

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

---

# PROCÈS - VERBAUX

DES SÉANCES

---

2<sup>e</sup> SÉRIE — TOME 40

---

61<sup>e</sup> SESSION — 1972

(17-18 octobre)



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Pavillon de Breteuil, F 92310 SÈVRES, France

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



---

## 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* (B.I.P.M.) a été créé par la *Convention du Mètre* signée à Paris le 20 mai 1875 par dix-sept États, lors de la dernière séance de la Conférence Diplomatique du Mètre. Cette Convention a été modifiée en 1921.

Le Bureau International a son siège près de Paris, dans le domaine (43 520 m<sup>2</sup>) du Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) mis à sa disposition par le Gouvernement français; son entretien est assuré à frais communs par les États membres de la Convention du Mètre (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 fondamentales.

Le Bureau International fonctionne sous la surveillance exclusive du *Comité International des Poids et Mesures* (C.I.P.M.), placé lui-même sous l'autorité de la *Conférence Générale des Poids et Mesures* (C.G.P.M.).

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

- de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour assurer la propagation et le perfectionnement du Système International d'Unités (SI), forme moderne du Système Métrique;
- de sanctionner les résultats des nouvelles déterminations métrologiques fondamentales et les diverses résolutions scientifiques de portée internationale;
- d'adopter les décisions importantes concernant l'organisation et le développement du Bureau International.

Le Comité International est composé de dix-huit membres appartenant à des États différents; il se réunit au moins une fois tous les deux ans. Le bureau de ce Comité adresse aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre un *Rapport Annuel* sur la situation administrative et financière du Bureau International.

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

Une trentaine de physiciens ou techniciens travaillent dans les laboratoires du Bureau International; ils font des recherches métrologiques ainsi que des mesures dont les résultats sont consignés dans des certificats portant sur des étalons des grandeurs ci-dessus. Le budget annuel du Bureau International est de l'ordre de 3 000 000 de francs-or, soit environ 1 000 000 de dollars U.S.

---

(1) Au 31 décembre 1972, quarante et un États sont membres de cette Convention : Afrique du Sud, Allemagne, Amérique (É.-U. d'), Argentine (Rép.), Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Bulgarie, Cameroun, Canada, Chili, Corée, Danemark, Dominicaine (Rép.), Espagne, Finlande, France, Hongrie, Inde, Indonésie, Irlande, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Arabe Unie, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Thaïlande, Turquie, U.R.S.S., Uruguay, Vénézuéla, Yougoslavie.

Devant l'extension des tâches confiées au Bureau International, le Comité International a institué depuis 1927, sous le nom de *Comités Consultatifs*, des organes destinés à le renseigner sur les questions qu'il soumet, pour avis, à leur examen. Ces Comités Consultatifs, qui peuvent créer des « Groupes de travail » temporaires ou permanents pour l'étude de sujets particuliers, sont chargés de coordonner les travaux internationaux effectués dans leurs domaines respectifs et de proposer des recommandations concernant les modifications à apporter aux définitions et aux valeurs des unités, en vue des décisions que le Comité International est amené à prendre directement ou à soumettre à la sanction de la Conférence Générale pour assurer l'unification mondiale des unités de mesure.

Les Comités Consultatifs ont un règlement commun (*Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 81, 1963, p. 97). Chaque Comité Consultatif, dont la présidence est généralement confiée à un membre du Comité International, est composé d'un délégué de chacun des grands Laboratoires de métrologie et des Instituts spécialisés dont la liste est établie par le Comité International, de membres individuels désignés également par le Comité International et d'un représentant du Bureau International. Ces Comités tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers; ils sont actuellement au nombre de sept :

1. Le *Comité Consultatif d'Électricité* (C.C.E.), créé en 1927.
2. Le *Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie* (C.C.P.R.), nouveau nom donné en 1971 au *Comité Consultatif de Photométrie* (C.C.P.) créé en 1933 (de 1930 à 1933 le Comité précédent (C.C.E.) s'est occupé des questions de photométrie).
3. Le *Comité Consultatif de Thermométrie* (C.C.T.), créé en 1937.
4. Le *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre* (C.C.D.M.), créé en 1952.
5. Le *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde* (C.C.D.S.), créé en 1956.
6. Le *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants* (C.C.E.M.R.I.), créé en 1958. Depuis 1969 ce Comité Consultatif est constitué de quatre sections : Section I (Rayons X et  $\gamma$ , électrons), Section II (Mesure des radionucléides), Section III (Mesures neutroniques), Section IV (Étalons d'énergie  $\alpha$ ).
7. Le *Comité Consultatif des Unités* (C.C.U.), créé en 1964.

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

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

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

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

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

---

---

**LISTE DES MEMBRES**  
DU  
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES  
AU 18 OCTOBRE 1972

---

*Président*

1. J. M. OTERO, Président de la Junta de Energia Nuclear, Centro Nacional de Energia Nuclear « Juan Vigon », Ciudad Universitaria, *Madrid* 3.

*Vice-Président*

2. J. V. DUNWORTH, Directeur du National Physical Laboratory, *Teddington*, Middlesex (Grande-Bretagne).

*Secrétaire*

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

*Membres*

4. E. AMBLER, Directeur de l'Institute for Basic Standards, National Bureau of Standards, *Washington* D.C. 20234.
5. L. CINTRA DO PRADO, Professeur à l'Université, Alameda Rocha Azevedo 1274 (Apt. 71), *São Paulo*, S.P.-01410.
6. E. DJAKOV, Directeur de l'Institut d'Électronique, Académie des Sciences de Bulgarie, *Sofia* 13.
7. P. HONTI, Vice-Président de l'Office National des Mesures, Németh-völgyi ut. 37-39, *Budapest XII.*
8. B. M. ISSAËV, Vice-Président du Comité d'État des Normes du Conseil des Ministres de l'U.R.S.S., Leninski prosp. 9 b, *Moscou* M-49.

9. F. J. LEHANY, Chef de la Division of Applied Physics, National Standards Laboratory, University Grounds, City Road, *Chippendale*, N.S.W. 2008 (Australie).
10. A. MARÉCHAL, Directeur Général de l'Institut d'Optique, 3-5 boulevard Pasteur, 75015 *Paris*.
11. A. PERLSTAIN, Directeur du Bureau Fédéral des Poids et Mesures, Lindenweg 24, 3084 *Wabern* (Suisse).
12. H. PRESTON-THOMAS, Sous-Directeur de la Division de Physique du Conseil National de Recherches, *Ottawa* K1A 0S1.
13. M. SANDOVAL VALLARTA, Membre de la Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire, Insurgentes Sur 1079, *Mexico* 18, D. F.
14. K. SIEGBAHN, Directeur de l'Institut de Physique, Box 530, 75121 *Uppsala* 1 (Suède).
15. U. STILLE, Président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 33 *Braunschweig*.
16. J. STULLA-GÖTZ, Ancien Président du Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Gentzgasse 3, 1180 *Wien*.
17. Y. TOMONAGA, Président de la Japan Society for the Promotion of Machine Industry, 1-1-12 Hachimano-cho, Higashikurume-City, *Tokyo*.
18. A. R. VERMA, Directeur du National Physical Laboratory of India, Hillside Road, *New Delhi* 12.

*Membres honoraires*

1. A. V. ASTIN, Consultant Director, National Bureau of Standards, *Washington* D.C. 20234.
2. G. D. BOURDOUN, Institut de Métrologie, Chaire de Métrologie, Vadkovski per. 3 a, Stankin, *Moscou* A-55.
3. L. M. BRANSCOMB, Old Orchard Road, *Armonk*, N.Y. 10504.
4. L. DE BROGLIE, de l'Académie Française, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, 94 rue Perronet, 92200 *Neuilly-sur-Seine*.
5. N. A. ESSERMAN, 2/29 A Stawell Street, *Kew*, Victoria 3101.
6. R. H. FIELD, 32 Highgate Gardens, *St. Michael* (Barbados, B.W.I.).
7. L. E. HOWLETT, 51 Southern Drive, *Ottawa* 1, Ontario.
8. M. KERSTEN, Ancien Président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 33 *Braunschweig*.
9. M. SIEGBAHN, Directeur du Nobelinstitutet för Fysik, *Stockholm* 50.
10. R. VIEWEG, Membre du Conseil de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Dachsbergweg 6, 61 *Darmstadt* \*.

---

\* Le Bureau International des Poids et Mesures a appris avec un profond regret le décès de R. VIEWEG survenu le 20 octobre 1972.

---

# LISTE DU PERSONNEL

DU

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

AU 1<sup>er</sup> JANVIER 1973

---

*Directeur* : J. Terrien

*Sous-Directeur* : P. Giacomo

## LABORATOIRES

### *Physiciens Chercheurs principaux*

A. Allisy, P. Carré, A. Rytz.

### *Physiciens et Métrologistes*

G. Leclerc, A. Sakuma, J. Hamon,  
J. Bonhoure, J. W. Müller,  
V. D. Huynh, T. Witt, D. Gorman,  
G. Girard, J.-M. Chartier.

### *Techniciens et Calculateurs*

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

### *Mécaniciens*

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

## ADMINISTRATION ET SERVICES

### *Métrologiste rédacteur*

H. Moreau.

### *Administrateur*

A. Jeannin.

### *Secrétaires*

M<sup>lles</sup> J. Monprofit, D. Guégan.  
M<sup>mes</sup> B. Petit, A. Delfour.  
M<sup>me</sup> G. Pedrielli (contractuelle).

### *Gardiens*

A. Montbrun, L. Lecoufflard.

### *Services d'entretien généraux*

1 agent (A. Gama).  
4 employés (contractuels).

*Directeur honoraire* : Ch. Volet

*Adjoint honoraire* : A. Bonhoure

---

## ORDRE DU JOUR DE LA SESSION

---

1. Ouverture de la session; quorum; approbation de l'ordre du jour.
  2. Membres honoraires.
  3. Rapport du Secrétaire du Comité.
  4. Centenaire de la Convention du Mètre en 1975 et date de la 15<sup>e</sup> C.G.P.M.
  5. Comités Consultatifs (rapports, activités; composition, réunions futures).
  6. Rapport du directeur; travaux du B.I.P.M.
  7. Questions administratives.
  8. Visite du Dépôt des prototypes métriques.
  9. Système gravimétrique de Potsdam.
  10. Masses volumiques de l'eau et de l'air.
  11. Questions diverses.
-

61<sup>e</sup> SESSION (OCTOBRE 1972)

---

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

TENUES A SÈVRES

Présidence de Mr J. M. OTERO

---

Le Comité International s'est réuni pour sa 61<sup>e</sup> session les mardi 17 et mercredi 18 octobre 1972. Il a tenu quatre séances au Pavillon de Breteuil.

