983 (usines Sartorius GmbH, balances de précision), à Greifensee (Zurich), le 1^{er} mars 1983 (usines Mettler, balances de précision) et à Wabern (Berne), le 2 mars 1983 (Office Fédéral de Métrologie de Suisse);

— 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 en cours au NPL sur la mesure des températures thermodynamiques et de la constante de Stefan-Boltzmann.

A. Allisy a participé

— du 21 au 26 mars 1983, sur invitation de la Comissão de Energia Nuclear du Brésil, au Meeting on Radiological Protection and Dosimetry ⁺⁺ organisé par l'Istituto de Radioproteção e Dosimetria, Barra da Tijuca/RJ. Il y a fait une conférence sur « BIPM activities in the field of ionizing radiations »;

— du 25 juin au 2 juillet 1983, à la réunion de la Main Commission de l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) ⁺⁺, à Sèvres (France);

— du 3 au 8 juillet 1983 ⁺, avec J. W. Müller et V. D. Huynh, au Seventh International Congress of Radiation Research, à Amsterdam (membre du Scientific Program Committee);

— du 16 au 18 août 1983, à la réunion du Comité ICRU « Material Equivalents and Tissue Substitutes » ⁺⁺, à Londres.

A. Rytz s'est rendu :

— à Vienne (Autriche), du 15 au 18 novembre 1982, pour examiner, avec MM. H. Eisenlohr et A. Spagnol, la partie existante du manuel en préparation pour l'AIEA. Une courte visite à l'IRK a permis de discuter un problème de sources de particules α ;

— à Harwell (Royaume-Uni), du 10 au 13 mai 1983, pour participer au « Seminar on α -particle spectrometry and low-level measurement » et présenter un exposé sur « Absolute determination of the energy of α particles emitted by ^{236}Pu »;

— au BCMN, Geel (Belgique), les 15 et 16 mai 1983, pour participer au « ICRM seminar on applied radionuclide metrology » et présenter un exposé sur « The international reference system for activity measurements of γ -ray emitting nuclides ». Il y est retourné les 19 et 20 mai pour assister aux réunions de deux groupes de travail et à l'Assemblée générale de l'ICRM.

P. Carré et J. Hamon se sont rendus à l'Office Fédéral de Métrologie, Wabern (Suisse), le 21 septembre 1983, pour reprendre la règle divisée N° 12 924 qui est utilisée pour la comparaison internationale de mesure d'un étalon à traits; ils ont profité de leur séjour pour visiter notamment les laboratoires des longueurs et des masses.

J. W. Müller s'est rendu à Budapest, du 10 au 12 mai 1983, pour participer au deuxième symposium du Comité technique TC8 d'IMEKO sur « Theoretical and practical limits of measurement accuracy ».

T. Witt s'est rendu au LCIE, le 27 janvier 1983, accompagné de G. Gillies, pour discuter avec M. Delahaye des détails du comparateur cryogénique de résistances.

Le 21 mars 1983, accompagné de Mr B. N. Taylor du NBS, il est allé à Orsay pour discuter avec Mme M. Razeghi, de la Société Thomson-CSF, des possibilités d'obtenir des échantillons pour l'effet Hall; le même jour, il a rendu visite à Mr Voos de l'École Normale Supérieure, Paris, pour des discussions au sujet de l'effet Hall quantique.

Le 28 avril 1983, accompagné de D. Reymann, il est allé au LCIE pour discuter avec M. Delahaye d'une collaboration dans le domaine des études sur l'effet Hall quantique.

Du 11 au 13 mai 1983, il a visité la division d'électricité du NPL, Teddington, pour discuter des techniques de mesure des résistances et des forces électromotrices.

Du 30 mai au 1^{er} juin 1983, il s'est rendu à la PTB, Braunschweig, pour discuter des méthodes de mesures électriques; il a fait un exposé intitulé « Maintenance and comparison of standards of electromotive force at the BIPM ».

Le 28 juillet 1983, à l'usine Keithley à Cleveland (États-Unis d'Amérique), il a eu une discussion sur les nanovoltmètres.

Le 4 et le 5 août 1983, il a visité la section d'électricité du NRC à Ottawa.

Le 12 et le 15 août 1983, au NBS, Gaithersburg, il a discuté des techniques de mesure des résistances, de l'effet Hall quantique et des diodes de Zener.

A. Sakuma s'est rendu, le 13 avril 1983, au Centre International des marées terrestres, à Bruxelles⁺; il a en outre effectué plusieurs brefs déplacements, ainsi que J. Dias, en février, avril et mai 1983, en vue de la création de stations gravimétriques absolues, au Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM) à Orléans la Source⁺, à l'Ancien Observatoire de Toulouse⁺, au BRGM à Marseille⁺, Dijon⁺ et Nancy⁺.

Du 11 au 26 août 1983, à Hambourg (Rép. Féd. d'Allemagne), il a participé à la 8^e Commission Gravimétrique Internationale et à la 18^e Assemblée Générale de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale où il a fait des exposés sur la gravimétrie au BIPM.

J. Bonhoure, accompagné de R. Pello, s'est rendu à Teddington, du 6 au 11 juin 1983, pour effectuer une comparaison des manobaromètres du NPL et du BIPM avec une cellule à point triple de l'argon comme instrument de transfert de pression.

Il s'est aussi rendu à Amsterdam, du 31 août au 8 septembre 1983, pour prendre part aux réunions de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE).

R. P. Hudson s'est rendu au NPL (Teddington) le 21 avril 1983 et au Kamerlingh Onnes Laboratorium (Leiden) le 9 juin 1983 pour discuter l'avant-projet d'un thermomètre à gaz à interpolation, dont l'utilisation pourrait être recommandée dans une nouvelle Échelle Internationale Pratique de Température pour le domaine compris entre 4 K et 25 K.

Profitant de deux séjours à Washington pendant ses vacances en Amérique du Nord, il s'est rendu au NBS les 19 et 20 juillet et les 8, 9, 11 et 12 août 1983 pour discuter avec plusieurs physiciens de leurs recherches ou de certains problèmes concernant des manuscrits soumis à *Metrologia*; il a eu un entretien avec Mr Ambler, Directeur du NBS, au sujet du choix entre le *Journal of Research* et *Metrologia* comme destinataire des articles métrologiques du NBS.

V. D. Huynh s'est rendu :

— à Teddington, du 11 au 16 avril 1983, avec L. Lafaye, pour participer à la comparaison internationale des mesures de kerma au NPL;

— à Orléans, du 5 au 7 mai 1983, pour assister au « Microsymposium on Neutron Dosimetry » organisé par l'ECNEU (European Clinical Neutron Dosimetry Group); il y a présenté un exposé sur « Activity of the BIPM neutron measurement group ».

G. Girard et J. M. Coarasa ont visité, le 6 décembre 1982, le laboratoire des masses et la base géodésique du Service des Instruments de Mesure à Ivry, près de Paris.

G. Girard a en outre participé aux réunions suivantes :

— du 19 au 21 août 1983 à Lyngby⁺ (Danemark), travaux de la Commission I.4 (Physicochemical Measurements and Standards) de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée : il a rendu compte de l'état d'avancement des travaux en vue d'une nouvelle détermination de la masse volumique de l'eau, étude entreprise dans plusieurs grands laboratoires nationaux; il a présenté un projet de révision de la section « Density » du document « Recommended reference material for realization of physicochemical properties »;

— du 22 au 25 août 1983 à Hambourg⁺ (Rép. Féd. d'Allemagne), Assemblées Générales de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale et de l'Association Internationale de Sciences Physiques de l'Océan (AISPO) et plus particulièrement Groupe de travail Symboles, Unités et Nomenclature de l'AISPO; il a été chargé de la mise au point définitive et de la publication d'un rapport sur l'usage du Système International d'Unités en Océanographie.

M. Gläser a participé à la PTB (Braunschweig), du 15 novembre au 15 décembre 1982, du 28 mars au 8 avril 1983 et du 9 mai au 26 juin 1983 à une expérience sur des résonances optiques de Ramsey avec un jet de calcium.

Il s'est rendu à Regensburg (RFA), du 14 au 18 mars 1983, pour assister à une conférence de la Deutsche Physikalische Gesellschaft, et à Interlaken (Suisse), du 27 juin au 1^{er} juillet 1983, où il a participé à la Sixth international conference on laser spectroscopy.

D. Reymann, du 15 au 19 novembre 1982, a suivi à Orsay un cours organisé par la Société Française du Vide sur la préparation des couches minces.

Depuis le 1^{er} juin 1983, il fait un stage à temps partiel au LCIE sur la réalisation d'un étalon de résistance utilisant l'effet Hall quantique.

G. Gillies s'est rendu :

— au NBS, Gaithersburg, du 15 au 28 octobre 1982, pour travailler avec E. R. Williams de la division d'électricité sur l'électromètre de haute sensibilité pour la recherche des charges fractionnaires;

— à l'Université de Virginie, le 29 octobre 1982, où il a fait une conférence intitulée « Measurement of the Newtonian gravitational constant »;

— à la PTB, le 15 novembre 1982, où il a fait une conférence intitulée « Experimental searches for variations in the gravitational constant »;

— à Londres, le 10 décembre 1982, à la Royal Astronomical Society, où il a fait une conférence intitulée « Measurements of the constant of gravitation »;

— au NBS⁺, Gaithersburg, du 23 au 28 mars 1983, où il a poursuivi les discussions sur l'électrométrie de haute sensibilité, avec E. R. Williams et aussi G. R. Jones;

— à l'Université de Paris VI (Institut H. Poincaré), le 26 avril 1983, où il a fait une conférence intitulée « Recent measurements of Newton's constant ».

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

— par A. Rytz, le 1^{er} février 1983 : « Le Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons γ »;

— par T. J. Quinn, le 15 mars 1983 : « Réalisation du corps noir »;

— par R. Felder, le 27 avril 1983 : « Étude expérimentale de paramètres affectant la reproductibilité de fréquence des lasers à hélium-néon »;

— par J. Azoubib, le 1^{er} juin 1983 : « Le Bureau International de l'Heure et l'établissement du Temps Atomique International ».

Visites et stages au BIPM

Deux visites ont été organisées pour des étudiants de l'École Supérieure de Métrologie, Paris : un groupe d'élèves ingénieurs, le 5 mai 1983, et un groupe de techniciens stagiaires, le 2 juin 1983.

Plusieurs visites ont été organisées pour les participants à diverses réunions (16^e session du CCE, 10^e session du CCEMRI et réunions de ses trois sections, Main Commission de l'ICRU).

Mr B. N. Taylor (NBS, Gaithersburg), à l'occasion de sa présence au BIPM pour la 16^e session du CCE, a présenté, le 18 mars 1983, un exposé sur le sujet suivant : « Some fundamental physical constants and related electrical measurements ».

MM. A. J. F. Metherell et C. Speake (Université de Cambridge, Royaume-Uni) ont donné, le 11 avril 1983, une conférence intitulée : « The dynamics of a beam balance ».

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).

MM. A. R. S. Marsh et C. J. Moretti (NPL) ont participé, du 11 au 22 octobre 1982, à deux comparaisons avec les étalons d'exposition du BIPM (rayons X du domaine 100 à 250 kV et cobalt 60).

Mr H. Källgren (Statens Provningsanstalt, Suède) a séjourné du 18 au 22 octobre 1982 à la section des masses.

Mr. E. Rotondi (ENEA, Rome) est venu les 19 et 20 octobre 1982 à la section des rayonnements ionisants pour se renseigner sur le CCEMRI. Il a également demandé que l'étalon d'exposition de son laboratoire soit comparé à celui du BIPM (rayonnement du cobalt 60).

MM. E. Waibel, G. Willems et R. Huber (PTB) ont visité, le 20 octobre 1982, l'installation expérimentale pour la mesure de W et ont discuté de quelques problèmes se rapportant à cette expérience.

Mr Darnedde (PTB) a visité, les 21 et 22 octobre 1982, diverses sections et spécialement celles des longueurs, longueurs d'onde, lasers, radionucléides et mesures neutroniques.

Mr Rands (section des masses du NPL) est venu, le 22 octobre 1982, reprendre des étalons de 1 kg en platine iridié après leur polissage, ajustage et étalonnage au BIPM.

Mr W. Schlesok (ASMW), profitant de son passage au BIPM à l'occasion du transport d'étalons électriques, s'est entretenu avec nous des problèmes actuels de la métrologie électrique de très haute précision les 25, 26 et 28 octobre 1982.

Mr. H. Bjerke (State Institute of Radiation Hygiene, Norvège) a participé, du 22 au 26 novembre 1982, à l'étalonnage de deux chambres de son laboratoire (rayons X du domaine 10 à 50 kV et cobalt 60).

Mr A. Michel (ETCA, Paris), qui a réalisé un laser à He-Ne asservi sur l'iode très semblable à ceux utilisés au BIPM, est venu une dizaine de jours dans nos laboratoires, en décembre 1982 et janvier 1983, pour effectuer la mise au point finale de ce laser.

Mr A. Iwahara (Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro) a effectué, du 6 au 10 décembre 1982, un stage au laboratoire de mesure des radionucléides afin de s'informer sur les divers aspects de ces mesures.

Mr K. R. Ennow (National Institute of Radiation Hygiene, Danemark), est venu, du 14 au 16 décembre 1982, pour discuter au laboratoire de mesure des radionucléides des problèmes concernant le SIR. Il a apporté deux chambres de son laboratoire pour étalonnage (rayons X du domaine 100 à 250 kV et cobalt 60). Il est revenu chercher ces chambres et discuter des résultats les 16 et 17 mai 1983.

Mr G. Ratel (Atominstytut der Oesterreichischen Universitäten, Wien) a visité la section des rayonnements ionisants le 11 janvier 1983.

Mr. R. F. Laitano et Mme Toni (ENEA, Rome) ont participé, du 14 au 18 mars 1983, à la comparaison de l'étalon d'exposition de leur laboratoire avec celui du BIPM (rayonnement du cobalt 60). A cette occasion, ils ont visité le laboratoire de mesure des radionucléides.

Mr T. Latvala (Helsinki University of Technology, Finlande), responsable d'un programme de construction de lasers à He-Ne asservis sur l'iode à $\lambda = 633$ nm, est venu au BIPM du 21 au 31 mars 1983 pour se familiariser avec la technique de remplissage de cuves à iode. Pendant cette

période, nous avons rempli deux cuves qu'il avait apportées. Il a profité de ce séjour pour visiter les laboratoires de mesure des longueurs et des longueurs d'onde.

Mr M. Frennberg (Statens Provningsanstalt, Suède) a participé, les 11 et 12 avril 1983, à quelques mesures au comparateur photoélectrique; il a repris le Mètre prototype N° 29 et la règle en invar N° 558.

Mr Flude (NPL) est venu, du 12 au 14 avril et du 10 au 13 mai 1983, pour la mise en service à la section des masses du système de lecture automatique de la position d'un fléau de balance.

Mr Y. Kawada (ETL) a visité le laboratoire de mesure des radionucléides, le 21 avril 1983, et s'est intéressé particulièrement au SIR et à la méthode d'échantillonnage sélectif.

Mr D. F. Urquhart (AAEC, Sydney) a visité, le 6 mai 1983, les laboratoires de mesure des radionucléides et des rayons X et γ , à l'occasion de sa participation à la réunion de la Section II du CCEMRI.

MM. A. Brosed et Delgado (JEN, Madrid) ont pris part, du 13 au 20 mai 1983, au réétalonnage de deux chambres de leur laboratoire (rayons X du domaine 100 à 250 kV et cobalt 60).

MM. G. Cerutti et L. Cannizzo (IMGC, Turin) ont séjourné à la section de gravimétrie, les 2 et 3 juin 1983, en vue de l'adaptation à leur gravimètre absolu d'un nouveau chronomètre permettant de mettre en œuvre la méthode des stations multiples.

Mr Jacquemin (Institut national des radioéléments, Fleurus, Belgique) a visité le laboratoire de mesure des radionucléides, le 9 juin 1983.

Mr A. Guérid (Institut de Radiophysique Appliquée, Lausanne) est venu les 26, 27 et 28 juillet 1983 prendre contact avec le groupe des rayons X et gamma et discuter plus particulièrement d'une future comparaison entre l'étalon ionométrique de dose absorbée dans le graphite du BIPM et la calorimétrie de son laboratoire. Il a visité l'ensemble des laboratoires de la section des rayonnements ionisants.

Mr Primož Cevc (Institut d'Oncologie de Ljubljana) est venu le 26 juillet 1983 discuter de l'étalonnage de la chambre d'ionisation de son laboratoire (rayons X et cobalt 60) qui avait été effectué au mois de juin.

Mr M. Berman (CSIRO, Sydney) a visité la section des rayonnements ionisants les 23 et 26 septembre 1983; il s'est intéressé particulièrement aux problèmes de statistique. Il a également discuté quelques problèmes concernant les balances.

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

— Mr Chunghi Rhee (Korea Standards Research Institute, Séoul), le 2 septembre 1982 (thermométrie);

— Mr Pekka Karp (Technical Inspectorate, Finlande), le 24 septembre 1982 (thermométrie);

— MM. K. Takeuchi et H. Yoshida (NEC, Japon), le 16 octobre 1982 (tubes pour lasers à He-Ne);

- Mr M. Oria (INSTN, Saclay), les 18 octobre et 4 novembre 1982 (mesure des radionucléides);
- Mr V. Varbanov (Bulgarie), le 4 novembre 1982 (longueurs, lasers);
- MM. R. Balhorn et Debler (PTB), le 9 novembre 1982 (masses);
- Mr Chung Myung Sai (Korea Standards Research Institute, Séoul), le 10 novembre 1982 (longueurs, longueurs d'onde, lasers);
- Mr De Vries (Belgique), le 24 novembre 1982 (électricité);
- Mr W. Blanke (PTB), le 7 décembre 1982 (thermométrie);
- Un groupe de quatre responsables du service de métrologie légale du Venezuela, le 8 décembre 1982;
- MM. A. Cruz et A. Prudincio (Direcção-Geral da Qualidade, Portugal), le 8 décembre 1982 (masses);
- Mr K. Pochwalski (Institut de l'Énergie Atomique, Varsovie), le 15 décembre 1982 (mesures des radionucléides);
- Mr P. B. Clapham (NPL), le 21 janvier 1983 (manométrie);
- MM. Le Khac et Hoang Manh Thuan, responsables des services de normalisation, instruments de mesure et métrologie du Vietnam, le 7 février 1983;
- Mr B. Cagnac et trois de ses collaborateurs (Université de Paris VI), le 24 février 1983 (lasers à He-Ne asservis sur l'iode);
- MM. M. Têtu (Université Laval, Québec), C. Audoin, P. Cézé et C. Petit (LHA, Orsay), le 1^{er} mars 1983 (longueurs, lasers asservis, gravimétrie);
- Mr P. Tourrenc (Université de Paris VI), le 3 mars 1983 (discussions concernant certains aspects de la métrologie mécanique);
- Mmes Nikolic et Zivkovic (Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade), le 10 mars 1983 (thermométrie, lasers);
- Mr I. K. Harvey (CSIRO, Australie), le 15 mars 1983 (visite des laboratoires d'électricité et discussion de problèmes de métrologie électrique);
- Mr Buckley (South Yorkshire County Council, Grande-Bretagne), le 21 mars 1983 (masses);
- Mr A. Carlson (NBS), le 5 avril 1983 (mesures neutroniques);
- Mr T. Meyer (CERN, Genève), le 12 avril 1983 (discussions sur les systèmes d'asservissement dans les mesures de précision);
- MM. A. Fiebiger et K. Dröge (PTB), le 13 avril 1983 (électricité, masses);
- Mr Rantala (Technical Inspectorate, Finlande), le 13 avril 1983 (thermométrie, lasers, masses);
- Mr M. Xu (NIM, Rép. Pop. de Chine), le 20 avril 1983 (laboratoire de mesures neutroniques);
- Mr J. Nicolas (Service de la Métrologie, Belgique), le 21 avril 1983 (électricité);
- Mlle J. Caumes (LMRI) et Mr M. Cancé (CEN, Bruyères-le-Châtel), le 18 mai 1983 (mesures neutroniques);

— Mr E. Koutcheriavenko (IMM), le 19 mai 1983 (mesures neutroniques);

— Mr K. von Klitzing (Technische Universität, München), le 19 mai 1983 (visite des laboratoires d'électricité et discussions sur l'effet Hall quantique);

— Mr G. Winkler (Institut für Radiumforschung und Kernphysik der Universität, Wien, Autriche), le 20 mai 1983 (lasers asservis, problèmes de tubes à He-Ne);

— MM. J.-F. Brun (Service d'aéronomie, Verrières-le-Buisson) et A. Semery (Laboratoire de Météorologie Dynamique, Paris), le 26 mai 1983 (discussions sur la possibilité d'embarquer un laser asservi dans un satellite);

— Mr Jong-Chul Park, Directeur, section métrologie de base du Korea Standards Research Institute, Séoul, le 27 mai 1983;

— Mme Jin Wen-jing et Mr Li Zheng-xin (Observatoire de Shanghai), le 31 mai 1983 (longueurs, lasers);

— Mr S. Antunes (Direcção-Geral da Qualidade, Portugal), le 13 juin 1983 (masses, longueurs);

— Mr L. Pendrill (Université Chalmers, Göteborg, Suède), le 17 juin 1983 (longueurs, lasers);

— Mr K. Kudo (ETL), le 20 juin 1983 (mesures neutroniques);

— MM. M. Akiyoshi (NEC, Japon), J.-C. Beck (NEC, France) et M. Roulot (Techno 2000, France), le 20 juin 1983 (discussions sur la commercialisation de tubes lasers à He-Ne);

— Mr H. H. Klingenberg (PTB), le 23 juin 1983 (lasers);

— Mr J. Faller (JILA, Boulder), le 28 juin 1983 (lasers);

— Mr H. Sakuma (NRLM, Japon), le 7 juillet 1983 (lasers);

— Mr V. Navratil (CSMU, Tchécoslovaquie) les 12 et 13 juillet (lasers, longueurs);

— MM. Fan Xi Sheng et Zhao Jiagi (NIM, Beijing), le 19 juillet 1983 (lasers);

— Mr E. R. Cohen (Rockwell International Science Center, É.-U. d'Amérique), le 13 septembre 1983 (lasers);

— Mr A. R. Schaefer (NBS), le 14 septembre 1983 (lasers).

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 1982.

Compte I. — Fonds ordinaires *

RECETTES

	francs-or
ACTIF AU 1 ^{er} JANVIER 1982	10 392 001,31
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1982.....	1 508 977,93
Recettes budgétaires	11 203 096,37
Différences de change.....	2 414 223,41
Total	<u>25 518 299,02</u>

DÉPENSES

	francs-or
Dépenses budgétaires	10 649 966,87
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1982	14 868 332,15
Total	<u>25 518 299,02</u>

DÉTAIL DES RECETTES BUDGÉTAIRES

Versements de contributions :

		francs-or
au titre de l'exercice 1982.....	8 331 126	} 9 687 805,00
au titre des exercices antérieurs.....	1 313 907	
au titre de l'exercice 1983.....	42 772	
Intérêts des fonds.....		1 141 381,38
Taxes de vérification.....		11 820,74
Remboursement des taxes sur les achats.....		329 877,76
Recettes diverses.....		32 211,49
Total		<u>11 203 096,37</u>

* Dans ce tableau, ainsi que dans les suivants, on utilise le franc-or défini par l'équivalence 1 franc-or = 1,81452 franc français.

DÉTAIL DES DÉPENSES BUDGÉTAIRES

Chapitres	Dépenses de l'exercice	Prévisions budgétaires	Économies	Dépassements
	francs-or	francs-or	francs-or	francs-or
A. Dépenses de personnel :				
1. Traitements	4 944 317,35	5 280 000	335 682,65	—
2. Allocations familiales	617 713,22	380 000	—	237 713,22
3. Sécurité Sociale	446 572,10	330 000	—	116 572,10
4. Assurance-accidents	50 284,37	50 000	—	284,37
5. Caisse de Retraites (a)	900 000,00	900 000	—	—
B. Dépenses de fonctionnement :				
1. Mobilier	44 516,11	35 000	—	9 516,11
2. Laboratoires et Ateliers	572 272,28	920 000	347 727,72	—
3. Chauffage, eau, énergie électrique	360 303,87	240 000	—	120 303,87
4. Assurances	13 358,61	35 000	21 641,39	—
5. Impressions et publications	106 187,41	80 000	—	26 187,41
6. Frais de bureau	158 436,03	130 000	—	28 436,03
7. Voyages et transports d'appareils	172 282,23	130 000	—	42 282,23
8. Entretien courant	47 476,98	80 000	32 523,02	—
9. Bureau du Comité	32 500,00	30 000	—	2 500,00
C. Dépenses d'investissement :				
1. Laboratoires	971 571,02	1 150 000	178 428,98	—
2. Atelier de mécanique	6 577,02	45 000	38 422,98	—
3. Atelier d'électronique	26 177,01	10 000	—	16 177,01
4. Bibliothèque	87 209,65	45 000	—	42 209,65
D. Dépenses de bâtiments (b) (gros travaux d'entretien et de rénovation)	1 053 429,23	1 000 000	—	53 429,23
E. Frais divers (c)	38 782,38	100 000	61 217,62	—
F. Utilisation de monnaies non convertibles	—	30 000	30 000,00	—
Totaux	10 649 966,87	11 000 000	1 045 644,36	695 611,23

(a) virement au compte II (Caisse de Retraites)

(b) dont virement de 600 000 francs-or au compte V (provisions bâtiment)

(c) dont virement de 10 200 francs-or au compte IV (caisse de prêts)

Compte II. — Caisse de retraites

RECETTES

	francs-or
ACTIF AU 1 ^{er} JANVIER 1982.	4 245 677,86
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1982.	567 479,63
Intérêts des Fonds	444 352,25
Retenues sur les traitements	271 425,86
Virement du Compte I.	900 000,00
Total	<u>6 428 935,60</u>

DÉPENSES

	francs-or
Pensions servies	837 418,69
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1982	<u>5 591 516,91</u>
Total	<u>6 428 935,60</u>