Étaient présents: MM. AMBLER, CINTRA DO PRADO, DJAKOV, DUNWORTH, HONTI, ISSAEV, LEHANY, MARÉCHAL, OTERO, PERLSTAIN, PRESTON-THOMAS, SANDOVAL VALLARTA, SIEGBAHN, STILLE, STULLA-GÖTZ, TERRIEN (directeur du Bureau International) et GIACOMO (sous-directeur).

Interprètes: MM. Oboukhov et Vigoureux.

Excusés: MM. DE BOER, TOMONAGA.

Absent: Mr VERMA.

Secrétaire: Mlle Monprofit.

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

Le *Président* ouvre la séance en souhaitant la bienvenue aux membres du Comité. Il constate que le quorum est atteint et que par conséquent le Comité peut délibérer valablement. Il salue en particulier Mr Ambler, nouveau membre du Comité, dont la collaboration sera particulièrement précieuse puisqu'il est le directeur de l'Institute for Basic Standards du National Bureau of Standards.

Mr *Ambler* remercie le *Président* et les membres du Comité de leur accueil.

Le *Président* transmet au Comité les excuses qu'il a reçues de MM. Tomonaga et de Boer, tous deux empêchés d'assister à cette 61<sup>e</sup> session. Seules des raisons impérieuses n'ont pas permis à Mr de Boer de se déplacer à son grand regret, car il s'intéresse de très près aux affaires

du Comité, comme il l'a toujours montré. En l'absence de Mr de Boer, Mr Giacomo est prié de le remplacer au cours de la session.

L'ordre du jour proposé est adopté (p. 10).

## 2. Membres honoraires

Le *Président* rappelle le décès, survenu le 16 février 1972, de H. Barrell, membre honoraire, qui a présidé les travaux du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde à une époque importante où celui-ci préparait la nouvelle définition de la seconde. H. Barrell a fait une longue carrière au National Physical Laboratory, où il travaillait encore quinze jours avant sa disparition brutale.

Le *Président* propose ensuite au Comité l'élection de Mr Branscomb comme membre honoraire. Ayant quitté la direction du National Bureau of Standards pour devenir Chief Scientist et Vice-Président de la Société I.B.M., Mr Branscomb a jugé nécessaire de donner sa démission de membre du Comité International afin de laisser un siège à une personnalité du N.B.S., mais il continue de s'intéresser à l'activité du Comité. Il s'était révélé particulièrement actif au sein de notre Comité, qui avait pu apprécier son autorité éclairée. C'est en reconnaissance de ces qualités que le *Président* propose de le nommer membre honoraire. Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

Mr Giacomo donne lecture du rapport établi par Mr de Boer, secrétaire du Comité.

## 3. Rapport du Secrétaire du Comité

(1<sup>er</sup> octobre 1971 — 17 octobre 1972)

### 1. Membres du Comité International

*Démission.* — Mr L. M. Branscomb, dans une lettre datée du 10 avril 1972, a estimé qu'il devait se retirer du Comité International, parce qu'il quittait ses fonctions de directeur du National Bureau of Standards et qu'il prenait ensuite des fonctions en dehors des institutions gouvernementales des États-Unis d'Amérique.

*Élection.* — A la suite d'un vote par correspondance à scrutin secret, Mr E. Ambler, directeur de l'Institute for Basic Standards du National Bureau of Standards, a été élu le 22 juin 1972.

2. *Réunions de Comités Consultatifs et d'un Groupe de travail.* — Les quatre sections du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants ont tenu session en 1972 au Pavillon de Breteuil :

Section I (Rayons X et  $\gamma$ ), sous la présidence de Mr W. A. Jennings (3-5 mai);  
Section II (Radionucléides), sous la présidence de Mr P. J. Campion (5-7 septembre);  
Section III (Mesures neutroniques), sous la présidence de Mr R. S. Caswell (5-7 avril);  
Section IV (Étalons d'énergie  $\alpha$ ), sous la présidence de Mr K. Siegbahn (20-22 mars).

Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde a tenu sa 6<sup>e</sup> session sous la présidence de Mr J. V. Dunworth (6-8 juillet 1972).

Le Comité Consultatif d'Électricité a tenu sa 13<sup>e</sup> session, sous la présidence de Mr F. J. Leahy (12-13 octobre 1972), précédée par la réunion du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences (10-11 octobre).

3. *Bureau du Comité International.* — Les principales questions dont le bureau du Comité a eu à s'occuper concernent :

- l'emploi des monnaies nationales utilisées par quelques États pour le paiement d'une partie de leur contribution;
- la révision des salaires du personnel du Bureau International;
- la célébration du centenaire de la Convention du Mètre;
- la préparation de la session d'octobre 1972 du Comité International.

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

	1969	1970	1971	1972
Fonds ordinaires .....	1 339 611,32	1 509 404,64	1 705 698,88	1 917 679,20
Caisse de retraites .....	188 335,92	249 714,20	287 973,41	368 624,23
Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique.....	8 663,59	8 663,59	8 663,59	21 763,59
<b>Totaux .....</b>	<b>1 536 610,83</b>	<b>1 767 782,43</b>	<b>2 002 335,88</b>	<b>2 308 067,02</b>

Le point 4 de ce rapport fait apparaître une augmentation de l'actif; elle est parallèle à l'augmentation du budget. Cet actif ne représente que huit à neuf mois de trésorerie; il est destiné à pallier des retards éventuels de paiement de contributions.

Ce rapport n'entraîne aucun commentaire particulier.

#### **4. Centenaire de la Convention du Mètre en 1975 et date de la 15<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures**

Le Bureau International des Poids et Mesures, créé par la Convention du Mètre en 1875, est la plus ancienne des organisations scientifiques internationales et doit célébrer en 1975 le centenaire de sa fondation. C'est donc un événement très important. Le *Président* se plaît, à cette occasion, à rendre hommage aux fondateurs du Bureau International dont l'œuvre s'est montrée à l'épreuve du temps.

Mr *Cintra do Prado* souligne qu'en 1875, c'était la première fois que des États se sont associés pour créer et entretenir un organisme permanent international assurant un service d'intérêt mondial.

Mr *Terrien* indique qu'il a eu l'occasion de s'entretenir avec le Président de la République Française, Mr Pompidou, et qu'il a ainsi pu lui parler du centenaire de la Convention du Mètre. Le Président de la République a exprimé son accord pour que le Gouvernement français organise quelques manifestations à l'occasion de ce centenaire, et il a demandé au Ministère des Affaires Étrangères de préparer un projet de programme. Ce projet, qui est encore à l'étude, envisage les manifestations suivantes :

- Réception par le Ministre des Affaires Étrangères (ou au Palais de l'Élysée ?).
- Émission d'un timbre-poste.
- « Flamme » de cachets d'oblitération des affranchissements postaux.

- Production d'un film cinématographique sur le B.I.P.M.
- Publication par le B.I.P.M. d'un ouvrage imprimé.
- Exposition au Palais de la Découverte, ou à la Bibliothèque Nationale, ou à l'Hôtel des Monnaies, ou aux Archives Nationales.
- Lecture d'un court texte et commentaires (15 à 30 minutes) dans toutes les écoles de France.
- Constitution d'un Comité de coordination des manifestations comprenant le Ministère des Affaires Étrangères, quelques autres ministères, l'Académie des Sciences de Paris, le Bureau National de Métrologie, le Service des Instruments de Mesure et le B.I.P.M.
- Frappe d'une médaille commémorative.

Il ne s'agit pas là d'un projet définitif. Le *Président* tient beaucoup à la frappe d'une médaille qui serait distribuée aux délégués à la 15<sup>e</sup> C.G.P.M. et à quelques personnalités.

En ce qui concerne la publication d'un ouvrage par le Bureau International, Mr *Terrien* considère que cet ouvrage devrait faire suite au volume publié pour le cinquantenaire du B.I.P.M.

Mr *Stille* demande si ce volume traiterait de la métrologie en général ou serait essentiellement axé sur le Bureau International. D'après Mr *Terrien*, il s'agirait avant tout du Bureau International. Une exposition devrait être organisée pour faire apparaître ce qu'est la métrologie et sa raison d'être.

Pour Mr *Maréchal* il faut que ce soit là l'occasion de faire le bilan du rôle du B.I.P.M. Il convient de montrer, en particulier aux jeunes, l'importance scientifique de la métrologie et ses répercussions dans l'activité économique des différents pays. Mr *Maréchal* souhaiterait que l'exposition ait lieu au Palais de la Découverte; c'est d'après lui l'endroit le plus approprié. Le *Président* prie Mr *Terrien* de transmettre cette opinion au Gouvernement français.

Il convient de choisir dès maintenant les dates de la célébration du centenaire et de la 15<sup>e</sup> C.G.P.M., ces deux dates devant être de préférence voisines. Traditionnellement la C.G.P.M. se réunit en octobre, mais la Convention du Mètre a été signée le 20 mai 1875. On peut donc hésiter entre les mois de mai et d'octobre.

Mr *Stille* est plutôt favorable à retenir la date anniversaire de la signature de la Convention du Mètre. La Conférence Générale aurait donc lieu en mai.

Mr *Ambler* demande si l'on retiendra la date exacte du 20 mai. A quelques jours près, répond Mr *Terrien*. Il faut en effet voir avec les

autorités françaises et les diverses organisations, telles que l'Académie des Sciences, les possibilités de leur calendrier.

Le *Président* conclut qu'il faut exprimer auprès du Gouvernement français et des autres pays membres de la Convention du Mètre le vœu du C.I.P.M. que la célébration du centenaire de la Convention du Mètre et la 15<sup>e</sup> C.G.P.M. aient lieu en mai 1975.

Mr *Terrien* envisage que les cérémonies de célébration durent deux jours, et qu'aussitôt après la C.G.P.M. proprement dite pourrait se réunir. La première journée de célébration pourrait comprendre une séance solennelle au Ministère des Affaires Étrangères, au cours de laquelle seraient prononcés les discours de hautes personnalités, et l'après-midi une séance un peu plus scientifique, qui pourrait avoir lieu par exemple à l'Académie des Sciences de Paris. Mr *Terrien* rappelle que pour le cinquantenaire de la Convention du Mètre, l'Académie des Sciences avait organisé une séance spéciale au Palais de l'Institut.

Pour la deuxième journée, on peut envisager une réception au Pavillon de Breteuil avec visite des laboratoires. La troisième journée, la C.G.P.M. commencerait ses travaux habituels.

Pour Mr *Terrien* la célébration de ce centenaire devrait revêtir deux aspects: d'une part des manifestations internationales qui auraient lieu à Paris, parce que la C.G.P.M. se réunit à Paris et que le B.I.P.M. est proche de Paris; d'autre part, sous la responsabilité de chaque Gouvernement et sur le plan national, des manifestations commémorant le centenaire de la signature de la Convention du Mètre.

Le C.I.P.M. pourrait fournir des suggestions aux Gouvernements en écrivant aux Ambassades; il pourrait à titre d'exemple indiquer les manifestations prévues en France. Il devrait s'efforcer de coordonner ces manifestations dans les différents pays. Mr *Terrien* fait remarquer que cette note d'information ne peut être envoyée immédiatement aux Ambassades; il est préférable d'attendre que la France ait préparé un programme sur le plan national.

Le *Président* souligne la coïncidence entre le centenaire de la Convention du Mètre et la généralisation de l'emploi du Système Métrique (SI) dans le monde anglo-saxon, tant au Royaume-Uni qu'aux États-Unis d'Amérique. C'est le moment où la Convention du Mètre devient vraiment universelle. Le *Président* demande à Mr *Ambler* de préciser quelle est la situation, à l'heure actuelle, aux États-Unis, à l'égard de l'emploi des mesures métriques.

Mr *Ambler* répond que des projets de lois sont en ce moment en discussion au Congrès. Les lois qui seront adoptées suivront vraisemblablement les recommandations du « Metric Study Group »: d'ici à dix ans les États-Unis utiliseront essentiellement, mais pas exclusivement, les mesures métriques; le changement devra être volontaire. Les lois seront vraisemblablement votées avant 1975.

On constate que dans leur grande majorité les autres pays qui utilisaient les unités du système impérial britannique ont déjà adopté le système métrique, notamment l'Australie, l'Afrique du Sud, le Canada, l'Inde, l'Irlande, la Nouvelle-Zélande.

Mr *Terrien* signale qu'une autre organisation internationale célébrera son centenaire un an avant le B.I.P.M., c'est l'Union Postale Universelle. Il a pris contact avec cette organisation. Dans ses préparatifs, le congrès de l'Union Postale Universelle prévoit une somme totale des dépenses autorisées pour cette célébration. Il est peut-être prématuré maintenant pour le C.I.P.M. de fixer un budget pour le centenaire de la Convention du Mètre avant de savoir exactement ce que fera le Gouvernement français.

L'Union Postale Universelle a précisé que l'émission de timbres commémoratifs se fait sous la seule responsabilité des administrations nationales.

En ce qui concerne la publication d'un ouvrage par le B.I.P.M., Mr *Djakov* souhaiterait que cet ouvrage soit terminé dès 1974, afin que tous les pays membres puissent l'avoir à disposition pour préparer eux-mêmes des manifestations sur le plan national. Mr *Issaev* appuie cette demande.

Mr *Sandoval Vallarta* suggère que ce livre explicatif sur le rôle du Bureau International soit envoyé par l'entremise des Ambassades en même temps que la note dans laquelle le C.I.P.M. ferait des suggestions pour que chaque État membre fasse quelque chose sur le plan national à l'occasion de ce centenaire.

Mr *Stille* craint qu'il ne soit déjà trop tard pour procéder de cette façon; il semble en effet difficile de publier un tel volume en quelques semaines. Mr *Terrien* suggère d'envoyer aux Ambassades une notice qui résumera l'essentiel, à défaut du volume en question.

#### **5. Comités Consultatifs : Rapports, activités; composition, réunions futures**

Sur l'invitation du *Président*, les présidents des Comités Consultatifs présentent le rapport de leur Comité respectif en dégageant plus particulièrement les points qui ont soulevé des discussions.

*Définition de la Seconde.* — Le C.C.D.S. a tenu sa 6<sup>e</sup> session en juillet 1972 sous la présidence de Mr Dunworth (Rapport p. 106). Il s'est essentiellement occupé de l'établissement de l'échelle de Temps Atomique International (TAI) comme conséquence des Résolutions 1 et 2 adoptées par la 14<sup>e</sup> Conférence Générale en octobre 1971. Les travaux sont poursuivis en liaison étroite avec le Bureau International de l'Heure (B.I.H.) dont le directeur, Mr Guinot, a présenté à cette session du C.C.D.S. un rapport sur l'établissement de l'échelle de TAI.

La méthode utilisée par le B.I.H. pour l'élaboration du Temps Atomique International a pour but d'assurer la continuité de l'échelle plutôt que l'exactitude de la réalisation de l'unité SI. Dans l'état actuel, on peut toutefois estimer que la seconde du TAI ne présente par rapport à l'unité SI aucun écart systématique significatif. Des étalons de fréquence à jet de césium plus précis, actuellement en cours de réalisation, permettront peut-être dans l'avenir d'ajuster l'unité de TAI.

La question a été soulevée d'un calendrier de TAI analogue au calendrier de Temps Universel. Ce problème doit être étudié en liaison avec les organisations intéressées, en particulier l'Union Astronomique Internationale.

Le C.C.D.S. a pris note de l'acceptation très générale du Temps Universel Coordonné (TUC) comme base du temps légal; cela pourrait sans doute servir de base à une résolution future de la C.G.P.M.

A ce sujet, Mr *Terrien* porte à la connaissance du Comité la recommandation I.4 faite par l'Union Radioscientifique Internationale (U.R.S.I.), lors de sa 17<sup>e</sup> Assemblée Générale (Varsovie, Août 1972), qui « recommande d'inviter le C.I.P.M. et la C.G.P.M. à recommander l'adoption du système TUC comme base pour la diffusion des signaux horaires dans les pays adhérant à la Convention du Mètre. »

Sur proposition de Mr *Guinot*, le C.C.D.S. a demandé que le B.I.H. reçoive des informations sur les indications des différentes horloges individuelles et non pas seulement sur l'échelle de temps atomique de chaque laboratoire. Une recommandation à cet effet a été adoptée par le C.C.D.S. (Recommandation S 1 (1972), p. 117).

Mr *Ambler* informe le Comité que le N.B.S. sera très heureux de coopérer avec le B.I.H. en fournissant tous les renseignements concernant les horloges individuelles. Il demande des précisions sur l'algorithme ALGOS, dont Mr *Guinot* parle dans son rapport; cet algorithme est décrit dans un document présenté à la « Conference on Precision Electromagnetic Measurements » (Boulder, 26-29 juin 1972).

Le *Président* souligne que, pour la première fois, le Bureau International a chargé un autre organisme d'une tâche qui lui a été confiée par la C.G.P.M. La Recommandation S 1 (1972) est discutée dans le détail.

Mr *Terrien* rappelle que le C.C.D.S. a reçu du Comité International la mission d'étudier la question de l'établissement d'une échelle de temps fondée sur la définition atomique de la seconde et les arrangements nécessaires en liaison avec le Bureau International de l'Heure. De son côté, le C.I.P.M. a reçu de la C.G.P.M. deux missions: 1<sup>o</sup> donner une définition du TAI; 2<sup>o</sup> prendre les mesures nécessaires pour que les compétences scientifiques et les moyens existants soient utilisés au mieux pour la réalisation d'une échelle de TAI propre à satisfaire les besoins

des utilisateurs. Dans ce but, le C.I.P.M. a été autorisé par la C.G.P.M. à conclure avec le B.I.H. les arrangements nécessaires pour la réalisation de l'échelle de TAI à définir par le C.I.P.M.

En exécution de ces résolutions, le C.I.P.M. a approuvé dès 1970 une définition du TAI proposée par le C.C.D.S. [*Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 38, 1970, p. 110, Recommandation S 2 (1970)], et il a demandé au C.C.D.S. d'examiner avec le directeur du B.I.H. les actions à entreprendre pour réaliser effectivement l'échelle de TAI. La conclusion du C.C.D.S. est que si le directeur du B.I.H. recevait plus d'informations sur les horloges individuelles, il pourrait améliorer ce qui a été fait jusqu'ici.

Si le C.I.P.M. charge le directeur du B.I.H. de l'établissement de l'échelle de TAI, il doit lui laisser la responsabilité administrative de faire ce travail. Par exemple, ce n'est pas au C.I.P.M., ni au directeur du B.I.P.M. de décider quelles seront les horloges dont les résultats seront retenus ou non pour être utilisés dans l'algorithme.

Mr *Dunworth* précise que la Recommandation S 1 (1972) a été longuement discutée au C.C.D.S. Des discussions préliminaires avaient déjà eu lieu à l'occasion de la C.P.E.M., à Boulder, entre le directeur du B.I.H. et plusieurs membres du C.C.D.S. Il semble nécessaire de laisser au B.I.H. l'initiative de solliciter les résultats auprès des organismes compétents, pour que ces résultats lui parviennent sous la forme la plus utilisable.

La Recommandation S 1 (1972) du C.C.D.S. est approuvée. Toutefois, les membres du Comité tiennent à ce que soient bien précisés les rapports entre le B.I.H. et le C.I.P.M. : en ce qui concerne le TAI, le directeur du B.I.H. travaille en accord avec le C.C.D.S. et ce travail, comme tous ceux qui sont entrepris ou poursuivis en exécution des décisions de la C.G.P.M., est exécuté sous la responsabilité du C.I.P.M., en liaison dans le cas présent avec le comité de direction du B.I.H. dont le sous-directeur du B.I.P.M. fait partie.

*Électricité et Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences.* — Le C.C.E. et son Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences se sont réunis sous la présidence de Mr *Lehany* quelques jours avant la présente session du C.I.P.M. Les rapports de ces deux réunions n'étant pas encore approuvés par les participants, Mr *Lehany* ne donne connaissance que des rapports provisoires (voir les rapports définitifs p. 96).

L'attention des membres du Comité est attirée sur les Recommandations GT-RF 1 et 2 (1972) du Groupe de travail; les participants étaient très préoccupés de la lenteur des comparaisons internationales et du nombre élevé d'accidents subis par les instruments voyageurs, rendant inutilisables en totalité certaines comparaisons. Cela tient peut-être à la façon dont les comparaisons ont été menées jusqu'ici. A la lumière de l'expérience acquise et malgré le surcroît de travail incombant au laboratoire pilote, les participants ont exprimé une nette préférence pour qu'à l'avenir les comparaisons soient du type « en étoile »; c'est-

à-dire que les instruments reviennent au laboratoire pilote chaque fois qu'ils ont été mesurés dans un ou à la rigueur dans deux laboratoires (comparaison du type « en pétale »). En effet, cela permettrait au laboratoire pilote de déceler sans retard toute anomalie, toute détérioration d'instrument et par conséquent d'éviter du travail inutile : avec des comparaisons strictement circulaires, anomalie ou détérioration ne se révèlent qu'en fin de circuit.

La Recommandation GT-RF 1 (1972) du Groupe de travail a essentiellement pour but d'établir l'état d'avancement des mesures et d'encourager les laboratoires, en particulier ceux qui n'avaient pu prendre part aux comparaisons déjà faites, à tirer profit des résultats obtenus. L'expérience a également montré qu'il était nécessaire de revenir sur ce qui avait été décidé en 1968; selon la Recommandation GT-RF 2 (1972), chaque laboratoire ne devra communiquer ses résultats qu'au B.I.P.M. et à ceux des laboratoires qui ont déjà terminé leurs mesures. Le Groupe de travail a par ailleurs dressé la liste des comparaisons à effectuer dans l'avenir.