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

RECETTES

	francs-or
ACTIF AU 1 ^{er} JANVIER 1982.	587 365,08
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1982.	71 641,30
Contribution d'entrée de la République Populaire Démocratique de Corée.	46 893,00
Total	<u>705 899,38</u>

DÉPENSES

	francs-or
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1982	<u>705 899,38</u>

Compte IV. — Caisse de prêts sociaux

RECETTES

		francs-or
ACTIF AU 1 ^{er} JANVIER 1982.....	54 290,57	} 95 621,73
Créances au 1 ^{er} janvier 1982.....	41 331,16	
Créances nouvelles en cours d'année.....		100 302,01
Virement du Compte I.....		10 200,00
Amortissements partiels des prêts :		
Capital.....	64 194,56	} 66 822,03
Intérêts.....	2 627,47	
Total.....		<u>272 945,77</u>

DÉPENSES

		francs-or
Prêts consentis.....		100 302,01
Créances amorties en cours d'année.....		64 194,56
Créances au 31 décembre 1982.....	77 438,62	} 108 449,20
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1982.....	31 010,58	
Total.....		<u>272 945,77</u>

Compte V. — Réserve pour les bâtiments

RECETTES

		francs-or
ACTIF AU 1 ^{er} JANVIER 1982.....		797 703,56
Virement du Compte I.....		600 000,00
Réévaluation de l'actif au 31 décembre 1982.....		157 874,69
Total.....		<u>1 555 578,25</u>

DÉPENSES

		francs-or
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1982.....		<u>1 555 578,25</u>

BILAN

AU 31 DÉCEMBRE 1982

	francs-or
Compte I « Fonds ordinaires »	14 868 332,15
Compte II « Caisse de retraites »	5 591 516,91
Compte III « Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique »	705 899,38
Compte IV « Caisse de prêts sociaux »	108 449,20
Compte V « Réserve pour les bâtiments »	1 555 578,25
ACTIF NET	22 829 775,89

Cet actif se décompose comme suit :

a. Fonds déposés en banque :

	francs-or
1° En monnaie française (1 FF = 0,551109935 FO)	1 049 082,99
2° En monnaie U.S.A. (1 \$ = 6,725 FF = 3,706214315 FO)	7 124 784,00
3° En monnaie suisse (1 FS = 3,3700 FF = 1,857240482 FO)	6 045 729,94
4° En monnaie britannique (1 £ = 10,909 FF = 6,012058285 FO) ..	83 328,93
5° En monnaie allemande (1 DM = 2,8332 FF = 1,561404669 FO) ..	4 948 289,71
6° En monnaie japonaise (1 Y = 0,02889 FF = 0,015921566 FO) ..	3 541 362,28
7° En monnaie hongroise (1 Ft = 0,131546 FF = 0,072496811 FO) ..	7 262,60
8° En monnaie polonaise (1 Zl = 0,057551 FF = 0,031717352 FO) ..	24 456,01
b. Espèces en caisse	31 163,81
c. Créances de la Caisse de prêts sociaux	77 438,62
Total	22 932 898,89

A déduire :

Provision pour remboursements aux États ^(a)	103 123,00
ACTIF NET	22 829 775,89

^(a) Compte « Remboursement aux États » : Ce compte n'a enregistré aucun mouvement en 1982; situation au 31 décembre 1982

103 123,00

RAPPORT
DU
COMITÉ CONSULTATIF
DE PHOTOMÉTRIE ET RADIOMÉTRIE
(10^e Session — 1982)
AU
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

par O. C. JONES, Rapporteur

Le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR) s'est réuni pour sa dixième session au Bureau International des Poids et Mesures (BIPM), à Sèvres, où il a tenu cinq séances entre le mardi 28 et le jeudi 30 septembre 1982.

Étaient présents :

W. R. BLEVIN, membre du CIPM, président du CCPR.

Les délégués des laboratoires membres :

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

Conseil National de Recherches du Canada [NRC], Ottawa (G. WYSZECKI).

CSIRO, Division of Applied Physics [CSIRO], Lindfield (J. L. GARDNER).

Electrotechnical Laboratory [ETL], Ibaraki (N. OBA).

Institut National de Métrologie [NIM], Beijing (CHEN XIAJU).

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris [IEN], Turin (P. SOARDO).

National Bureau of Standards [NBS], Washington (K. D. MIELENZ, E. ZALEWSKI, D. McSPARRON).

National Physical Laboratory [NPL], Teddington (O. C. JONES, P. J. KEY).

National Physical Research Laboratory [NPRL], Pretoria
(F. HENGSTBERGER).

Office Fédéral de Métrologie [OFMET], Wabern (P. BLASER)/World
Radiation Center [WRC], Davos (P. BLASER, par interim).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig
(D. HAHN, K. BISCHOFF, D. FÖRSTE).

Les membres nominativement désignés :

L. PLAZA (Madrid).

F. ROTTER (Wien).

J. SCHANDA (Budapest).

K. YOSHIÉ (Tokyo).

Le Directeur du BIPM (P. GIACOMO).

Invités :

A. CORRÓNS, Instituto de Optica Daza de Valdés [IOM], Espagne.

R. D. LOZANO, Instituto Nacional de Tecnología Industrial [INTI],
Argentine.

J. ŽATKOVIČ, Československý Metrologický Ústav [CSMU],
Tchécoslovaquie.

Assistaient aussi à la session :

J. TERRIEN, directeur honoraire; T. J. QUINN, sous-directeur et
J. BONHOURE (BIPM).

Excusés :

Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung [ASMW],
Berlin (H. LENK).

World Radiation Center [WRC], Davos (R. BRUSA).

Absent :

Institut de Métrologie D.I. Mendéléev [IMM], Leningrad.

Le Président ouvre la séance et Mr Jones est nommé rapporteur.

1. État d'avancement du document explicatif du CCPR sur les grandeurs et les unités photométriques

Mr Wyszecki fait l'historique de ce document qui n'est pas destiné à devenir un manuel de photométrie ni à faire double emploi avec les publications de la CIE qui sont beaucoup plus détaillées. On s'accorde à dire que ce document correspond à un besoin bien défini et qu'il devrait être publié en annexe au rapport de cette session (Annexe P 2) ainsi que sous forme d'un tirage à part du BIPM; il devrait aussi être publié dans

Metrologia avec des tableaux abrégés. Un groupe de rédaction, comprenant Mr Wyszecski (président), Mr Mielenz et Mr Blevin, est chargé de préparer le document en vue de sa publication. Le document ne sera pas diffusé à nouveau aux membres du CCPR; toute nouvelle suggestion d'amélioration doit être faite par écrit au groupe de rédaction.

2. Rapport sur la comparaison internationale de lampes étalons d'intensité lumineuse à forte intensité de courant

Mr Key indique que ces nouvelles lampes ont été mises au point conjointement par le NPL et la General Electric Company (GEC). La comparaison avait pour objectif d'étudier la reproductibilité de ce type de lampes, lorsqu'elles sont acheminées par colis postal entre pays différents, et de comparer les valeurs de l'intensité lumineuse mesurées par les participants. Les lampes se sont révélées très robustes et on a estimé qu'elles pourraient être utilisées lors de la prochaine comparaison internationale d'étalons à température de couleur élevée organisée par le BIPM. Les relations entre les valeurs d'intensité lumineuse attribuées par les laboratoires participants sont à peu près celles qui étaient attendues (Annexe P 3).

3. Rapport sur l'essai de comparaison internationale d'intensité lumineuse, organisé par la PTB avec des récepteurs corrigés $V(\lambda)$ et des lampes étalons Osram Wi 41 G

Mr Bischoff indique que le rapport (Annexe P 4) montre le comportement de lampes et de récepteurs comme étalons de transfert; il ne s'agissait pas d'une comparaison d'échelles d'intensité. Les lampes ont bien fonctionné; elles étaient suffisamment robustes pour être acheminées simplement par la poste à la condition d'être convenablement emballées. Une inversion de polarité explique une discontinuité mineure de la caractéristique intensité-temps pour l'un des participants. Les résultats obtenus avec les récepteurs ont été un peu moins satisfaisants, vraisemblablement parce que les propriétés optiques du ciment employé dans la construction du filtre $V(\lambda)$ s'étaient modifiées avec le temps. On espère que les récepteurs de remplacement que le fabricant a fournis seront plus stables.

Le Président souligne que ce sont les filtres, plutôt que les photodiodes elles-mêmes, qui ont été sources de difficultés. Il remercie la PTB et le NPL pour leurs efforts dans l'organisation de ces comparaisons et fait remarquer qu'il existe maintenant deux types de lampes qui fonctionnent mieux que les lampes dont on disposait auparavant à cette température de couleur.

4. Essai de comparaison internationale de mesures de luminance énergétique spectrale entre le NBS et le NPL

Mr Key indique que ce travail résulte d'une proposition faite en 1975 au CCPR, d'étudier l'emploi d'une lampe étalon améliorée de luminance énergétique spectrale mise au point par le NPL. Sur les quatre lampes envoyées au NBS en avril 1982, deux sont parvenues en bon état et ont été mesurées par le NBS. Elles ont été renvoyées au NPL où, bien que les mesures ne soient pas encore achevées, elles semblent parvenues sans dommage apparent. Les résultats seront communiqués au CCPR dès qu'ils seront disponibles.

5. État d'avancement de la réalisation de la nouvelle définition de la candela par les laboratoires nationaux

On discute des programmes de travail des laboratoires nationaux en relation avec la Résolution 3 de la 16^e CGPM (1979). Le Président expose la situation telle qu'elle ressort des réponses à un questionnaire qui a été diffusé avant la présente session. Mr Bastie indique que l'INM est en train de réaliser la candela. Les premiers résultats laissent à penser que la nouvelle unité sera inférieure de 1,5 % à l'unité conservée; c'est un résultat qui est en accord avec les conclusions des récents essais de comparaison internationale faits par le NPL et la PTB.

Il est vraisemblable qu'il y aura jusqu'à seize laboratoires nationaux qui auront déterminé la candela selon la nouvelle définition avant que la prochaine comparaison internationale organisée par le BIPM n'ait lieu. Un certain nombre d'entre eux, dont le NBS et l'INTI, envisagent d'utiliser concurremment des radiomètres étalonnés électriquement et des cellules au silicium autoétalonnées.

Mr Chen pense que l'unité du NIM variera d'environ 1 %. Après avoir un peu discuté du Document CCPR/82-8, le Président constate le bon travail qui a été effectué au NIM, en particulier la mise au point de nouvelles lampes étalons à atmosphère gazeuse. Pour le NPL, Mr Jones indique que l'unité conservée correspond à une valeur de K_m de 686 lumens par watt plutôt qu'à la valeur adoptée de 683 lumens par watt. Néanmoins, le NPL préfère attendre les résultats de la prochaine comparaison internationale, ainsi que de la nouvelle réalisation de la candela au NPL par radiométrie absolue, avant de décider s'il est nécessaire de modifier son unité conservée.

Mr Hengstberger signale que le NPRL réalise la candela en permanence puisque toutes les mesures sont faites en utilisant un des six radiomètres absolus disponibles, de préférence à des lampes étalons secondaires. Mr Wyszecki dit que le NRC emploie des radiomètres absolus pour

étalonner des diodes au silicium qu'on utilise ensuite avec des filtres $V(\lambda)$ étalonnés. On opère un contrôle sur la réponse de l'ensemble ainsi constitué. Mr Blaser fondera sa détermination sur un radiomètre absolu que lui a procuré le WRC. La sensibilité de ce radiomètre est faible; on utilisera donc une source laser comme étape intermédiaire pour étalonner les cellules au silicium corrigées $V(\lambda)$. Mr Plaza pense que la valeur de la nouvelle réalisation de la candela à l'IOM devrait être de 1 % environ inférieure à la moyenne internationale « BIPM 1952 » utilisée précédemment.

Le Président constate que treize laboratoires environ préparent une nouvelle détermination de la candela. Cela traduit à l'évidence l'effet stimulant qu'a produit l'adoption d'une nouvelle définition de la candela.

Mr Oba présente le Document CCPR/82-5. Pour les lampes à température de couleur de 2 800 K, on pense que le lumen conservé par l'ETL est proche de l'unité SI. A 2 353 K, toutefois, l'unité conservée précédemment était de 1,4 % supérieure à la nouvelle unité. Mr Soardo introduit le Document CCPR/82-11 qui décrit un goniophotomètre dont l'incertitude est de 0,3 %. On utilise un réflecteur ayant la forme d'un prisme annulaire pour éviter l'absorption du flux par la douille portant la lampe. A l'avenir, l'IEN a l'intention d'utiliser le goniophotomètre associé à des étalons d'intensité pour conserver l'unité de flux; l'emploi de lampes étalons secondaires de flux sera abandonné. Mr Hahn indique que la PTB aura une ligne d'action identique. D'autres laboratoires font part d'intentions similaires.