Mr *Terrien* souligne le grand intérêt manifesté par les membres du Groupe de travail pour les comparaisons, passées et futures, dans le domaine des radiofréquences. Ce sont là des travaux importants pour la métrologie dans ce domaine particulièrement difficile.

Au Comité Consultatif d'Électricité (C.C.E.) la discussion a porté sur la prochaine comparaison internationale des étalons représentatifs du volt et de l'ohm. Après la comparaison internationale précédente (1970), des mesures supplémentaires faites sur des étalons de force électromotrice contenus dans des enceintes thermorégulées ont donné de petites différences pouvant atteindre  $0,5 \mu\text{V}$ . Les raisons de ces différences n'ont pu jusqu'ici être élucidées. Il convient donc que les laboratoires continuent, comme par le passé, d'envoyer au B.I.P.M. pour la comparaison internationale des étalons nus en même temps que, s'ils le souhaitent, des étalons enfermés dans des enceintes thermorégulées. Il serait en outre souhaitable, lorsqu'on emploiera de telles enceintes, de s'assurer de la concordance des températures indiquées par les thermomètres utilisés dans les différents laboratoires; en effet, la mesure des températures pourrait être la source de différences encore inexplicables.

Plusieurs laboratoires ont exprimé le vœu que le B.I.P.M. fasse des comparaisons d'étalons de  $10\,000 \Omega$  en même temps que celles des résistances de  $1 \Omega$ . Le B.I.P.M. a accepté de le faire.

Il a été également demandé de poursuivre les comparaisons d'étalons de capacité de  $10 \text{ pF}$ , pour permettre aux laboratoires de comparer leurs condensateurs calculables.

Le C.C.E. a également abordé le problème des déterminations absolues du volt et de l'ohm; des expériences sont en cours dans plusieurs laboratoires mais aucun résultat nouveau n'a été obtenu qui puisse être discuté dès maintenant.

Le C.C.E. enfin a discuté des expériences utilisant l'effet Josephson. Il est souhaitable d'essayer d'établir une relation entre  $V_{69-BI}$  et les réalisations du volt utilisant l'effet Josephson. Il n'appartient pas au C.I.P.M. de fixer la valeur de la constante  $2e/h$ . Cette responsabilité incombe à l'U.I.P.P.A. et à CODATA (Committee on Data for Science and Technology). Le C.C.E. n'a pas estimé non plus pouvoir dès maintenant recommander l'utilisation de cette constante; il s'est contenté d'une déclaration sur ce point (Déclaration E-72, p. 100). Plusieurs laboratoires ont cependant manifesté l'intention d'utiliser l'effet Josephson pour leur réalisation du volt, sur la base de la déclaration adoptée. A ce sujet, Mr *Stille* signale la recommandation I.5 de la 17<sup>e</sup> Assemblée Générale de l'U.R.S.I. (Varsovie, Août 1972) incitant les laboratoires à effectuer, en coopération avec le B.I.P.M., des comparaisons internationales des réalisations du volt obtenues à l'aide de l'effet Josephson.

*Rayonnements Ionisants.* — Les quatre Sections du C.C.E.M.R.I. ont tenu chacune une réunion en 1972.

Mr *Siegbahn*, président de la Section IV (*Étalons d'énergie  $\alpha$* ) qui s'est réunie en mars 1972 (Rapport p. 137), rappelle dans quelles conditions les travaux ont commencé en 1964; il y avait alors un sentiment général qu'il manquait des étalons d'énergie analogues à ceux dont on dispose en spectrométrie optique par exemple. Un groupe fut constitué pour étudier ce problème. La tâche était tout à fait dans l'esprit du rôle du B.I.P.M. qui était par ailleurs bien placé pour effectuer avec la meilleure exactitude les mesures de longueur et de champ magnétique nécessaires. Le B.I.P.M. a acquis depuis l'équipement approprié; les résultats obtenus ont été excellents. Bien des spécialistes ont été surpris de l'exactitude des mesures et Mr *Siegbahn* estime que ce fut là un emploi judicieux des moyens mis à la disposition du B.I.P.M.

Mr *Terrien* rend compte ensuite des travaux des trois autres Sections.

La Section I (*Mesure des rayons X et  $\gamma$* ) s'est réunie en mai 1972 sous la présidence de Mr Jennings (Rapport p. 119).

Le B.I.P.M. devra organiser des comparaisons périodiques d'étalons d'exposition pour les rayons X (tensions d'alimentation entre 10 et 250 kV) et pour les rayons  $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$ , afin que toutes les mesures soient raccordées à un même jeu d'étalons stables, ceux du B.I.P.M. Les modalités de ces comparaisons ont été convenues; elles se feront au moyen de chambres d'ionisation à parois d'air entre 10 et 50 kV. Pour les autres énergies il faut encore choisir les instruments de transfert. On s'est mis d'accord sur les qualités des rayonnements X, c'est-à-dire sur leur composition spectrale, définies par les tensions et par les filtres interposés sur le rayonnement à la sortie de la source. On a choisi des qualités de rayonnement intéressant la thérapie. Ce programme pourra être mis en application dans un délai d'environ un an.

Le deuxième sujet discuté par la Section I a été l'amélioration de

l'uniformité des mesures de doses absorbées; pour le moment on en est à des études préliminaires.

Il a été rendu compte également d'une expérience intéressante pour contrôler la relation entre l'activité d'une pastille de  $^{60}\text{Co}$  et l'exposition produite dans des conditions spécifiées. Les mesures d'activité ont été faites au N.B.S. par calorimétrie et au B.I.P.M. par comptage de particules avec un bon accord. L'exposition calculée est bien égale à l'exposition mesurée dans les limites de l'incertitude des constantes impliquées, environ 1 %.

La Section II (*Mesure des radionucléides*) s'est réunie en septembre 1972 sous la présidence de Mr Campion (Rapport p. 128).

A la suite d'une recommandation antérieure, le B.I.P.M. avait organisé une enquête auprès d'un grand nombre de laboratoires. Cette enquête a abouti à la distribution de sources solides et de solutions étalonnées au B.I.P.M., et à l'organisation de stages au B.I.P.M. et dans divers laboratoires nationaux.

A la précédente réunion (1970) on avait décidé d'étudier séparément les divers problèmes qui se posaient dans la métrologie des radionucléides. Chaque participant avait été chargé d'étudier un problème particulier. Des rapports ont été présentés. Ils ont permis de dégager les principales difficultés qui entravent les progrès de ces mesures.

Tous les laboratoires ont estimé qu'il était désirable que le Bureau International construise une chambre d'ionisation de référence permettant de contrôler l'uniformité des mesures, sinon leur exactitude. Mr *Ambler* appuie ce projet.

Il n'a pas été décidé de grande comparaison d'activité de radionucléides.

La Section III (*Mesures neutroniques*) s'est réunie en avril 1972 sous la présidence de Mr Caswell (Rapport p. 131).

On peut distinguer trois types de mesures neutroniques. 1° les mesures de sources de neutrons que l'on étalonne d'après le nombre de neutrons émis divisé par le temps; 2° les mesures de flux surfacique de neutrons thermiques; 3° les mesures de flux surfacique de neutrons monocinétiques. C'est principalement ce dernier type de mesures qui a retenu l'attention de la Section III. On a convenu qu'il faut choisir des instruments de transfert appropriés pour comparer les résultats des mesures, ces instruments devant être aussi indépendants que possible de l'énergie des neutrons et pas trop sensibles au rayonnement  $\gamma$ , et l'on s'est mis d'accord sur les travaux préliminaires qui sont nécessaires. On a choisi les trois valeurs d'énergie sur lesquelles on va travailler. Les comparaisons pourraient commencer à la fin de 1972. Le B.I.P.M. a accepté la mission de les organiser et d'analyser les résultats.

Après cet exposé des travaux des quatre Sections du C.C.E.M.R.I., Mr *Terrien* note que la collaboration internationale est très active dans

ces domaines et que le B.I.P.M. a un rôle à jouer dans ces activités pour qu'elles aient une pleine efficacité. On a noté en particulier que les étalons d'exposition du B.I.P.M. ont été estimés les plus stables et que les laboratoires nationaux insistent pour que le B.I.P.M. se charge de contrôler les mesures d'activité de radionucléides divers au moyen d'une chambre d'ionisation. Dans ces conditions, il n'est pas certain que le personnel et le budget du laboratoire des rayonnements ionisants du B.I.P.M. puissent être maintenus sans un léger accroissement.

Le Comité International approuve finalement les conclusions des rapports des trois Comités Consultatifs (C.C.D.S., C.C.E. et C.C.E.M.R.I.).

*Photométrie et Radiométrie.* — Mr Terrien rappelle qu'à sa 7<sup>e</sup> session (septembre 1971), le C.C.P. (maintenant C.C.P.R.) avait estimé « qu'il y aurait intérêt à utiliser dorénavant pour  $V(\lambda)$  les valeurs  $\bar{y}(\lambda)$  de 1 en 1 nm qui figurent dans le document de la Commission Internationale de l'Éclairage : « Colorimetry; Official Recommendation » (Publication CIE N° 15, 1971) ». En accord avec Mr Maréchal, président du C.C.P.R., Mr Terrien soumet donc au C.I.P.M. un projet de recommandation pour l'emploi de cette nouvelle table des efficacités lumineuses relatives spectrales en vision photopique [ $V(\lambda)$ ]. Ce projet de recommandation est adopté à l'unanimité (*Recommandation 1* (CI-1972), p. 29).

Sur la demande de Mr Cintra do Prado la table des valeurs de  $V(\lambda)$  [=  $\bar{y}(\lambda)$ ] est reproduite dans ce volume (Annexe 1, p. 145).

*Thermométrie.* — Mr Preston-Thomas, président du C.C.T., expose brièvement la situation des travaux du C.C.T. depuis sa 9<sup>e</sup> session (juillet 1971). Il rappelle les directions dans lesquelles le C.C.T. travaille entre deux sessions. Il ne pense pas que les préliminaires à un changement de l'E.I.P.T.-1968 soient discutés avant 1974, année au cours de laquelle se tiendra vraisemblablement la 10<sup>e</sup> session du C.C.T. Une nouvelle échelle de température ne saurait être introduite avant une dizaine d'années, mais l'édition actuelle pourrait être amendée comme le fut en 1960 l'édition de 1948.

#### Composition et réunions futures des Comités Consultatifs

*Définition du Mètre.* — Le Président estime qu'il est nécessaire de convoquer le C.C.D.M. en juin 1973. Mr Dunworth insiste lui aussi pour que le C.C.D.M. se réunisse avant l'Assemblée Générale de l'Union Astronomique Internationale qui doit se tenir en août 1973 en Australie. En effet, il se peut que lors de cette Assemblée Générale il y ait des pressions pour demander une nouvelle définition du mètre, par exemple en utilisant la vitesse de la lumière. Il est donc important que le C.C.D.M. se réunisse au préalable pour faire le point sur l'état d'avancement des travaux dans ces domaines et se prononcer sur l'opportunité d'introduire des changements ou non.