6. Organisation de futures comparaisons internationales de mesures d'intensité lumineuse

Le Président rappelle la Résolution 4 de la 16^e CGPM (1979) qui souligne la nécessité « de contrôler l'uniformité des résultats des mesures photométriques obtenus avec la nouvelle définition de la candela ». Il apparaît que neuf des treize laboratoires qui ont répondu au questionnaire ont exprimé le souhait d'avoir des comparaisons internationales à la fois de flux et d'intensité lumineuse. Il souligne qu'il y a deux objectifs pour ces comparaisons internationales, comme il est indiqué à la question 9 du Document CCPR/82-1. En premier lieu, un objectif « scientifique » qui consiste à assurer l'approche des réalisations pratiques de la candela la plus voisine de la définition du SI. Le second objectif consiste à établir, pour des raisons commerciales, la relation entre les unités conservées (pour dissémination) par les différents laboratoires. Il suggère que les laboratoires nationaux donnent deux séries de valeurs pour les lampes qui feront l'objet de ces comparaisons internationales. La première série serait fondée sur la meilleure détermination absolue effectuée par le laboratoire et la seconde donnerait les valeurs fondées sur les unités conservées. Pour certains laboratoires, la première et la seconde séries de valeurs seraient identiques.

Mr Jones craint qu'il n'y ait un risque de confusion en opérant de cette façon. Il faut séparer les deux objectifs. Les laboratoires doivent toujours donner les valeurs en fonction des unités conservées qui sont connues avec le moins d'incertitude. Les résultats des déterminations absolues récentes doivent être, soit publiés, soit communiqués séparément au BIPM sous forme de facteur de correction. Mr Hahn fait remarquer que l'idéal serait que les valeurs scientifiques concordent avec les valeurs conservées mais cela n'est pas toujours commode dans la pratique. Mr Wyszecki s'intéresse seulement aux valeurs scientifiques. D'autres soulignent qu'il est important pour les milieux industriels de connaître la relation entre les valeurs conservées des différents pays.

Mr Giacomo pense que le BIPM doit mettre l'accent sur le contrôle à long terme et qu'en conséquence seuls les laboratoires qui ont effectué des mesures absolues doivent prendre part à ce programme de comparaisons internationales. Les autres laboratoires doivent participer à un autre programme : il souhaite éviter de mélanger les deux. Le Président estime que le BIPM doit disséminer les « meilleures valeurs scientifiques disponibles ». Mr Terrien suggère que le BIPM puisse être en mesure d'ajuster les valeurs des lampes qui conservent la moyenne internationale de 1952 à la suite de la prochaine comparaison internationale, en supposant que celle-ci soit couronnée de succès.

Mr Quinn fait remarquer l'analogie qui existe entre la discussion actuelle et celles qui eurent lieu au sein du CCT avant que l'on n'invente l'EIPT. On est en train de confondre deux sujets différents. Le Président répond que seuls quelques grands laboratoires nationaux ont fondé les unités photométriques qu'ils conservent sur la moyenne des précédentes comparaisons internationales et Mr Hahn rétorque qu'il n'existe pas encore d'échelle internationale pratique photométrique : avant cela, il faut encore beaucoup travailler. Mr Förste pense que si le BIPM n'établit pas les différences entre les unités conservées, alors d'autres organisations entreprendront ce travail.

En résumé, le Président dit que seuls pourront participer à la prochaine comparaison internationale les laboratoires qui ont réalisé la candela selon la nouvelle définition et que l'accent sera mis sur l'établissement de la meilleure valeur scientifique de l'unité SI. Il présente une proposition de compromis suivant laquelle chaque laboratoire qui a réalisé la candela devra donner :

- a) les valeurs des lampes fondées sur sa meilleure réalisation scientifique de l'unité,
- b) les valeurs fondées sur l'unité qu'il conserve ou qui est distribuée à l'échelon national,
- c) les valeurs fondées sur d'autres travaux du même genre, par exemple des déterminations de sources corps noir.

On décidera de ce que l'on fera de toutes ces valeurs seulement lorsque l'on connaîtra les résultats de la comparaison internationale. On organisera

un groupe de travail pour étudier le détail des dispositions nécessaires. Cette proposition est adoptée sans avis contraire.

Il est également convenu que le BIPM continuera, comme par le passé, à jouer le rôle de laboratoire organisateur pour les comparaisons internationales d'intensité et de flux lumineux.

Le Président attire l'attention sur les réponses aux questions 12 et 13 du Document CCPR/82-1. Le choix du dispositif étalon de transfert se porte en premier lieu sur une série de lampes étalons à atmosphère gazeuse et, en second lieu, sur un récepteur corrigé $V(\lambda)$. Trois types de lampes sont proposés : NPL/GEC, Osram Wi 41 G, des lampes quartz-halogène de fabrication japonaise. Une autre possibilité consisterait à utiliser concurremment des lampes et des récepteurs. Après discussion, une étroite majorité se prononce pour la seule utilisation de lampes lors de la prochaine comparaison internationale.

On se demande ensuite s'il faut n'utiliser qu'un seul type de lampe pour la comparaison d'intensité à température de couleur élevée. Mr Jones pense qu'au vu de l'expérience antérieure malheureuse, il serait préférable d'utiliser deux types de lampe, avec quatre lampes de chaque type. Mr Key ajoute que, d'un lot à l'autre, il peut y avoir des variations dans la fabrication en faible quantité de n'importe quel type de lampe. Certains laboratoires se montrent réticents pour faire l'achat de nouvelles lampes en plus de celles qu'ils possèdent déjà. Bien qu'il soit possible de s'épargner du travail en optant pour une comparaison circulaire, il est décidé de s'en tenir à une comparaison en étoile comme précédemment. Mr Bonheure dit que le BIPM peut travailler sur deux types de lampes et suggère, soit six lampes d'un même type, soit trois ou, de préférence, quatre lampes pour chacun des deux types. Mr Schanda souhaite qu'au moins trois des laboratoires participants utilisent les deux types de lampes. En fait cinq laboratoires font part de leur intention de le faire (CSIRO, NBS, NPL, INM, NPRL).

Mr Gardner dit que les lampes en quartz à halogène se sont révélées satisfaisantes au CSIRO et coûtent environ le sixième du prix des lampes NPL/GEC ou des lampes Osram. Mr Oba estime qu'il serait probablement nécessaire de sélectionner les lampes de façon à fournir des étalons d'intensité offrant une uniformité d'éclairement convenable : il est probable que 10 % seulement des lampes en quartz à halogène conviendraient. En conclusion, on utilisera seulement des lampes Osram et NPL/GEC. Le NPL se chargera de fournir à tous les pays qui voudraient les utiliser des lampes NPL/GEC qui ont été contrôlées et dont on est sûr que le fonctionnement est satisfaisant. Le Président invite les clients éventuels à faire connaître au NPL et à la PTB les nombres de lampes qu'ils sont susceptibles de commander (58 lampes Osram, 50 lampes NPL/GEC, 21 lampes de flux GEC). Il propose aussi un programme de réalisation de la comparaison, qui devrait se terminer à la mi-1985.

Il est convenu que l'on adoptera une température de couleur de $2\ 800\ \text{K} \pm 30\ \text{K}$. On fera fonctionner les lampes, placées à une distance donnée (2,5 m) du photomètre, à intensité de courant constante et à

polarité spécifiée. On recommandera une période minimale de vieillissement, bien que les participants soient chargés d'assurer la stabilité des lampes qu'ils envoient au BIPM. On indiquera aussi les techniques d'alignement recommandées et les durées minimales de préallumage des lampes. Les résultats communiqués seront les valeurs de l'intensité lumineuse des lampes. On devra aussi fournir les dimensions du récepteur et sa courbe de réponse angulaire. Un Groupe de travail comportant des représentants du BIPM, du NPL et de la PTB, est constitué pour établir dans le détail le programme de la comparaison et régler tout problème qui pourrait survenir en cours d'exécution. Le représentant du BIPM aura la charge de convoquer le Groupe de travail.

7. Futures comparaisons internationales de mesures de flux lumineux

Il est convenu que ne pourront participer à la prochaine comparaison internationale de flux lumineux que les laboratoires qui ont réalisé le lumen à partir de l'actuelle définition de la candela. Les autres laboratoires qui sont intéressés pourront envoyer des lampes au BIPM ultérieurement. On devra communiquer aussi bien les valeurs scientifiques que les valeurs conservées, comme dans le cas de l'intensité lumineuse. Les lampes à utiliser sont des étalons de flux GEC, à atmosphère gazeuse, à température de couleur élevée; la puissance sera vraisemblablement de 200 W mais cela reste à confirmer. La température de couleur nominale est de 2 750 K mais il faut envisager la possibilité de faire fonctionner les lampes à 2 800 K. Les spécifications détaillées d'une douille satisfaisante seront fournies et les participants devront indiquer tout écart par rapport à ces spécifications.

La comparaison internationale de flux lumineux pourra être menée en même temps que celle d'intensité lumineuse. Toutefois, le BIPM établira des rapports séparés afin que les résultats de la comparaison d'intensité lumineuse soient connus sans qu'il soit nécessaire d'attendre l'achèvement de la comparaison de flux lumineux. Chaque laboratoire utilisera un groupe de six lampes. Pour cette comparaison, le BIPM sera secondé par le Groupe de travail déjà créé pour la comparaison d'intensité lumineuse.

8. Progrès réalisés dans l'établissement d'étalons primaires pour les grandeurs radiométriques

Mr Key présente le Document CCPR/82-10. Au NPL, on a comparé un radiomètre, étalonné électriquement et fonctionnant à basse température, avec des récepteurs à diode au silicium provenant du NBS, dont on a déterminé le rendement quantique; on a obtenu un accord à $\pm 0,2$ % près. En ce moment le NPL construit une version plus petite, plus simple et plus commode de ce radiomètre. Mr Quinn fait l'historique du radiomètre absolu du NPL. On l'a utilisé pour déterminer la constante de Stefan-

Boltzmann; il a donné une valeur qui concorde avec la valeur calculée à 10^{-4} près. L'importance de son encombrement vient de l'utilisation d'un corps noir fonctionnant à 273 K : la plus grosse partie de la puissance est émise à grandes longueurs d'onde. Le Président ajoute que sa propre détermination de la constante de Stefan-Boltzmann au point de l'or concorde aussi avec la valeur calculée, mais il peut y avoir des problèmes à des températures encore plus élevées.

Bien que la plupart des participants aient déjà rendu compte de l'état d'avancement de leurs travaux (Document CCPR/82-4), voici quelques indications supplémentaires. Mr Bastie poursuit la mise au point d'un radiomètre absolu à faisceau d'électrons. Mr Oba mentionne l'emploi du rayonnement synchrotron provenant d'un anneau de stockage comme source étalon. L'ETL a aussi mis au point un radiateur à carbure de silicium comme source à haute température. Mr Zalewski attire l'attention sur la mesure de la constante solaire faite par le California Institute of Technology au moyen d'instruments mis en orbite spatiale. On recherche une exactitude de $\pm 0,1\%$ et les observations vont se poursuivre sur un cycle solaire complet de onze ans. Mr Chen mentionne la mise au point d'un corps noir à température ambiante comme source étalon. Mr Hengstberger a automatisé le radiomètre absolu du NPRL et mis au point des techniques de mesure de l'énergie de lasers pulsés.

Le NRC a fabriqué une série de radiomètres absolus étalonnés électriquement qui nécessitent une seule correction pour donner une incertitude de $0,1\%$. Des comparaisons avec des récepteurs au silicium autoétalonnés concordent à $\pm 0,1\%$ près. Des travaux se poursuivent pour déterminer l'éclairement énergétique spectral absolu en utilisant des diodes au silicium étalonnées au moyen de rayonnements laser. Mr Blaser utilise un radiomètre absolu que lui a procuré le WRC.

A la PTB, la source corps noir à 3 000 K a été améliorée pour éliminer l'absorption par la vapeur d'eau. On a terminé une comparaison des répartitions spectrales relatives d'énergie du rayonnement synchrotron et du rayonnement de l'arc à argon. L'anneau de stockage BESSY fournit 800 MeV avec un courant de 100 mA. Des récepteurs absolus coniques à réflexion spéculaire, pour des mesures de lasers de fortes puissances, donnent une incertitude de $\pm 0,2\%$. On dispose d'éclairements énergétiques allant jusqu'à 1 W/cm^2 pour des étalonnages de photopiles solaires.

Mr Jones demande si l'on sait quelque chose sur la stabilité à long terme des radiomètres absolus, sur une période de 10 ans par exemple. Les réponses indiquent que les revêtements au noir d'or ne sont pas fiables mais que la peinture absorbante 3-M qui a été recuite et que l'on a laissée se stabiliser pendant quelques mois, peut conserver un facteur de réflexion constant à quelques dixièmes de pourcent près. Mr Hengstberger dit que l'utilisation d'un disque en BeO , au lieu du support habituel en mica, apporte une grande amélioration à l'uniformité spatiale de la réponse au travers de la surface absorbante d'un radiomètre absolu.