Il est donc décidé que le C.C.D.M. tiendra sa 5<sup>e</sup> session en juin 1973

*Photométrie et Radiométrie.* — Le *Président* fait part du décès de G. A. W. Rutgers (Pays-Bas) qui était l'un des membres nominativement désignés au C.C.P.R.

Il propose par ailleurs d'ajouter Mr K. Yoshié à la liste des experts nominativement désignés. Mr Yoshié, qui vient de quitter l'Electrotechnical Laboratory (E.T.L., Japon), travaille maintenant dans une université à Tokyo et toujours sur des questions se rapportant à la photométrie; il avait l'habitude de représenter l'E.T.L. aux réunions du C.C.P.R., mais c'est l'E.T.L. qui figure sur la liste des membres du C.C.P.R. Mr Yoshié a aussi un rôle actif en tant que vice-président de la C.I.E. Il semble donc que, pour conserver sa participation active aux travaux du C.C.P.R., il soit opportun de le nommer comme expert. Cette proposition est adoptée à l'unanimité.

Le C.C.P.R. n'envisage pas de se réunir dans un proche avenir.

## 6. Rapport du directeur; travaux du B.I.P.M.

Mr *Terrien* résume brièvement son rapport annuel sur l'activité et la gestion du Bureau International (p. 31).

Mr Giacomo et les physiciens du B.I.P.M. donnent ensuite quelques détails sur les travaux effectués ou en cours et répondent aux questions posées par divers membres du Comité. Les exposés et commentaires sont complétés par une visite des laboratoires.

Le *Président* et le Comité expriment leur satisfaction pour la qualité des travaux accomplis.

## 7. Questions administratives

Les questions administratives étaient jusqu'à maintenant discutées au préalable au sein d'une « Commission Administrative », puis soumises à l'ensemble du Comité International; en fait, la Commission Administrative rassemblait depuis plusieurs années tous les membres du Comité. Il a paru préférable, à partir de cette session, de supprimer la Commission Administrative et de traiter les questions directement en séance plénière du C.I.P.M.

1. *Personnel.* — Retraite: Le *Président* demande au Comité de recevoir Mr R. Hanocq, mécanicien principal, qui vient de prendre sa retraite cette année, 46 ans après son entrée au B.I.P.M. Mr Hanocq a en particulier été chargé du polissage et de l'ajustage des étalons de masse en platine iridié, travail de précision et de minutie qu'il a toujours exécuté parfaitement. En 1970, il est allé au N.B.S. assister au démontage de la balance NBS-2 qu'il a remontée lui-même au B.I.P.M. Au cours de sa longue carrière il a su faire apprécier ses qualités de soin et de patience et son amour constant du travail bien fait.

Le *Président* remet à Mr Hanocq un Diplôme en remerciement de ses nombreuses années de travail au B.I.P.M. et lui souhaite une retraite longue et heureuse qu'il a bien méritée.

Nomination: Mr *Terrien* propose la nomination de Mr V. D. Huynh au grade d'adjoint. Il rappelle que depuis le 1<sup>er</sup> février 1970 Mr Huynh fait partie du personnel du B.I.P.M. où il travaillait déjà comme stagiaire depuis octobre 1966. Il a maintenant des responsabilités analogues à celles de MM. Rytz et Müller, mais il n'a pas

le titre d'adjoint. Après un vote à scrutin secret, Mr Huynh est nommé adjoint à l'unanimité.

2. *Traitements du personnel.* — Le *Président* présente la question de la révision de la grille des salaires du personnel du B.I.P.M. Lors de la session d'octobre 1971, la Commission Administrative avait chargé le bureau du Comité d'étudier un relèvement global des salaires et de prendre éventuellement les mesures nécessaires en cas d'urgence. Le bureau du Comité n'a pas modifié les salaires en cours d'année, mais il a étudié le projet soumis au Comité à cette session.

Mr *Terrien* rappelle que les salaires sont calculés à partir d'une grille établie en points-or et de l'indice des prix en France, indice fourni par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques. Dans le relèvement qui est proposé on a voulu rétablir la coïncidence avec le niveau des salaires en France; on a voulu aussi resserrer l'éventail des salaires comme c'est la tendance à l'heure actuelle en France et ailleurs. Le personnel a déjà connaissance de ce projet et se déclare satisfait s'il est adopté.

Aucun avis contraire n'étant exprimé, le projet de relèvement des salaires est adopté.

3. *Caisse de prêts.* — Mr *Terrien* présente ensuite le projet d'une « Caisse de prêts au personnel ». Dans la plupart des établissements privés et pour les fonctionnaires français, il existe des dispositions qui permettent de faire bénéficier le personnel de prêts pour des dépenses exceptionnelles, par exemple pour l'achat d'un logement. Un projet a été établi et présenté au bureau du Comité. Les détails ne sont pas encore définitivement mis au point, mais le Comité pourrait donner l'autorisation à son bureau de mettre ce projet en vigueur d'après les indications suivantes : le fonds de roulement de cette Caisse recevrait pour l'alimenter un montant de 1 % de la dotation du B.I.P.M.; une commission serait chargée d'examiner les demandes de prêts; le plafond serait par exemple de 15 000 francs français pour l'achat d'un logement; les remboursements seraient prélevés chaque mois à raison de 10 % ou moins du traitement mensuel; le capital décès constituerait une garantie.

MM. *Perlstein* et *Maréchal* trouvent le plafond de 15 000 francs français trop bas pour l'achat d'un logement.

Le *Président* pense que l'on peut laisser au bureau du Comité la liberté de régler cette question selon les directives données.

4. *Contributions réglées partiellement en monnaies non convertibles.* — Le *Président* aborde la question de l'utilisation des monnaies non convertibles. Mr *Terrien* précise que, sur les 41 États qui contribuent au financement et à l'entretien du B.I.P.M., trois (la Hongrie, la Pologne et l'U.R.S.S.) paient la partie autorisée de leur contribution en monnaie nationale, non convertible, et posent de ce fait au B.I.P.M. un problème difficile.

En Hongrie, le B.I.P.M. possède une somme déposée dans une banque à Budapest sur un compte bloqué. Mr *Honti* a pu aider le B.I.P.M. à utiliser une partie de ces fonds pour payer des voyages à Budapest; une commande de lampes d'éclairage à Tungfram est en cours.

En Pologne, où le B.I.P.M. a également un compte, on a pu payer un voyage et commander un banc de tour; ce banc vient d'arriver en France.

Avec l'U.R.S.S. la question est plus complexe; il y a eu des échanges de correspondance, mais aucune information concrète ne peut encore être donnée sur l'utilisation future des contributions de l'U.R.S.S. en monnaie nationale.

5. *Bâtiments.* — Mr *Terrien* signale que de grosses dépenses ont été faites pour moderniser le chauffage. L'utilisation du mazout avait été éliminée pour des raisons de pollution de l'air. Le gaz pour le chauffage étant vendu à un tarif presque aussi avantageux que celui du mazout, on a choisi de remplacer le charbon par le gaz; cela a entraîné la pose de nouvelles canalisations, heureusement prise en charge à l'extérieur du B.I.P.M. par Gaz de France, et quelques changements dans l'installation des chaufferies qui sont pratiquement remises à neuf.

Le ravalement du Pavillon de Breteuil proprement dit est terminé. Le précédent ravalement n'avait pas été satisfaisant; les travaux qui viennent de s'achever devraient l'être pour une durée assez grande. Les autres dépenses de bâtiments concernent l'aménagement des locaux des laboratoires afin d'avoir plus d'espace disponible et afin d'améliorer les conditions des mesures, par exemple dans la salle des balances pour améliorer la protection thermique.

6. *Exercice 1971.* — Le *Président* donne lecture du rapport de l'expert-comptable qui a vérifié les comptes de l'exercice 1971. Ces comptes sont approuvés par le Comité qui donne quitus au directeur et à l'administrateur du Bureau International.

7. *Budget du B.I.P.M. pour 1973.* — Le budget pour 1973 a été préparé sur la base de la dotation votée par la 14<sup>e</sup> C.G.P.M. pour l'année 1973. Dans les dépenses il a été tenu compte de l'élévation des salaires. Il faut dans l'exécution du budget conserver une certaine prudence, pour parer à d'éventuelles défaillances dans les recettes. En effet, comme on peut le remarquer sur les chiffres donnés pour 1971, les recettes prévues sont supérieures aux recettes effectives; cela provient de retards dans les versements de contributions.

Mr *Stille* craint que les sommes prévues pour les voyages ne soient pas suffisantes. Il insiste sur l'utilité des voyages. Si besoin est, on pourrait affecter à ce poste des sommes prises sur le poste « Frais divers et imprévus ».

Mr *Terrien* partage le point de vue de Mr *Stille*. Les voyages du directeur et des principaux physiciens sont très bénéfiques; ils augmentent l'efficacité des travaux faits au B.I.P.M. et surtout de la collaboration avec les autres laboratoires. Ils sont importants aussi pour éviter des malentendus dans les unions internationales; il faut informer ces dernières de ce qui se passe au Comité International et à la Conférence Générale, les résolutions prises par les organismes de la Convention du Mètre n'étant pas toujours assez connues; il est donc essentiel que le B.I.P.M. soit représenté aux assemblées générales des unions internationales. Les sommes inscrites au budget ne représentent toutefois pas la totalité des dépenses de voyage, certaines dépenses étant prises en charge par d'autres organismes. Par exemple, le directeur du B.I.P.M. est l'un des membres du personnel qui voyage le plus; comme il est de nationalité française, il arrive que l'Académie des Sciences de Paris lui rembourse tout ou partie de certains frais de déplacements. En 1973 il prévoit de se rendre en Australie pour assister à l'Assemblée Générale de l'U.A.I.; ce voyage donnera lieu à une dépense assez élevée.

Le Comité adopte finalement le budget suivant pour 1973.

### Budget pour 1973

#### RECETTES

	francs-or
Contributions des États .....	3 357 000
Intérêts des fonds .....	25 000
Taxes de vérification .....	5 000
Remboursements des taxes sur les achats .....	120 000
<b>Total .....</b>	<b>3 507 000</b>

#### DÉPENSES

##### A. Dépenses de personnel:

1. Traitements .....	1 480 000	} 1 814 000
2. Allocations familiales .....	80 000	
3. Sécurité sociale .....	92 000	
4. Assurance-accidents .....	14 000	
5. Caisse de Retraites .....	148 000	

##### B. Dépenses de fonctionnement:

1. Bâtiments (entretien) .....	200 000	} 830 000
2. Mobilier .....	5 000	
3. Laboratoires et ateliers .....	380 000	
4. Chauffage, eau, énergie électrique .....	95 000	
5. Assurances .....	4 000	
6. Impressions et publications .....	45 000	
7. Frais de bureau .....	48 000	
8. Voyages .....	40 000	
9. Bureau du Comité .....	13 000	

C. *Dépenses d'investissement :*

1. Laboratoires .....	460 000	}	550 000
2. Atelier de mécanique .....	30 000		
3. Atelier d'électronique .....	28 000		
4. Bibliothèque .....	32 000		
D. <i>Frais divers et imprévus</i> .....			168 000
E. <i>Utilisation de monnaies non convertibles</i> .....			145 000
	Total .....		<u>3 507 000</u>

8. Visite du Dépôt des Prototypes métriques

Avant la visite du Dépôt des Prototypes, le Comité s'est rendu à l'Observatoire pour y visiter la nouvelle salle des balances dans laquelle est installée en particulier la balance NBS-2. Cette visite a eu lieu en présence de Mr Malloy, représentant l'Attaché Scientifique auprès de l'Ambassade des États-Unis en France. Au nom du Comité et du Bureau International, le *Président* a demandé à Mr Malloy de transmettre aux autorités américaines ses remerciements pour le don de cette balance, qui permettra d'améliorer encore la précision de la vérification des étalons de masse de tous les pays du monde.

Les membres du Comité se dirigèrent ensuite vers le Dépôt des Prototypes.

*Procès-Verbal*

Le 18 octobre 1972, à 15 h 30, en présence des membres du Comité International des Poids et Mesures et du personnel scientifique du Bureau, il a été procédé à la visite du Dépôt des Prototypes métriques internationaux du Pavillon de Breteuil.

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

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

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

Température actuelle .....	19,5 °C
— maximale .....	23,0
— minimale .....	19,0
État hygrométrique .....	88 %

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

*Le Directeur  
du Bureau,  
J. TERRIEN*

*Le Conservateur  
des Archives de France,  
M. LE MOËL*

*Le Président  
du Comité,  
J. M. OTERO*

9. Système gravimétrique de Potsdam

Mr Terrien rappelle que la 11<sup>e</sup> C.G.P.M. (1960) avait demandé au C.I.P.M. de réviser et corriger le système gravimétrique de Potsdam.

En 1968, le Comité International a adopté une résolution qui fixe à  $1,4 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$  la correction à appliquer au système originel de Potsdam pour obtenir la valeur de  $g$  avec une approximation d'un millionième. Cela avait été décidé en accord avec le Vœu N° 22 adopté en 1967 par l'Association Internationale de Géodésie. Plus récemment, l'Union Géodésique et Géophysique Internationale (Moscou, 1971) a adopté la Résolution N° 11 à la suite d'une étude approfondie des mesures relatives et des mesures absolues les plus récentes. Un « Réseau Gravimétrique International Unifié 1971 » (International Gravity Standardization Net, IGSN-71) a été constitué; il comprend une longue liste des valeurs de  $g$  dans chacune des stations avec une exactitude de  $1 \times 10^{-7}$ . Ce réseau sera surveillé et remis à jour de façon permanente, afin d'y incorporer les mesures nouvelles, relatives ou absolues; on sait en effet qu'il existe sur le globe des lieux où la valeur de  $g$  varie de façon mesurable en quelques années. Ce réseau remplacera complètement le système de Potsdam dont le principe était totalement différent.

Le nouveau système IGSN-71 s'appuie sur des mesures absolues en différents points du globe. La station A du B.I.P.M. est le seul point particulier où les mesures sont les plus précises et où les erreurs systématiques ont été étudiées le plus complètement; c'est un point de vérification des appareils transportables de mesure absolue.

En conséquence, la Résolution 1 (1968) du C.I.P.M. se trouve dépassée; c'est pourquoi le Comité adopte à l'unanimité une nouvelle recommandation (*Recommandation 2* (CI-1972), p. 29).

#### 10. Masses volumiques de l'eau et de l'air

C'est un problème que le C.I.P.M. a déjà abordé dans le passé. Il s'agit de refaire des mesures de la masse volumique de l'eau en utilisant de l'eau ayant une composition isotopique bien connue. Les résultats dont on dispose actuellement sont fort anciens; ils proviennent de mesures faites avec une eau dont la composition ne peut plus être connue. Il serait utile de connaître les laboratoires nationaux susceptibles d'entreprendre de nouvelles mesures absolues. La dilatabilité thermique de l'eau devrait également être à nouveau étudiée.

Mr *Stille* informe le Comité que de telles mesures intéressent la P.T.B., mais qu'il ne peut pas pour l'instant envisager de les entreprendre étant donné qu'aucune augmentation du personnel de son laboratoire n'est prévue en 1973.

Pour Mr *Dunworth*, il importe en premier lieu de bien voir quels sont les besoins dans ce domaine. Il a déjà étudié le problème dans son laboratoire (N.P.L.), mais aucune solution n'a été envisagée.

Mr *Lehany* fait part d'un projet en cours dans son laboratoire (N.S.L.) pour une mesure de la masse volumique de l'eau, en utilisant une sphère de silice. Les travaux s'effectueront en liaison avec les océanographes

et les spécialistes australiens en énergie atomique. Mr *Terrien* met à la disposition du N.S.L., si ce laboratoire le désire, une sphère en silice construite pour le B.I.P.M. il y a quelques années mais dont la forme et les dimensions n'ont pas été mesurées.

Un article de G. Girard et M. Ménaché, qui traite de la question de la masse volumique de l'eau en insistant sur la diversité des tables calculées à partir des expériences de Chappuis et de Thiesen, est remis aux membres du Comité.

Mr *Terrien* souligne que la question voisine de la masse volumique de l'air mériterait également une nouvelle étude. Les mesures de masse deviennent de plus en plus précises, il faut donc connaître avec plus de précision la poussée de l'air. Les mesures faites autrefois par A. Leduc sont publiées dans le Tome XVI (1917) des *Travaux et Mémoires du B.I.P.M.*

A cette occasion, Mr *Terrien* rend hommage aux travaux qui ont été faits jadis au B.I.P.M.; un bon nombre de données dont on se sert encore couramment datent de plus de cinquante ans et l'on n'a pas jugé nécessaire jusqu'ici de refaire les mesures.

## 11. Questions diverses

*Kelvin et degré Celsius.* — Mr *Terrien* transmet au Comité la remarque suivante. Dans les documents du B.I.P.M. il est dit que  $1\text{ K} = 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Certains esprits logiques, trop logiques peut-être, en ont tiré la conclusion que l'on peut toujours remplacer  $^{\circ}\text{C}$  par K; par exemple, lorsqu'on donne une table de températures, ils voudraient qu'on indique la température Celsius en kelvins. Mr *Terrien* pense que cela n'est pas dans les intentions du Comité Consultatif des Unités, ni du C.I.P.M. : en raison des usages, une telle pratique pourrait mener à des confusions. Il faudrait que les éditeurs de journaux scientifiques soient avertis qu'une température Celsius s'exprime toujours en degrés Celsius et non pas en kelvins.

Mr *Stille* souligne que la formulation adoptée dans la Résolution 3 de la 13<sup>e</sup> C.G.P.M. (1967-1968) est assez vague; c'est ce qui conduit à la situation actuelle. C'est seulement l'intervalle de température qui peut être exprimé indifféremment en degrés Celsius ou en kelvins et non pas la température elle-même.

Mr *Terrien* se chargera de clarifier cette question auprès des éditeurs concernés.

*Noms des unités dans les diverses langues.* — Mr *Terrien* signale que le B.I.P.M. a déjà reçu pour information plusieurs traductions de la brochure « Le Système International d'Unités (SI) », en particulier en langue espagnole. En relation avec la Recommandation U 1 (1971) du Comité Consultatif des Unités, plusieurs personnalités se sont inquiétées de ce que, dans la langue espagnole, il ne semble pas y avoir accord

sur la traduction des noms de certaines unités; on rencontre par exemple *voltio* pour volt. Il ne semble pas logique que les noms des unités qui étaient à l'origine des noms propres soient modifiés d'une langue à l'autre; il se peut que la prononciation soit différente, mais la transcription ne devrait pas changer.

Mr *Otero* répond que cette question a été discutée par l'Académie des Sciences d'Espagne. Sa conclusion a été que pour tous les noms qui seraient introduits à l'avenir on veillerait à ce qu'ils ne soient pas modifiés, mais que pour les noms en usage depuis longtemps il serait extrêmement difficile de rectifier ceux qui sont consacrés par la tradition populaire.

*Date de la 62<sup>e</sup> session du C.I.P.M.* — Le C.I.P.M. tiendra sa 62<sup>e</sup> session au Pavillon de Breteuil les 2, 3 et 4 octobre 1973.

\*  
\* \*

Le *Président* remercie les membres du Comité International de leur coopération qui a permis d'achever les travaux prévus en deux jours seulement. Mr *Lehany*, au nom de l'ensemble des membres, félicite le Président et le remercie de la façon courtoise et efficace avec laquelle il a dirigé les débats de cette 61<sup>e</sup> session du C.I.P.M.

#### Recommandations adoptées par le C.I.P.M. à sa 61<sup>e</sup> session

Efficacités lumineuses relatives spectrales en vision photopique [ $V(\lambda)$ ]

##### RECOMMANDATION 1 (CI-1972)

*Le Comité International des Poids et Mesures,*

RECONNAISSANT l'autorité de la Commission Internationale de l'Éclairage (C.I.E.) dans la définition des grandeurs photométriques,

AYANT PRIS CONNAISSANCE de la table adoptée par la C.I.E. en 1971 donnant les valeurs des efficacités lumineuses relatives spectrales en vision photopique  $V(\lambda)$  à des longueurs d'onde échelonnées de 1 nm entre 360 et 830 nm avec leurs modalités d'emploi, et constaté que ces valeurs sont un perfectionnement des valeurs de 10 en 10 nm adoptées en 1933 par le Comité International des Poids et Mesures et antérieurement en 1924 par la C.I.E.,

RECOMMANDE l'emploi de cette nouvelle table  $V(\lambda)$  [voir Annexe 1 p. 145].

Réseau Gravimétrique International Unifié 1971 (IGSN-71)

##### RECOMMANDATION 2 (CI-1972)

*Le Comité International des Poids et Mesures,*

CONSIDÉRANT la Résolution 11 de la Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures (1960) et la Résolution 1 (1968) du Comité International des Poids et Mesures relatives au Système gravimétrique de Potsdam,

AYANT PRIS CONNAISSANCE de la Résolution N° 11 adoptée en 1971 par l'Union Géodésique et Géophysique Internationale (U.G.G.I.) qui recommande l'adoption d'un « Réseau Gravimétrique International Unifié 1971 » (International Gravity Standardization Net 1971 [IGSN-71]), résultant d'une compensation d'un grand nombre de mesures relatives et absolues de l'accélération due à la pesanteur  $g$  en divers lieux du globe terrestre,

AYANT CONSTATÉ que les valeurs de  $g$  de ce réseau sont un perfectionnement des valeurs fondées sur l'ancien Système gravimétrique de Potsdam,

RECOMMANDE que les valeurs de  $g$  données dans le réseau IGSN-71 de l'U.G.G.I. et ses mises à jour ultérieures soient employées pour les besoins métrologiques.