9. Photodiodes au silicium autoétalonnées

Mr Zalewski pense que la connaissance approfondie de la physique des photodiodes au silicium, ou à autres semi-conducteurs, devrait permettre de déterminer à quelques 10^{-4} près leur rendement quantique dans le spectre visible. Des recherches sont encore nécessaires pour améliorer l'exactitude dans l'ultraviolet et vérifier les propriétés des types de semi-conducteurs autres que le silicium. On peut déduire le facteur de réflexion spectrale tout simplement d'après une mesure de l'épaisseur d'oxyde. Mr Corróns dit que ces techniques sont d'utilisation plus facile, et presque aussi exactes que les radiomètres absolus pyroélectriques. Mr Hahn indique que la PTB étudie l'emploi des récepteurs au germanium dans l'infrarouge et des récepteurs à arséniure de gallium dans l'ultraviolet. Mr Schanda souhaite des dispositifs plus sensibles qui ne nécessitent pas des niveaux d'éclairement énergétique de lasers. Mr Zalewski explique comment, en disposant quatre récepteurs UDT * pour en faire un piège à lumière, on évite d'avoir besoin de faire une correction pour le rayonnement réfléchi. L'efficacité quantique de ce dispositif est de $0,999 \pm 0,002$ entre 407 et 676 nm.

10. Rayonnement synchrotron

Mr Bastie a utilisé la source synchrotron ACO ** pour étalonner des lampes à deutérium et des arcs à argon. La répartition spectrale relative d'énergie est bien connue mais on déduit la valeur absolue du rayonnement à partir du nombre d'électrons avec une incertitude de $\pm 10\%$. On utilise comme référence absolue une photodiode au silicium étalonnée avec un filtre à 680 nm. Entre 200 et 350 nm, on est en accord avec l'échelle en usage à l'INM. Mr Oba indique que, durant les huit années écoulées, on n'a effectué qu'une série limitée de mesures et les résultats présentent une incertitude assez grande. L'ETL possède maintenant un anneau de stockage d'électrons et entame un programme plus ambitieux.

Mr Mielenz dit qu'une diode au silicium pourvue d'un filtre a été comparée au rayonnement provenant de l'anneau de stockage du NBS, dans lequel le courant est déterminé au moyen d'une technique de comptage des électrons. L'éclairement énergétique à 600 nm concordait à $\pm 1\%$ près avec l'échelle du NBS. Le filtre interférentiel s'est révélé instable. Mr Key parle de l'expérience du NPL sur les dix dernières années et de sa récente collaboration avec l'INM et l'ACO. On emploie comme étalon de travail un petit arc à argon stabilisé par circulation d'eau;

* United Detector Technology.

** Anneau de collision d'Orsay.

lorsqu'il est conforme aux spécifications, cet arc donne une répartition spectrale d'énergie reproductible avec une incertitude de $\pm 1\%$ entre 170 et 350 nm. Un travail de collaboration est aussi en cours avec la PTB et BESSY*. Le Président suggère de mesurer les arcs à argon du NPL en utilisant des récepteurs thermiques absolus. Mr Bischoff mentionne des comparaisons internationales dans l'ultraviolet lointain. La PTB (Berlin) doit comparer des sources corps noir avec BESSY, afin de vérifier l'équation de Schwinger; on déterminera le courant de façon absolue par comptage d'électrons.

11. Étalons de luminance énergétique spectrale et d'éclairage énergétique spectral

Mr Gardner dit que l'échelle 1975 du CSIRO dans le visible va être complétée avec un corps noir à plus haute température pour fournir des étalons de luminance énergétique et d'éclairage énergétique dans l'ultraviolet.

Mr McSparron indique les domaines couverts par les installations du NBS. Pour l'éclairage énergétique : lampes à deutérium entre 200 et 350 nm; lampes en quartz à halogène entre 250 et 600 nm (devant aller ultérieurement jusqu'à $2\ \mu\text{m}$). Entre 225 et 2 500 nm (et ultérieurement jusqu'à $14\ \mu\text{m}$), on dispose de lampes étalons de luminance énergétique spectrale.

Mr Key emploie couramment des lampes à deutérium comme étalons de luminance énergétique spectrale et d'éclairage énergétique spectral jusqu'à 200 nm. Pour servir d'étalon de transfert, on met au point une lampe en quartz à halogène améliorée ayant un champ bien uniforme. Pour la luminance énergétique spectrale, on a trouvé une nouvelle conception inversée de la lampe à ruban de tungstène qui est relativement dépourvue de bruit.

Mr Wyszecki signale que le NRC possède un nouveau spectroradiomètre qui fonctionne entre 185 et 5 000 nm et qui est entièrement automatisé. On étalonne les diodes au silicium en utilisant des radiomètres absolus et des rayonnements laser. Un observatoire surélevé est équipé pour faire des mesures de rayonnement solaire total et spectral. Un spectromètre à transformation de Fourier pour les mesures en infrarouge entre 500 et 100 000 nm est en fonctionnement. Mr Plaza indique que l'échelle de luminance énergétique spectrale de l'IOM, établie dans le visible dès 1979, s'étend maintenant à l'ultraviolet et à l'infrarouge; c'est une installation entièrement automatisée.

Mr Wyszecki demande à quel domaine de longueurs d'onde s'intéresse le CCPR. Le Président pense que cela dépend des compétences qui existent au sein du CCPR : on prend des décisions en fonction de l'utilité des

* Berliner Elektronenspeicherring-Gesellschaft für Synchrotronstrahlung m.b.H.

activités qui sont proposées. Mr Jones pense que les mesures pourraient s'étendre à 40 μm en liaison avec les programmes d'économie d'énergie. Le NPL met au point des étalons de réflexion appropriés. Mr Giacomo fait remarquer que le Comité Consultatif d'Électricité (CCE), lui aussi, s'intéresse aux mesures de puissance de lasers et qu'il existe au sein du CCE un Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences qui est chargé du domaine des gigahertz. Finalement, on décide de créer un Groupe de travail comprenant des représentants du NRC (présidence), du NPL et du NBS pour conseiller le CCPR sur l'opportunité d'étendre son activité dans l'infrarouge.

12. Activités futures du CCPR et nécessité d'autres comparaisons internationales

Le Président demande s'il est nécessaire d'organiser une comparaison internationale de mesures de luminance énergétique spectrale. Six laboratoires préfèrent la reporter après l'achèvement des deux comparaisons photométriques. Sept laboratoires s'intéressent à d'autres comparaisons internationales radiométriques. Le NPL et le NBS effectuent en ce moment une comparaison limitée pour étudier le fonctionnement de la nouvelle lampe du NPL. Mr Key demande qui serait intéressé par une comparaison internationale de luminance spectrale dans un ou deux ans. Le CSIRO et le NBS sont intéressés. Mr Lozano préfère attendre des améliorations dans les mesures de récepteurs au silicium. Mr Hahn fait remarquer que la PTB procède à des déménagements d'installations et ne sera pas prête avant deux ans.

Mr Zalewski parle de la possibilité de faire circuler des diodes au silicium sans filtre que l'on mesurerait à une seule longueur d'onde (633 nm); la grandeur à mesurer serait la réponse spectrale absolue. Le NBS pourrait faire circuler les diodes en 1984. La CIE travaille aussi un peu sur ce sujet, bien qu'elle s'intéresse davantage aux mesures spectrales relatives. Mr Schanda dit que les mesures de ce type qui sont faites dans l'industrie ne peuvent encore donner des composantes trichromatiques à $\pm 0,001$. Une douzaine de laboratoires sont prêts à envisager une participation en 1984. Mr Key pense qu'il vaudrait la peine de faire un effort supplémentaire et de faire une mesure à deux longueurs d'onde, dont l'une dans la région du vert. Mr Hahn estime qu'il y a suffisamment d'activités prévues pour le moment. Toute le monde en convient.

On forme un Groupe de travail de spectroradiométrie pour la comparaison internationale de cellules au silicium et la comparaison de mesures de luminance énergétique spectrale. Ce Groupe, présidé par le NBS, comprend des représentants du NRC, du NPRL, ainsi que Mr Schanda.

Le Président demande si la PTB souhaite que l'on organise de futures comparaisons de récepteurs corrigés $V(\lambda)$. Mr Hahn pense qu'il faut

d'abord étudier plus complètement les instruments. Il faudrait aussi inclure la mesure spectrophotométrique de filtres $V(\lambda)$ mais cela représente trop de travail. Il est convenu de remettre ces études à plus tard.

13. Programme à long terme du BIPM en radiométrie et en photométrie

Mr Quinn attire l'attention sur le Document CIPM/80-3, suivant lequel il n'est pas prévu actuellement d'augmenter le personnel de cette section : qu'en pense le CCPR ? Le Président souhaite aborder seulement des points précis mais il a le sentiment qu'il faut conserver les installations du BIPM. Mr Wyszeczi fait remarquer qu'au-dessous d'un certain niveau minimal d'activité le travail n'est plus valable. Si le BIPM cessait son activité dans ce domaine, le NRC serait prêt à accepter que d'autres laboratoires organisent les comparaisons internationales. Mr Jones demande en quoi consiste actuellement le travail du BIPM en photométrie. Mr Bonheure répond que 90 % de l'activité comprend des étalonnages de routine effectués pour des laboratoires extérieurs. En moyenne, on étalonne 30 à 40 lampes par an, pour quatre pays différents. Dix pays s'appuient sur le BIPM pour relier leurs étalons à l'unité de base du SI. Il faut un effort supplémentaire pour organiser des comparaisons internationales. Mr Schanda se demande pourquoi davantage de pays ne s'appuient pas sur le BIPM. Il est certain que ce service du BIPM est essentiel pour quelques pays.

Mr Jones croit que les changements dans les techniques en photométrie et en radiométrie exigent que la compétence du BIPM soit mise à jour pour répondre aux besoins futurs, par exemple en spectroradiométrie, en ce qui concerne les récepteurs autoétalonnés, etc. Mr Mielenz est d'accord : il suggère que l'on adjoigne un jeune physicien à cette section. Mr Rotter dit que l'Autriche dépend du BIPM et souhaite qu'il y ait là tous les moyens modernes. D'autres rétorquent que le rôle principal du BIPM consiste à organiser des comparaisons internationales. Au cours des années récentes, les laboratoires ont dû réduire leurs efforts de recherche au bénéfice d'activités de routine et la même tendance doit se refléter au BIPM. Compte tenu de l'importance des mesures photométriques pour la société, par rapport à d'autres activités, il est peut-être nécessaire de répartir différemment les ressources du BIPM. Mr Schanda parvient à une conclusion différente. L'action du BIPM devrait réduire certains travaux dans les laboratoires nationaux. En laissant au BIPM le soin de disséminer les étalons, et les laboratoires nationaux se mettant d'accord pour se partager les domaines de recherche, on devrait faire des économies. Il n'est pas nécessaire que le BIPM réalise des unités, simplement pour comparer entre elles les réalisations nationales de ces unités. Mr Soardo est d'accord ; il souligne l'importance du rôle du BIPM pour orienter les Gouvernements sur les questions de métrologie. L'activité du BIPM dans ce domaine doit se poursuivre.

Mr Lozano fait remarquer que l'importance des récepteurs comme étalons de transfert ira en s'accroissant dans l'avenir. Il sera sans doute nécessaire dans le futur de remplacer les lampes par des récepteurs; il s'agit là d'un changement significatif. A l'avenir aussi, il sera peut-être nécessaire que le BIPM conserve des étalons pour l'infrarouge en liaison avec les recherches sur l'énergie solaire. Mr Hengstberger pense que la radiométrie est un domaine où il est difficile d'obtenir une bonne exactitude et l'effort qui y est consacré actuellement au BIPM paraît insuffisant. Mr Plaza croit aussi que le BIPM doit avoir une bonne compétence dans ce domaine et suggère qu'on recrute un physicien supplémentaire.

Mr Giacomo demande au CCPR de prévoir la meilleure façon pour le BIPM de conserver ses unités au cours des dix prochaines années. En général, le BIPM attend que les techniques aient été bien mises au point par les laboratoires nationaux avant de les adopter. Quels sont les nouveaux progrès attendus? Quel est le domaine le plus fructueux dans lequel des progrès devraient se faire? Mr Zalewski pense que les mesures d'éclairement énergétique spectral, de transmission spectrale et de réponse spectrale seront importantes à l'avenir et qu'il faudra faire des comparaisons internationales. MM. Hengstberger et Wyszecki sont du même avis. On estime que cela risque d'impliquer un déplacement de l'effort du BIPM par rapport à d'autres domaines.

Le Président souligne que le CIPM est heureux d'être guidé sur ce que le BIPM doit faire dans ce domaine. Aussi bien les grands que les petits laboratoires nationaux souhaitent avoir des avis circonstanciés du BIPM pour poursuivre leurs travaux. Il faut par conséquent au moins un physicien au BIPM capable de s'adapter dans ce domaine et qu'il y ait quelque activité de recherche. Le Président est d'accord pour dire que l'effort actuel est inférieur au seuil critique. Mr Quinn souligne l'importance d'un minimum de recherche pour maintenir la qualité du travail. C'est bien la politique du BIPM mais le problème est de choisir les domaines appropriés. Mr Hahn remarque que si l'effectif du BIPM ne peut augmenter, on ne peut que transférer les efforts. Cela risque seulement de déplacer le problème d'un domaine à un autre. Mr Jones se demande si les suggestions qui ont été faites d'abandonner la candela comme unité de base, ainsi que les faibles efforts déployés dans ce domaine au BIPM, sont le signe d'un manque d'intérêt pour ces questions au sein du CIPM. Mr Terrien le rassure: le statut de la candela n'affecte pas le besoin d'étalonnages. Mr Giacomo pense que le CIPM et la CGPM verront la nécessité qu'il y a de continuer à assurer un service en photométrie et en radiométrie. La difficulté est d'estimer correctement l'équilibre. Il faut justifier une augmentation des efforts.