---

# RAPPORT DU DIRECTEUR

## SUR L'ACTIVITÉ ET LA GESTION DU BUREAU INTERNATIONAL

(1<sup>er</sup> octobre 1971 — 1<sup>er</sup> octobre 1972)

---

### I. — PERSONNEL

#### *Remarques générales*

Il y a peu de changement dans le personnel du B.I.P.M. Le recrutement espéré d'un physicien supplémentaire de niveau élevé est retardé malgré les recherches du directeur et de plusieurs membres du Comité; il faut tenir compte aussi de l'élévation du niveau des salaires, qui oblige à ralentir l'accroissement prévu de l'effectif du personnel (actuellement d'environ 50 personnes) afin de ne pas dépasser les possibilités budgétaires.

Th. WITT, qui a été engagé comme physicien le 1<sup>er</sup> juillet 1971 et était resté en stage au N.B.S. pour préparer les expériences sur l'effet Josephson qu'il doit entreprendre au B.I.P.M., est arrivé le 1<sup>er</sup> avril 1972.

J.-M. CHARTIER, précédemment technicien principal, a été promu au grade de métrologiste le 1<sup>er</sup> janvier 1972.

#### *Engagements*

Daniel AVRONS a été engagé comme technicien électronique le 1<sup>er</sup> janvier 1972.

Fernando PEREZ a été engagé à titre d'essai le 1<sup>er</sup> février 1972 et à titre définitif, à partir d'octobre 1972, comme mécanicien-électricien.

#### *Départs*

R. HANOCQ, mécanicien principal, s'est retiré le 30 juin 1972, pour prendre sa retraite, 46 ans après son entrée au B.I.P.M. Son travail était toujours remarquable par sa perfection; aussi lui confiait-on les tâches les plus délicates: polissage de métaux, tracé de traits sur des étalons de longueur, ajustage et polissage des étalons de masse en platine iridié et en acier inoxydable, entretien et réglage des balances de précision, etc. Il avait gagné la sympathie et l'estime de tous.

J. FOURNIER, technicien principal, a quitté son emploi sur sa demande le 31 janvier 1972.

## II. — BÂTIMENTS

### *Observatoire*

Les batteries d'accumulateurs, installées dans un local à l'entrée des combles, avaient cessé d'être utilisées pour les mesures photométriques où l'on emploie maintenant des alimentations stabilisées. Ces batteries ont été enlevées et le local a été divisé en deux pièces : l'une, d'une superficie de 7 m<sup>2</sup>, a été aménagée et équipée pour la préparation des circuits imprimés ; l'autre, de 11 m<sup>2</sup>, sera utilisée suivant les besoins.

### *Grand Pavillon*

La troisième et dernière partie du ravalement des façades, commencé en 1970 et poursuivi en 1971, a été exécutée d'avril à juillet 1972 sur la partie centrale de la façade donnant sur le jardin fleuriste, et sur les faces latérales de la partie supérieure du bâtiment. Le procédé adopté a été décrit dans le Rapport de 1970.

Sur la façade donnant sur le jardin fleuriste, on a aussi remplacé la gouttière de la partie circulaire au nord, et réparé au plâtre la corniche du fronton.

### *Chauffage*

La chaufferie commune au Grand et au Petit Pavillon fonctionne au gaz depuis l'automne 1970.

Ce mode de chauffage ayant donné toute satisfaction par sa souplesse et sa propreté, la décision a été prise de substituer le gaz au charbon dans les chaufferies de l'Observatoire et du Laboratoire des Rayonnements Ionisants.

Après des pourparlers avec Gaz de France, cette entreprise de distribution a accepté de prendre à sa charge le remplacement, depuis la Grande Rue de Sèvres jusqu'au milieu de la cour, de l'ancienne canalisation d'amenée de gaz, insuffisante, par une nouvelle canalisation de 150 mm de diamètre correspondant à l'augmentation prévisible de la consommation de gaz.

Les travaux dont le financement incombe au Bureau International sont les suivants :

— prolongement de la canalisation précitée, sur une longueur de 140 m, à l'intérieur du domaine du Pavillon de Breteuil jusqu'au bâtiment principal des Rayonnements Ionisants ;

— pose de deux branchements, l'un vers ce bâtiment, l'autre vers l'Observatoire ;

— dans la chaufferie de l'Observatoire : remplacement des trois chaudières existantes, de puissances différentes, dont l'une était du reste hors d'usage, par deux chaudières identiques adaptées au gaz, avec le maintien des deux circuits de chauffage indépendants, l'un pour les salles de mesure, l'autre pour les bureaux ;

— dans la chaufferie du bâtiment principal des Rayonnements Ionisants : adaptation des deux chaudières en service par la pose de brûleurs à gaz ;

— installation dans ces deux chaufferies des dispositifs réglementaires de sécurité pour le chauffage au gaz.

Ces travaux, commencés en juin 1972, ont été terminés en septembre 1972.

### III. — INSTRUMENTS ET TRAVAUX

#### Remarques générales

Les travaux ont été poursuivis normalement et avec succès dans tous les domaines; ces travaux sont surtout des comparaisons et certifications d'étalons, ou des perfectionnements destinés à améliorer l'exactitude des mesures.

— Plusieurs étalons de longueur à traits et à bouts ont été mesurés; le nouvel interféromètre Tsugami pour calibres à bouts plans jusqu'à 0,25 m donne de bons résultats.

— Les radiations de lasers stabilisés par absorption saturée sont appelées à jouer un rôle important; on a confirmé l'absence d'erreur systématique sur la longueur d'onde de la raie infrarouge du méthane qui a servi à une détermination beaucoup plus exacte de  $c$ , vitesse de la lumière, au N.B.S. (Boulder). On étudie les possibilités offertes par des raies d'absorption de l'iode, situées dans le visible.

— Les balances ont été remises en état de marche après la transformation des locaux, et les pesées sont faites maintenant avec une meilleure stabilité thermique et mécanique; la nouvelle balance donnée par le N.B.S. pourra montrer toutes ses qualités.

— Il est maintenant prouvé par nos mesures absolues que l'accélération due à la pesanteur subit des variations lentes superposées aux marées théoriques connues.

— L'étude pyrométrique des différences  $t - t_{68}$  entre 630 °C et 1 064 °C continue.

— Les mesures de force électromotrice ont été transférées dans la salle 4 aménagée à cet effet, avec plusieurs améliorations; l'équipement nécessaire à la mise en œuvre de l'effet Josephson progresse. Les certifications et comparaisons d'étalons électriques sont nombreuses, soit pour divers pays, soit pour les laboratoires qui cherchent la plus haute précision dans la mesure de la constante physique  $2e/h$  par effet Josephson.

— On a contrôlé et cherché à préciser la relation entre l'exposition du rayonnement  $\gamma$  et l'activité du cobalt 60; des études préliminaires préparent des mesures comparatives de dose absorbée. Des étalons d'activité de  $^{60}\text{Co}$  sous forme de sources solides ont été distribués en réponse aux demandes suscitées par une large enquête du B.I.P.M.; on améliore la mesure de ces étalons et les théories statistiques applicables à ce genre de mesures. Les mesures d'étalons d'énergie  $\alpha$  continuent; la préparation de sources émettrices convenables est importante; des progrès seront possibles avec un évaporateur donné par le Centre de Spectrométrie Nucléaire, Orsay. Des mesures comparatives portant sur des neutrons monocinétiques de diverses énergies seront organisées, et le B.I.P.M. s'y prépare notamment par un aménagement diminuant la diffusion par le sol.

— Afin d'étendre les possibilités de notre ordinateur I.B.M. 1130, nous l'avons équipé d'un canal pour l'entrée et la sortie de données à faible débit (maximum 10 000 caractères par seconde). Ce canal sera utilisé pour la lecture de bandes magnétiques (en cassettes) enregistrées dans nos salles de mesures. Il pourra également être utilisé pour l'enregistrement de telles bandes.

— Le dispositif de conditionnement d'air de la salle de l'ordinateur, devenu insuffisant en raison notamment de l'accroissement des durées de fonctionnement, a été remplacé par un climatiseur plus puissant.

Dans l'exposé qui suit, les noms de ceux qui ont pris une part prépondérante aux travaux décrits sont cités entre parenthèses. L'astérisque (\*) placé après un nom signale une personne qui ne fait pas partie du personnel permanent du Bureau International: physiciens ayant effectué un stage au Bureau, membres du groupe de Recherche de Dosimétrie (Paris) qui travaillent au Bureau International conformément à l'arrangement conclu avec le Ministère français des Affaires Sociales (*Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 32, 1964, p. 14).

## Longueurs

### Comparateur photoélectrique et interférentiel

Le comparateur photoélectrique et interférentiel a été utilisé de façon pratiquement permanente pour l'étalonnage et la détermination des équations de règles divisées ainsi que pour la mesure d'étalons à bouts de grande longueur: calibres de plus de 250 mm et étalons spéciaux pour la mesure de l'accélération due à la pesanteur. De brèves interruptions d'emploi ont toutefois été nécessaires pour assurer l'entretien de l'installation: conditionnement d'air, mécanisme de levage de la porte du caisson étanche, polissage du revêtement intérieur en aluminium de ce caisson, ajustage des résistances des lignes de mesure pour le thermomètre à résistance de platine. Nous avons également pu effectuer une rapide comparaison entre les résultats fournis par le dispositif de comptage de franges installé sur le comparateur et ceux fournis par un ensemble commercial (Hewlett-Packard). Une concordance de  $3 \times 10^{-8}$  a été obtenue.

### Étalons à traits (J. Hamon, P. Carré)

Au moyen du comparateur photoélectrique nous avons étudié les étalons suivants:

#### *Mètre prototype N° 2 (Suisse)*

Douze séries de mesures ont été effectuées sur ce prototype en platine iridié, retracé en 1971. Le résultat obtenu en 1972 est:

$$N^{\circ} 2 = 1 \text{ m} + 0,05 \text{ } \mu\text{m} \text{ à } 20 \text{ }^{\circ}\text{C} \text{ (E.I.P.T.-1968)}.$$

#### *Règles divisées*

— Règle N° 16094 de 0,2 m en acier nickelé (B.I.P.M.), divisée en millimètres, le premier millimètre divisé en dixièmes de millimètre, le dernier centimètre divisé en demi-millimètres: étalonnage de toutes les subdivisions et équation de l'intervalle principal.

— Règle N° 15481 de 1 m en acier à 58 % Ni (Irlande): étalonnage des décimètres, des centimètres du premier et du dernier décimètres, des millimètres du premier et du dernier centimètres, des dixièmes de

millimètre des deux millimètres supplémentaires et du millimètre 914-915; équations de l'intervalle principal et des millimètres supplémentaires.