Le Président propose de soumettre une recommandation au CIPM et de nommer un groupe pour la rédiger (MM. Jones, Hengstberger, Mielenz, Quinn). Des versions en français et en anglais de la Recommandation P 1 (1982) sont donc préparées et votées.

14. Activités de la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE)

Mr Rotter indique que le TC 1.2 (Photométrie et Radiométrie) et le TC 2.2 (Détecteurs) se sont réunis le 23 et le 24 septembre 1982, à Berlin. Parmi les documents qui vont être publiés, il y a une version révisée du Document CIE N° 18, « Bases de la photométrie physique » et un nouveau document sur les « Mesures spectroradiométriques des sources lumineuses ». Les résultats provisoires d'une comparaison internationale de mesures du flux de lampes à vapeur de mercure à haute pression font apparaître un accord à $\pm 2\%$ près. Une comparaison de mesures sur des diodes électroluminescentes vient de commencer. On a prévu de rédiger huit autres documents. Une collaboration étroite avec le CCPR sera maintenue.

Mr Schanda demande si le CCPR doit s'occuper des propriétés des matériaux ou si cette question doit être laissée au soin de la CIE. Mr Blevin estime que le CCPR est surtout concerné par les unités plutôt que par les grandeurs sans dimension, mais dans le passé on a discuté d'étalons de réflexion diffuse. Mr Quinn dit qu'il s'agit d'une question difficile. En général, le BIPM essaie d'aider les laboratoires nationaux chaque fois que cela est possible, mais dans le passé il a évité de s'occuper d'étalonnage des matériaux de référence. Mr Mielenz ajoute que la CIE n'est pas plus avancée que ne l'est le CCPR en ce qui concerne les travaux sur les matériaux dans l'infrarouge.

Mr Terrien attire l'attention sur le travail de révision de la 4^e édition du Vocabulaire de la CIE qui est bientôt achevé. Il sera tenu compte de nouvelles grandeurs, comme l'exposition sphérique ou cylindrique et on y a introduit une nouvelle classe de grandeurs photoniques. A l'avenir, lorsque l'on définira des grandeurs biologiques, le facteur équivalent à K_m sera sans dimension et de préférence égal à l'unité. Cela est conforme à la Recommandation P 1 (1977) du CCPR qui a été approuvée par le CIPM.

15. Autres travaux de recherche

Mr Žatkovič présente les Documents CCPR/82-20 et 21 qui traitent des calculs de températures de répartition. On discute du choix optimal des deux longueurs d'onde utilisées dans cette méthode.

Mr Wyszecki dit que le CCPR a autrefois discuté des bases fondamentales de la photométrie. Il désire attirer l'attention sur de nouvelles preuves de la corrélation non satisfaisante qui existe entre luminance et luminosité. Des désaccords allant jusqu'à 40 % peuvent survenir lorsque l'on a affaire à des mesures de diodes électroluminescentes, des affichages lumineux, etc. parmi les techniques modernes en électro-optique. Le NRC

veille à ce que la photométrie convienne aux besoins modernes. Un modèle amélioré du mécanisme de la vision doit inclure à la fois les fonctions \bar{x} et \bar{z} , aussi bien que $V(\lambda)$. Le fait que le CIPM ait précédemment adopté les trois fonctions colorimétriques le laissait prévoir. C'est là un problème urgent pour les ingénieurs dans l'industrie. Dans un an, le Comité de la CIE chargé de la vision proposera un schéma qui permettra une conversion plus correcte des mesures de luminance aux indications sur la luminosité dont on a besoin. Il faudra 10 à 15 ans pour régler entièrement le problème. Mr Hahn indique que la PTB étudie aussi des problèmes de ce genre. Mr Schanda dit qu'on a des difficultés avec les sources blanches telles que les tubes fluorescents à trois bandes spectrales. Le système colorimétrique actuel fondé sur \bar{x} , \bar{y} , \bar{z} n'est pas satisfaisant; il faut le modifier.

Mr Terrien indique que le problème de l'établissement d'une échelle de luminosité pour les êtres humains n'est pas résolu; le Comité technique de la CIE y travaille encore. Les grandeurs que l'on essaie de mesurer actuellement sont artificielles mais au moins sont-elles simples et acceptées par tout le monde, bien qu'elles ne permettent pas de faire face à tous les besoins. Le document de la CIE intitulé « La lumière comme véritable grandeur de la vision : principes de mesure » donne des informations utiles. Mr Wyszecki fait remarquer qu'il y a deux façons de considérer le problème : personnellement il pense que l'on peut mesurer la lumière, mais d'autres pensent le contraire. Mr Lozano attire l'attention sur le document n° 18 de la CIE qui donne des définitions acceptables. Comme la lumière concerne les êtres humains, il est peu probable que des solutions d'ordre général apparaissent. Nous devons traiter les problèmes particuliers au fur et à mesure où ils se posent. Le Président rappelle que le CCPR s'occupe des mesures objectives précises et exactes. La CIE est en train de concevoir le modèle d'une grandeur différente qui risque d'être mieux reliée à la luminosité que ne l'est la luminance. Lorsqu'elle sera établie et si elle peut faire l'objet de mesures objectives, le CCPR devra essayer de mettre au point des techniques pour en faciliter l'utilisation en métrologie de précision. Mr Wyszecki n'envisage aucun changement important. La méthode fondamentale de mesure demeurera la spectroradiométrie. Ultérieurement, on pourra faire appel à des méthodes mathématiques plus complexes que la multiplication par $V(\lambda)$ et l'intégration. Il est vraisemblable que l'on obtiendra la nouvelle grandeur par combinaison non linéaire de trois intégrales de ce genre. Mr Terrien pense que le problème risque d'être plus complexe pour d'autres effets actiniques biologiques. Par exemple, ceux pour lesquels la loi d'additivité est moins rigoureuse qu'elle ne l'est dans le cas de la vision.

Mr Förste revient sur l'existence, mentionnée précédemment, d'importants désaccords. Quelle est la dispersion constatée entre les observations? Mr Wyszecki dit qu'il ne s'agit pas simplement d'un accroissement de la dispersion; on constate une dérive systématique par rapport aux résultats obtenus en utilisant seulement $V(\lambda)$. Mr Plaza fait remarquer que l'observateur de la CIE s'est révélé très utile pendant 50 ans.

Il est peut-être temps de le remplacer par un meilleur. En résumé, le Président dit que le CCPR s'intéresse beaucoup aux travaux de pionnier de la CIE, mais qu'il est prématuré que le CCPR les exploite.

16. Expression des incertitudes expérimentales

Mr Giacomo présente le Document CCPR/82-12; il signale aussi le texte présenté par le BIPM * à la « Second International Conference on Precision Measurement and Fundamental Constants » en 1981 et le projet de code de procédure préparé par WECC **/PTB. Il n'est pas d'accord sur les détails de celui-ci mais le trouve acceptable en général. La conclusion principale est qu'il faut abandonner la classification en incertitudes systématiques et incertitudes aléatoires. Le concept d'« incertitude systématique » n'est pas valable et il faudra l'abandonner à l'avenir. On peut alors traiter mathématiquement toutes les incertitudes en utilisant les mêmes techniques qui ont été mises au point pour traiter les incertitudes aléatoires. Par conséquent, nous pouvons continuer à utiliser les écarts-types, etc. Le concept très vague de « limites d'incertitude » est remplacé par un paramètre qui a davantage de sens. On obtient l'« intervalle de confiance » à partir de l'écart-type composé en le multipliant par un facteur convenable afin de prévoir la probabilité qu'un résultat tombera dans l'intervalle indiqué. Il demeure bien entendu encore essentiel de donner la liste complète de toutes les composantes de l'incertitude. Le CIPM n'a pas directement approuvé la Recommandation INC-1 (1980), mais a préconisé, avant de prendre une décision, une période d'essai pendant laquelle le BIPM appliquera ces principes aux comparaisons qu'il organisera.

Le Président dit que CCPR doit à l'avenir indiquer une incertitude de 1σ et combiner, de manière quadratique, les composantes de l'incertitude. Il demande si tout le monde est d'accord pour adopter cette façon de faire. Mr Wyszecski dit que c'est une initiative louable mais il demande comment on se propose de déterminer les valeurs des incertitudes que l'on appelait auparavant « systématiques » et que l'on doit maintenant « évaluer par d'autres moyens ». Comment faut-il le faire ? Si cela n'est pas clair, peu importe la façon de les combiner. Mr Giacomo répond que l'on peut, dans des situations difficiles, évaluer ou estimer les incertitudes à partir de l'expérience antérieure, comme auparavant. C'est dans la façon de combiner ces estimations qu'il y a changement.

Mr Mielenz dit que le NBS aura à affronter un problème pour appliquer cette nouvelle méthode. La façon dont les incertitudes sont établies dans les rapports du NBS est étroitement contrôlée, selon les

* J. W. MÜLLER, The Assignment of Uncertainties to the Results of Experimental Measurements.

** Proposal for a WECC (Western Europe Calibration Cooperation) Code of Practice for the Calculation of Uncertainties in the Field of Electrical Measurements.

recommandations d'un groupe de statisticiens du NBS. Le Président demande aux participants, pour les prochaines comparaisons internationales, de faire de leur mieux pour se conformer aux nouvelles propositions pour exprimer les incertitudes.

17. Publication des documents

Mr Quinn dit que, pour réduire le travail de secrétariat et de préparation des publications, les rapports des Comités Consultatifs ne seront accompagnés à l'avenir que d'un petit nombre de documents de travail. On ne retiendra pas les communications dont l'importance est momentanée ou celles qui seront publiées par ailleurs. Une liste de tous les documents de travail présentés à la session sera annexée au Rapport et il sera toujours possible d'obtenir des exemplaires de ces documents sur demande adressée au BIPM.

Mr Schanda demande si l'on peut publier un bref rapport de la session dans le Journal de la CIE. Mr Giacomo dit que c'est possible. Tout participant peut rendre compte de la session dans les revues appropriées afin de faire connaître largement les travaux du CCPR. En tant que directeur du BIPM, il soumet un rapport à *Metrologia*.

*
* *

Le Président remercie tous les membres pour leur active participation et clôt la session.

18 octobre 1982

Recommandation
du Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie
présentée
au Comité International des Poids et Mesures

Développement de la photométrie et de la radiométrie au BIPM

RECOMMANDATION P 1 (1982)

Le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie,

considérant

— que les besoins des mesures photométriques et radiométriques se sont modifiés récemment, en particulier à cause de l'importance accrue des applications industrielles de l'électro-optique,

— que le BIPM a joué et doit continuer à jouer un rôle central dans ce domaine en conservant des étalons de référence pour ces mesures, en organisant des comparaisons internationales, en fournissant des étalonnages et en rendant des services d'assistance scientifique,

— que les besoins d'exactitude de l'industrie dans ce domaine sont souvent très proches des limites que peuvent garantir les laboratoires nationaux,

— que des changements fondamentaux apparaissent dans les techniques radiométriques utilisées pour fournir des étalons, changements qui se traduisent, par exemple, par l'utilisation de récepteurs absolus de divers types ou de méthodes spectroradiométriques à côté des méthodes utilisant des rayonnements de spectre étendu,

— que la nouvelle définition de la candela a donné naissance, dans plusieurs pays, à de nouvelles réalisations de cette unité, à tel point que seize pays ont demandé à participer à la prochaine comparaison,

— que, de plus, des comparaisons internationales d'étalons spectroradiométriques sont projetées, et qu'elles mettront en jeu le BIPM,

— qu'on adjoindra vraisemblablement des récepteurs étalons aux groupes de lampes étalons utilisés jusqu'ici pour conserver les unités photométriques au BIPM et pour transférer ces unités d'un laboratoire à l'autre,

— que le personnel du BIPM actuellement affecté à la photométrie et à la radiométrie (0,2 physicien + 0,5 technicien) est déjà en nombre à peine suffisant pour satisfaire les besoins actuels en matière d'étalonnages, que ce nombre n'est pas suffisant pour assurer dans de bonnes conditions les obligations du BIPM en ce qui concerne les comparaisons internationales et qu'il est *a fortiori* insuffisant pour permettre au BIPM de renouveler sa compétence et de la maintenir, dans l'avenir, au plus haut niveau,

— que le nombre de personnes affectées à ces activités semble de toute façon disproportionné par rapport à l'importance économique des industries concernées et aux besoins des laboratoires nationaux,

— qu'il y a au BIPM des physiciens de haut niveau qui possèdent une large expérience dans les domaines en question et sont parfaitement capables de diriger le développement d'activités nouvelles en photométrie et en radiométrie,

recommande

— que, de toute urgence, le BIPM consacre des moyens supplémentaires à la photométrie et à la radiométrie,

— qu'en particulier au moins un physicien supplémentaire soit affecté à ce domaine d'activité pour le renforcer en ce qui concerne les comparaisons, les étalonnages, l'assistance scientifique et les nouveaux développements, les sujets à développer comprenant :

— l'étude de la concordance des diverses méthodes de réalisation des unités photométriques et radiométriques,

— l'étude des techniques et des méthodes spectroradiométriques d'étalonnage,

— l'utilisation de récepteurs semi-conducteurs ayant une efficacité quantique calculable et de récepteurs thermiques étalonnés par effet Joule.

NOTICES NÉCROLOGIQUES

NORMAN ABRAHAM ESSERMAN (1896-1982)

Norman Abraham Esserman, membre honoraire du Comité International des Poids et Mesures, est décédé à Melbourne le 5 novembre 1982 à l'âge de 86 ans.

Au lendemain de la seconde guerre mondiale, Esserman a joué un rôle déterminant pour amener le Gouvernement australien à la Convention du Mètre en 1947. Lorsque Esserman fut élu membre du Comité International des Poids et Mesures, en 1954, il fut le premier australien à y siéger. A sa démission, en 1962, il en fut nommé membre honoraire.

Esserman fut un ardent défenseur de la coopération internationale tant pour la métrologie légale que pour la métrologie scientifique. Il participa à la création de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale (OIML) et fut membre du comité international provisoire établi en 1954. Par la suite, il représenta l'Australie lors de plusieurs réunions de l'OIML.

Né le 24 juillet 1896, Esserman fit ses études scientifiques à l'Université de Sydney; il obtint son diplôme avec mention en 1916. Ses études portaient essentiellement sur la physique et les mathématiques, mais il suivit aussi une formation d'ingénieur. Ce double curriculum lui donna des bases solides pour sa future carrière de métrologiste.

Après l'obtention de son diplôme, Esserman entra à l'Australian Defence Department et passa plusieurs années à Londres comme membre de l'Australian Munitions Procurement Group. A cette époque, il trouva le temps d'étudier la construction des instruments d'optique avec le Professeur A. E. Conrady; c'est là que naquit l'intérêt qu'il eut toujours pour l'optique et ses applications à la mesure et à l'instrumentation. Lorsqu'il revint en Australie, il entra au Defence Department's Munitions Supply Laboratories (devenu maintenant le Materials Research Laboratories), près de Melbourne, où il lui incombait de créer et de développer le premier laboratoire primaire de métrologie de l'Australie. En 1938, il en était devenu « Assistant Superintendent ».

En 1938, le Gouvernement australien prit la décision de créer un laboratoire national de métrologie dans le cadre du Council for Scientific and Industrial Research (devenu maintenant le Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization — CSIRO). Ce laboratoire se trouvait à l'Université de Sydney et comprenait des Sections d'électrotechnique, de métrologie et de physique. Esserman fut chargé de la Section de métrologie et, pour la seconde fois dans sa carrière, il eut pour tâche de développer un laboratoire primaire de métrologie. Cette tâche fut d'autant plus lourde que la seconde guerre mondiale avait éclaté, mais il en vint à bout avec suffisamment d'efficacité pour permettre à ce laboratoire d'apporter une

importante contribution à l'effort de guerre. Après la guerre, les Sections devinrent des Divisions et Esserman eut la charge de la Division de métrologie. En 1958, il devint le premier directeur du National Standards Laboratory, position qu'il conserva jusqu'à sa retraite du CSIRO en 1961. Sous sa direction ce laboratoire est devenu un organisme de haut niveau national et international.

Esserman fut membre de la National Standards Commission dès la création de celle-ci en 1959 et jusqu'en 1967; cette commission est un organisme statutaire qui conseille le Gouvernement australien sur les unités, les étalons de mesure et la métrologie légale en général. Il joua aussi un rôle dans la création de la National Association of Testing Authorities (NATA) et fut membre du Council of NATA de 1956 à 1974. Il fut un partisan ardent et actif de la Standards Association of Australia.

L'importance fondamentale de la mesure pour l'industrie conduisit Esserman à être plus actif dans le domaine des sciences pour l'ingénieur que dans le domaine de la physique de base. Son action en faveur de l'industrie fut reconnue par l'Institute of Production Engineers en 1961 lorsqu'il fut le premier récipiendaire de la prestigieuse Jack Finlay National Award. Il fut aussi un membre actif du Collège international pour l'étude scientifique des techniques de production mécanique (CIRP) de 1953 à 1961.

La contribution d'Esserman à l'établissement des étalons physiques et des techniques de mesure est telle que l'on peut avec raison le considérer comme le « père de la métrologie en Australie ». Il croyait profondément à la nécessité, tant sur le plan national que sur le plan international, d'un solide système de mesure fondé sur de bons laboratoires de métrologie. C'était un homme profondément intègre, pointilleux dans son exigence de précision en ce qui concernait non seulement les mesures elles-mêmes mais aussi la façon d'en rendre compte. Il avait aussi un sens aigu de l'humour et une mémoire remarquable du détail, deux qualités fort appréciées par ses collègues.

W. R. BLEVIN

JOSÉ MARIA OTERO
(1907-1983)

José Maria Otero est né, à Madrid, en 1907 dans une famille cultivée. Son père, le Marquis de Hermosilla, était général; c'était aussi un historien. Le jeune José Maria sortit major de l'École d'ingénieurs de l'artillerie navale. Une fois terminées ses études d'ingénieur, il décida d'étudier plusieurs langues, en particulier le français, l'anglais et l'allemand, langues qu'il parlait couramment, et de se spécialiser dans les sciences physiques. Il eut comme professeurs deux des meilleurs physiciens de l'époque; il travailla en effet un an avec le Professeur Palacios à l'Institut Rockefeller de Madrid et un an avec le Professeur Scherrer à l'Institut Polytechnique de Zürich. Il passa ensuite trois ans à l'Institut d'Optique de Berlin-Dahlen auprès du Professeur Weidert.

De retour à Madrid, en 1934, il organisa des cours d'optique appliquée et fut à l'origine du Laboratoire d'Optique de la Marine. Lorsque le Conseil Supérieur des Recherches Scientifiques fut créé, J. M. Otero fut nommé Secrétaire de l'Institut de Physique et Chef de la Section d'Optique. Cette section attira rapidement de nombreux physiciens et sa réputation se répandit lorsque J. M. Otero et A. Durán découvrirent, en 1941, que l'œil se comporte comme s'il était atteint de myopie aux faibles luminosités. Cette découverte de la myopie nocturne souleva un grand intérêt, non seulement dans les milieux scientifiques, mais aussi dans les milieux militaires; il faut dire qu'on était alors en pleine deuxième guerre mondiale. Pendant plusieurs années, le phénomène fut l'objet d'une série de travaux qui permirent d'en trouver l'explication complète. Cette découverte ouvrit à J. M. Otero les milieux scientifiques internationaux, particulièrement intéressés par l'optique physiologique et la photométrie. C'est sous son impulsion que l'Institut d'Optique « Daza de Valdés » fut créé en 1946. Il en assumait la direction jusqu'en 1966. En 1950, cet Institut fut doté d'un nouveau bâtiment qui hébergeait alors soixante-cinq collaborateurs répartis en quatre grandes sections: Optique physiologique, Photométrie et colorimétrie, Optique physique et théorique, Spectres, optique géométrique et systèmes; l'effectif a atteint depuis une centaine de collaborateurs qui ont fait presque un millier de publications et soutenu plus de quatre-vingts thèses de doctorat. C'est là que se préparent à leur carrière les professeurs d'optique et d'autres branches de la physique.

La compétence et les travaux de J. M. Otero dans le domaine de l'optique étaient mondialement reconnus. Il fut élu Vice-Président de la Commission Internationale d'Optique (CIO). Il assumait la direction de la revue « *Optica Applicata* » et fut nommé membre honoraire des Sociétés Allemande et Américaine d'Optique. Il serait certainement devenu Président de la CIO s'il n'avait abandonné l'optique pour se consacrer au génie nucléaire.

En effet, compte tenu des contacts qu'il avait avec les milieux italiens s'intéressant à la physique nucléaire, J. M. Otero fut chargé d'organiser dès 1948 la recherche dans ce domaine. Son action aboutit à la création, en 1951, de la Junta de Energia Nuclear (JEN), dont l'effectif atteignit bientôt 400 diplômés et 1 600 auxiliaires. Il en fut d'abord Directeur Général, puis Président. La JEN assura la formation de spécialistes qui aidèrent à créer une industrie atomique nationale et qui permirent à la technologie espagnole de participer à la conception et la construction de centrales nucléaires. J. M. Otero fut président de la Société Européenne d'Énergie Atomique; il présida aussi la Conférence Générale de l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique qui s'est tenue à Vienne en 1971.

J. M. Otero a créé et animé le Conseil National de Physique chargé de coordonner l'action des différents domaines de recherche et le « Comité Español de Física » qui est affilié à l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée.

Il fut élu Académicien, puis Secrétaire perpétuel de l'Académie des Sciences espagnole. Il fut aussi Président de la « Real Sociedad de Física y Química ».

Connu pour ses activités en métrologie, il fut élu en 1954 au Comité International des Poids et Mesures (CIPM) et devint président du Comité Consultatif de Photométrie. En 1964, il fut élu Vice-président du CIPM et Président en 1968. En 1969 il devint Président du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre.

Malheureusement, tant d'efforts intellectuels et physiques, tant de voyages dans toute l'Europe, tant de soirées passées à rédiger des articles ou à préparer des conférences, une grande tension due au cumul des responsabilités eurent raison de la résistance de J. M. Otero. Dès 1972 sa santé commença à faiblir et il fut amené à réduire ses activités. En 1975, il dut renoncer aux charges qu'il assumait au sein du CIPM et dans d'autres organismes. Le CIPM l'avait élu Président honoraire en 1980. Finalement il mourut à Madrid le 9 mars 1983.

Au cours de sa vie active, J. M. Otero a été souvent choisi pour occuper des postes importants, postes qui lui demandaient de plus en plus d'énergie. Son travail était très estimé. Il fut souvent sollicité pour prononcer des conférences à la Sorbonne et dans d'autres universités européennes et américaines, ou dans de nombreux centres de recherche d'optique ou de génie nucléaire. La France l'a fait Officier de la Légion d'Honneur, l'Allemagne l'a décoré de la Grosse Verdienstkreuz, l'Argentine l'a fait Gran Oficial de la Orden del Libertador, l'Espagne l'a décoré de la grand-croix d'Alfonse X le Sage et de la grand-croix d'Isabelle la Catholique.

Les Universités de Louvain (Belgique) et de Rouen (France) lui décernèrent le titre de Docteur Honoris Causa et il fut correspondant de plusieurs Académies des Sciences.

A l'évidence les succès obtenus par J. M. Otero furent bien plus grands que les moyens mis à sa disposition. Son action a été fondamentale pour la promotion et l'animation de la recherche espagnole en physique à une époque où l'Espagne se trouvait dans un certain isolement sur le plan international. Il a permis à des milliers de personnes de compléter leur formation, grâce aux directives de travail qu'il savait donner avec clairvoyance, décision et ténacité.

A la somme de ses publications, dont la plupart ont une importance internationale, il faut ajouter le don qu'il avait de lancer des travaux de recherche d'une très grande valeur. La connaissance qu'il avait des langues modernes lui ouvrait de larges ressources bibliographiques.

Sa grande intuition lui permettait de prévoir les résultats et de suggérer les

meilleurs moyens expérimentaux pour en apporter la démonstration. Sa profonde honnêteté scientifique l'amenait à refaire chaque expérience jusqu'à ce qu'il atteigne la certitude et il savait rectifier une hypothèse si cela s'avérait nécessaire.

Il est certes difficile de donner en résumé une idée de son infatigable intérêt pour les personnes et les choses aussi bien que de son effort énorme et constant pour l'innovation scientifique et technique.

Les générations à venir ne doivent pas oublier cette grande figure qui a consacré sa vie à la science espagnole et qui a su la porter au niveau de celle des pays les plus développés.

L. VILLENA

INDEX

- AIG (Association Internationale de Géodésie), 49, 50
Argon (point triple de l'), 12, 54
Azote liquide (installation de réservoirs), 30
- Balance (*voir* Masses)
Base géodésique, 33
Bâtiments
 aménagement des salles 4 et 13, 60
 infiltration d'eau, 8; au caveau, 9
 lasers, 7
 projets d'extension, 8
 travaux et réparations, 30
BIH, 46, 47, 49
Bourses de recherche, 22
Budget 1984, 6
- Candela (réalisation de la nouvelle définition), 17, P 4
Certificats et Notes d'étude, 81
CGPM (17^e), préparation, 8
CIE (activités, Vocabulaire), P 15
Comités consultatifs
 Définition du Mètre (projet de recommandation), 24
 Électricité, 2, 15
 Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants, 2, 13
 liste des, VI
 Photométrie et Radiométrie, 17; rapport, P 1
 1^{re} réunion des présidents des, 18;
 prochaine réunion, 25
 réunions futures, 18
Comité International
 bureau du, 2, 4; élection du, 24
 composition, VII
 décès (Esserman, Otero), 2
 élection (Plebanski), 2
 prochaine session, 24
 rapport du Secrétaire, 2
 renouvellement par moitié, 23
Comparaisons internationales
 de ¹³⁷Cs (mesure d'activité), 68
 étalons à traits, 32
 étalons de dosimétrie neutronique, 76
 gravimètres, 49
 lampes étalons d'intensité lumineuse et de flux lumineux, 61, P 3, P 5, P 8
 mesures de débit de fluence, 75
 radionucléides (¹³⁷Cs, ⁵⁵Fe et ¹³³Ba), 14
 représentations nationales de l'ohm, 56
 représentations nationales du volt, 55
Comptes (*voir* Questions financières)
- Définition du mètre
 mise en pratique de la nouvelle, 10, 24, 25
 liste des radiations recommandées 1983, 25
Dépôt des prototypes métriques (visite du), 9
Dosimétrie
 dose absorbée, 14, 31, 65
 dosimétrie neutronique, 12, 14, 76
Dotation annuelle du Bureau pour 1983 (*voir* Questions financières)
- Échantillonnage sélectif (méthode d') (*voir* Radionucléides)
Échelle Internationale Pratique de Température (*voir* Température)
Échelles de temps (*voir* Temps)
Électricité, 55
 aménagement des salles de mesure, 60
 automatisation des comparaisons de piles, 12, 58
 conservation et transfert de V_{76-BI} , 58
 effet Hall quantique et mise en œuvre au BIPM, 12, 16, 31, 60
 effet Josephson, 15, 16, 31, 58
 enceintes thermorégulées, 12, 58, 61
 mesures de résistances, 60
 passage courant continu/courant alternatif, 16
 rapport fréquence/tension, 16
 réalisation et conservation du volt, 15
 valeur absolue de Ω_{69-BI} , 56
Électrons, 66
Étalons
 électriques (*voir* Électricité)
 longueur
 à bouts plans, 32
 à traits, 32
 radiométrie
 de luminance et d'éclairement, P 11
 étalons primaires pour les grandeurs radiométriques, P 8
 radionucléides
 d'énergie de rayonnement γ (¹³⁷Cs), 12
 rayonnement γ , exposition, 64
Fils géodésiques, 33
Gravimétrie
 comparaison de gravimètres absolus, 31, 49
 gravimètre absolu transportable BIPM-Jaeger, 11, 52
Groupes de travail
 de la CGPM pour la dotation, 9
 de spectroradiométrie (création), P 12

- Infiltration d'eau (*voir* Bâtiments)
Invar, 33
- Laboratoires (visite des), 9
- Lasers, 34
à He-Ne, absorption sur I₂ en cuve externe, 37; en cuve interne, 35; absorption saturée sur CH₄, 38; sur le « Lamb dip », 38
- Longueurs, 32
- Manométrie, 54
instrument de transfert de pression, 54
- Masses, 40
automatisation des lectures, 43
balance à suspensions flexibles, 11, 44
balance NBS-2, 40
- Mesures neutroniques, 12, 15, 75
chambres d'ionisation, 75
débit de fluence, 75
dosimétrie neutronique, 76
- Mètre (*voir* Définition du Mètre)
Metrologia, 78
- Neutrons (*voir* Mesures neutroniques)
- Notices
historique, V
nécrologiques (N. A. Esserman), XI; (J. M. Otero), XIII
- Organismes internationaux et nationaux (travaux en liaison avec), 83
- Personnel
départs, 29
engagements, 29
liste du, IX
nominations, 29
politique de recrutement, 22
stages de longue durée, 21; T. J. Quinn au Cavendish Laboratory, 23
titularisation, 30
- Photométrie, 31, 61
grandeurs et unités photométriques, P 2
étalons de luminance énergétique spectrale et d'éclairement énergétique spectral, P 11
principes régissant la photométrie, 17
radiomètre absolu cryogénique, 17
radiométrie absolue, 61
- Publications
du BIPM, VI, 37
extérieures, 78
rapports internes, 80
- Questions administratives
bourses de recherches, 22
recrutement du personnel (politique de), 22
régime des pensions de retraite, 20
salaires, indemnités et conditions de travail, 19
stages de longue durée, 21
- Questions financières
actif du BIPM, 3
comptes, 93
dépenses d'impression, 5
dotation annuelle du Bureau pour 1983, VI
paiements en retard, 4
projet de budget pour 1984, 6
- Radiations (recommandées, 1983, liste des), 11, 24, 25
- Radiométrie
absolue, 17, 61
établissement d'étalons primaires, P 8
photodiodes au silicium, P 10
rayonnement synchrotron, P 10
- Radionucléides, 12, 67
activité (mesures d'), 67
échantillonnage sélectif (méthode d'), 14, 31, 69
mesure du taux de comptage bêta, 72
Système international de référence (SIR), 14, 69
- Rayonnement γ du ⁶⁰Co, 64
chambres d'ionisation, étalonnages, 64; étalons d'exposition, comparaisons, 64
- Rayons X, 62
- Rayons X et γ , 14, 62
- Rayons X et γ du ⁶⁰Co, 12
- Recommandations
CCPR (Développement de la photométrie et de la radiométrie au BIPM), P 19
CIPM (Mise en pratique de la définition du mètre), 25
- Retraite (fixée à 65 ans), 20
- Spectrométrie α , 73
mesure d'énergie de particules α (²³⁸Pu), 74
- Statistiques de comptage, 69
- Système international de référence (SIR), 14, 69
- Temps
Atomique International, 11, 31, 47
Échelle Atomique Libre, 46
Global Positioning System, 47, 48
Temps Universel Coordonné (UTC), 47
- Thermométrie, 11, 52
EIPT (point triple de l'eau, de l'argon), 11, 52
températures thermodynamiques, 53
- Travaux du BIPM (présentation des), 10
- Visites et stages au BIPM, 88
- Volt, réalisation et définition, 15; rapport fréquence/tension, 16
- Voyages, visites, conférences et exposés du personnel, 83
- W, mesure de, 66

TABLE DES MATIÈRES

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

72^e Session (Octobre 1983)

	Pages
Notice historique sur les organes de la Convention du Mètre	v
Liste des membres du Comité International	vii
Liste du personnel du Bureau International	ix
Ordre du jour de la session	x
Procès-Verbaux des séances, 13-21 octobre 1983.	1
1. Ouverture de la session	1
2. Rapport du Secrétaire du CIPM (Élection de T. Plebanski; décès de N. A. Esserman et J. M. Otero)	2
3. Rapport sur l'activité du bureau du Comité	4
4. Questions financières	4
5. Bâtiment des lasers	7
6. Programme des séances de la 17 ^e CGPM	8
7. Travaux du BIPM	10
8. Comités Consultatifs	13
8.1. pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants	13
8.2. d'Électricité	15
8.3. de Photométrie et Radiométrie	17
8.4. Réunion des présidents des Comités Consultatifs	18
8.5. Réunions futures	18
9. Questions administratives	19
9.1 Salaires et conditions de travail du personnel du BIPM	19
9.2. Régime des pensions de retraite	20
10. Questions diverses	21
10.1. Stages de longue durée	21

10.2. Bourses de recherche	22
10.3. Politique de recrutement du personnel	22
10.4. Stage de T. J. Quinn à Cambridge	23
10.5. Renouvellement par moitié du CIPM	23
11. Élection du bureau du CIPM	24
12. Mise en pratique de la définition du mètre	24
13. Prochaine session du CIPM	24
Recommandation I (CI-1983) : Mise en pratique de la définition du mètre (Liste des radiations recommandées, 1983)	25
Rapport du Directeur sur l'activité et la gestion du Bureau International des Poids et Mesures (octobre 1982-septembre 1983)	29
I. PERSONNEL. — Nominations (G. Leclerc, J. W. Müller, T. Witt, J. Monprofit). Départs (R. Michard, D. Howell, G. Gillies). Engagements (J.-P. Dewa, A. Witt, D. Le Coz). Titularisation (M. de Carvalho-Neves)	29
II. BÂTIMENTS. — Observatoire (Système de protection par paratonnerre; approvisionnement en azote liquide). Petit Pavillon (toiture). Grand Pavillon (Système de protection par paratonnerre; peinture; toiture). Dépendances. Bâtiment des lasers (Début des travaux de construction)	30
III. INSTRUMENTS ET TRAVAUX	30
Remarques générales.	30
1. Longueurs	32
1.1. Étalons à traits (Comparaison internationale de mesure d'une règle divisée. Mètre prototype N° 29 [Suède]. Règle divisée N° 558 [Suède])	32
1.2. Étalons à bouts plans (Mesure de dix-huit calibres [Belgique, Tchécoslovaquie])	32
1.3. Base géodésique (Règle I5. Fils géodésiques. Invar géodésique)	33
2. Lasers	34
2.1. Généralités.	34
2.2. Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve interne [$\lambda = 633$ nm] (Améliorations. Stabilité à long terme. Intervalles de fréquence. Comparaisons de cuves à iode)	35
2.3. Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée de l'iode en cuve externe [$\lambda = 612$ nm].	37
2.4. Lasers à He-Ne asservis sur le « Lamb dip » (Étalonnage. Étude et réalisation)	38
2.5. Lasers à He-Ne asservis sur l'absorption saturée du méthane en cuve interne [$\lambda = 3,39$ μ m].	38
3. Masses.	40
3.1. Balance NBS-2 (Mode opératoire destiné à éliminer certaines erreurs dans les pesées; problèmes posés par la détermination de la sensibilité) ..	40
3.2. Automatisation des lectures (Balance hydrostatique)	43
3.3. Balance à suspensions flexibles (Progrès de l'étude d'une balance prototype)	44
3.4. Divers	46
4. Échelles de temps.	46
4.1. Travaux courants (Temps Atomique International; Temps Universel Coordonné).	46
4.2. Stabilité et exactitude du TAI	47
4.3. Utilisation du « Global Positioning System » et améliorations attendues	48
4.4. Travaux sur les algorithmes	48
4.5. Applications de la télématique pour la gestion des données	49

5. Gravimétrie	49
5.1. Comparaisons de gravimètres (URSS, États-Unis d'Amérique, Italie, BIPM)	49
5.2. Gravimètre absolu transportable BIPM-Jaeger	52
6. Thermométrie	52
6.1. Échelle Internationale Pratique de Température (Point triple de l'eau. Thermomètres à résistance de platine. Cellules à point triple de l'argon)	52
6.2. Températures thermodynamiques : étude par pyrométrie infrarouge	53
6.3. Études courantes	54
7. Manométrie	54
7.1. Instrument de transfert de pression	54
7.2. Études courantes	55
8. Électricité	55
8.1. Comparaisons de représentations nationales du volt (Rattachement de V_{NPRL} , V_{NIM} et V_{ASMW} à $V_{76\text{-BI}}$)	55
8.2. Comparaisons de représentations nationales de l'ohm (Rattachement de Ω_{NPRL} , Ω_{NIM} et Ω_{ASMW} à $\Omega_{69\text{-BI}}$)	56
8.3. Valeur absolue de $\Omega_{69\text{-BI}}$ (Rattachement à l'ohm réalisé par le CSIRO)	56
8.4. Travaux relatifs à la conservation et au transfert de $V_{76\text{-BI}}$	58
8.5. Activités relatives à l'amélioration des mesures de résistances	60
8.6. Améliorations et modifications de l'aménagement des salles de mesure	60
8.7. Études courantes	61
9. Photométrie	61
9.1. Radiométrie absolue	61
9.2. Installations de mesure	61
9.3. Études courantes	62
10. Rayons X et γ , électrons	62
10.1. Rayons X (Comparaison indirecte d'étalons d'exposition avec le NPL [Royaume-Uni]; étalonnage de chambres d'ionisation [Norvège, Danemark, Espagne, Yougoslavie])	62
10.2. Rayonnement γ du ^{60}Co (Comparaisons d'étalons d'exposition. Étalonnages de chambres d'ionisation. Correction de saturation pour une chambre sphérique Shonka. Relation entre les valeurs de l'exposition et de la dose absorbée dans le graphite, mesurées dans un même faisceau)	64
10.3. Électrons (Valeurs révisées de W obtenues expérimentalement au BIPM. Mesure de W pour les électrons)	66
11. Radionucléides	67
11.1. Mesures d'activité	67
Comparaison internationale de mesures d'activité d'une solution de ^{137}Cs	
Mesures relatives au moyen d'une chambre d'ionisation à puits pressurisée (Sources de référence. Système international de référence pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons γ)	69
11.2. Statistiques de comptage	69
Conditions optimales pour l'application de la méthode d'échantillonnage sélectif	69
Mesure du taux de comptage bêta	72
Autres travaux	73
11.3. Spectrométrie alpha (Mesure de l'énergie des particules α émises par le ^{236}Pu)	73
12. Mesures neutroniques	75
12.1. Comparaison internationale de mesures de débit de fluence	75
12.2. Étude des chambres d'ionisation	75
12.3. Comparaison internationale d'étalons de dosimétrie neutronique	76
13. Publications	77
Publications du BIPM	77
Metrologia	78

Publications extérieures	78
Rapports	80
14. Certificats et Notes d'étude	81
IV. ACTIVITÉS ET RELATIONS EXTÉRIEURES	83
Travaux en liaison avec des organismes internationaux et nationaux	83
Voyages, visites, conférences, exposés du personnel	83
Visites et stages au BIPM	88
V. COMPTES	93

ANNEXES

Rapport du Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (10^e session-1982) au CIPM), par O. C. Jones	P1
Notices météorologiques	
N. A. Esserman, par <i>W. R. Blevin</i>	XI
J. M. Otero, par <i>L. Villena</i>	XIII
INDEX	XVII