— Règle N° OY 2222 de 1 m en acier à 58 % Ni (Afrique du Sud): coefficient de dilatation, équation de l'intervalle principal, étalonnage des décimètres.

— Règle N° 4002 de 0,4 m en acier (Japon): équation de l'intervalle principal et étalonnage des décimètres.

— Règle N° 10230 en invar (Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire); l'équation obtenue est:

$$N^{\circ} 10230 = 1 \text{ m} + 1 \text{ 111 nm à } 20 \text{ }^{\circ}\text{C (écart-type 18 nm)}.$$

Une mesure antérieure (1968) avait donné la valeur:

$$1 \text{ m} + 1 \text{ 168 nm à } 20 \text{ }^{\circ}\text{C (écart-type 26 nm)}.$$

— Règle N° 887 en acier (République Argentine): coefficient de dilatation, étalonnage des décimètres, des centimètres du premier et du dernier décimètres et des millimètres du premier et du dernier centimètres; équation de l'intervalle principal.

— Règle N° 12924 en acier nickelé (B.I.P.M.): équation d'un intervalle de 788 mm (distance entre les traits 212 et 1000) en vue de la détermination des longueurs de deux nouveaux étalons de référence pour la mesure de l'accélération due à la pesanteur.

— Régllette échantillon de 50 mm en acier nickelé (Société Genevoise d'Instruments de Physique). Cette régllette, tracée par un nouveau procédé (traits « vibrés ») sur une surface remarquablement plane nous a été confiée par la S.I.P. pour examen. La définition des traits examinés au microscope visuel paraît excellente: bords bien nets et bien parallèles; avec les microscopes photoélectriques ils donnent un signal presque triangulaire. On a déterminé l'équation de l'intervalle principal et effectué l'étalonnage des traits de 5 en 5 mm dans les deux positions de la régllette et avec les deux microscopes. Les résultats sont satisfaisants, mais nous n'avons pas trouvé de méthode simple permettant de comparer directement les qualités métrologiques de ce nouveau type de tracé et celles de tracés plus anciens.

#### Étalons à bouts

*Interféromètre Tsugami pour la mesure des calibres à bouts plans* (J. Hamon)

L'appareil utilisé au B.I.P.M. pour la mesure interférentielle des calibres jusqu'à 100 mm de longueur était un interféromètre à franges de Fizeau construit en 1923 par la Société Jobin et Yvon d'après les plans de A. Pérard. Cet excellent appareil a été en usage constant depuis son installation. Cependant, depuis quelques années, nous envisagions la construction d'un nouvel instrument que nous désirions être du type Michelson, pouvant mesurer jusqu'à 300 mm, et avec un réfractomètre incorporé. La Société japonaise Tsugami fabrique un interféromètre possédant à très peu près ces trois caractéristiques et qui, de plus, a fait ses preuves au National Research Laboratory of Metrology (Tokyo), où il a été conçu. Grâce à la compréhension et à l'aide du Gouvernement japonais et du fabricant lui-même, le B.I.P.M. a pu acquérir cet interféromètre qui, après essai, nous paraît répondre parfaitement à ce que nous en attendions.

Dans cet appareil, on peut mesurer directement des calibres jusqu'à 250 mm de longueur; neuf calibres peuvent éventuellement être placés verticalement sur un même plateau rotatif horizontal.

Pour déterminer l'indice de réfraction de l'air, on utilise un tube cylindrique de 200 mm de longueur, vide d'air, fermé à ses extrémités par deux glaces plan-parallèles largement débordantes; le tube est placé sur le plateau rotatif à côté des calibres; l'interféromètre permet de comparer les trajets optiques dans le vide et dans l'air entre les glaces terminales.

L'appareil est livré avec deux sources de lumière : une lampe à cadmium naturel et une lampe à mercure 198 sans électrodes refroidie par circulation d'eau. Un monochromateur à réseau permet d'isoler la radiation désirée.

La température des calibres est mesurée au moyen d'un thermomètre à mercure gradué en centièmes de kelvin et de thermocouples.

Quatre calibres en acier de 25, 50, 75 et 100 mm appartenant au B.I.P.M. ont été mesurés systématiquement, à titre d'essai, dans cet interféromètre Tsugami et dans notre ancien interféromètre à franges de Fizeau. Dans une première série de mesures (a), les calibres de 25 et 50 mm furent successivement mis en adhérence sur un plan de quartz « Precision Tsugami Works » (P.T.W.), ceux de 75 et 100 mm sur un plan d'acier P.T.W.; dans une seconde série de mesures (b) les quatre calibres furent mis successivement en adhérence sur un plan d'acier Johansson (C.E.J.). L'ensemble plan-calibre en adhérence était transféré d'un interféromètre à l'autre. L'écart-type de la valeur moyenne d'un calibre dans chacun des interféromètres est d'environ 0,005  $\mu\text{m}$ . Les différences observées sont :

Calibre	$\Delta$ (Tsugami—Fizeau)	
	(a)	(b)
25 mm	— 0,004 $\mu\text{m}$	+ 0,008 $\mu\text{m}$
50	— 18	+ 8
75	— 11	+ 4
100	— 6	+ 3
Moyenne . . . . .	— 0,010 $\mu\text{m}$	+ 0,006 $\mu\text{m}$

Calibre	$\Delta' [(a) - (b)]$	
	Tsugami	Fizeau
25 mm	— 0,031 $\mu\text{m}$	— 0,019 $\mu\text{m}$
50	— 51	— 25
75	— 22	— 7
100	— 45	— 36
Moyenne . . . . .	— 0,037 $\mu\text{m}$	— 0,022 $\mu\text{m}$

Malgré leur allure systématique, les différences  $\Delta$  entre les mesures effectuées au moyen des deux interféromètres ne peuvent pas être considérées comme significatives. En revanche, les calibres paraissent systématiquement plus courts lorsqu'ils sont en adhérence sur les plans P.T.W. que lorsqu'ils le sont sur un ancien plan C.E.J., et cela malgré les corrections de perte de phase. Il est probable que l'adhérence est meilleure

sur les plans P.T.W. dont l'état de surface est plus fin si l'on en juge par leur aspect plus brillant; la moyenne des  $\Delta'$  ( $- 0,03 \mu\text{m}$ ) paraît néanmoins un peu forte.

Un calibre de 250 mm appartenant au B.I.P.M. a ensuite été mesuré en position verticale dans l'interféromètre Tsugami et en position horizontale dans le comparateur photoélectrique. On a obtenu :

Comparateur photoélectrique

(calibre en position horizontale):  $250 \text{ mm} + 0,088 \mu\text{m} \pm 0,002 \mu\text{m}$

Interféromètre Tsugami

(calibre en position verticale):  $250 \text{ mm} + 0,074 \mu\text{m} \pm 0,017 \mu\text{m}$ .

En appliquant la correction de compression, la valeur mesurée à l'interféromètre Tsugami devient :  $250 \text{ mm} + 0,086 \mu\text{m}$ . L'accord est excellent.

*Étalons spéciaux pour la mesure de l'accélération due à la pesanteur* (J. Hamon, P. Carré)

Nous avons étudié deux nouveaux étalons en silice fondue de 813 mm (N° 3) et 763 mm (N° 4) environ, semblables à ceux qui sont déjà en service et qui ont été précédemment décrits (Rapport 1967, p. 36). Une première détermination approchée de leur longueur a été faite dans l'air à la pression atmosphérique, au moyen du comparateur photoélectrique, par comparaison à l'intervalle 212-1000 de la règle 12924 préalablement mesuré; une détermination plus précise a été obtenue au moyen de mesures interférentielles directes dans le même appareil.

Les étalons ont ensuite été mesurés sous vide, dans l'interféromètre de Michelson, avec la radiation étalon primaire et avec celle d'un laser à hélium-néon stabilisé et étalonné. Pour calculer la partie entière de l'ordre d'interférence nous avons admis pour la silice un coefficient de compressibilité linéique de  $8,94 \times 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^2$ . Les résultats ont été les suivants :

		N° 3	N° 4
Comparateur photoélectrique ( <i>p</i> atmosphérique)	par comparaison à la règle N° 12924	812 660,700 $\mu\text{m}$	763 110,972 $\mu\text{m}$
	par mesure interférentielle	0,687	0,947
Interféromètre de Michelson (vide)		1,388	1,600

Pour rétablir la concordance parfaite des résultats, il suffirait d'admettre comme coefficients de compressibilité linéique les valeurs  $8,51 \times 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^2$  pour l'étalon N° 3 et  $8,44 \times 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^2$  pour l'étalon N° 4.

*Études courantes* (J. Hamon)

— Huit calibres à bouts plans en acier (Norvège) ont été mesurés. Cinq d'entre eux (125, 150, 175, 200 et 250 mm) ont été mesurés à l'aide de l'interféromètre Tsugami. Les trois autres (300, 400 et 500 mm) dépassaient les possibilités de cet appareil; ils ont été mesurés à l'aide du comparateur photoélectrique ainsi que le calibre de 250 mm à titre de contrôle; pour ce dernier on a obtenu :

Comparateur photoélectrique :  $250 \text{ mm} - 0,02 \mu\text{m}$  (écart-type  $0,002 \mu\text{m}$ );

Interféromètre Tsugami :  $250 \text{ mm} - 0,05 \mu\text{m}$  (écart-type  $0,014 \mu\text{m}$ ).

(Ce dernier résultat tient compte de la correction de compressibilité.)

— Un calibre de 1 m (Urad pro Normalizaci, Prague) a été mesuré au moyen du comparateur photoélectrique.

**Base géodésique** (F. Lesueur, C. Garreau, G. Girard)

#### *Fils et rubans géodésiques*

Un ruban de 50 m a été étudié pour l'Afrique du Sud.

Pour l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (C.E.R.N.) nous avons déterminé la dilatabilité de dix longueurs de 24 m prélevées sur 50 kg de fil géodésique préalablement soumis au traitement thermique habituel de stabilisation.

#### *Livraison d'invar géodésique*

Les commandes de grandes longueurs de fil géodésique sont toujours très nombreuses. En conséquence, nous avons effectué l'étuvage de 200 kg d'invar, constituant la 27<sup>e</sup> livraison. Une douzaine de déterminations de coefficient de dilatation ont été nécessaires au cours de cette opération.

#### **Interférométrie**

*Laser à  $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$  asservi sur une raie d'absorption saturée du méthane* (J. Hamon, P. Giacomo)

Quelques mesures supplémentaires de cette longueur d'onde ont encore été faites; elles ne modifient pas le résultat moyen déjà publié (Rapport 1971, p. 33).

Une mesure analogue, effectuée au N.B.S. (Boulder) au moyen d'un interféromètre de Perot-Fabry, conduit à un résultat supérieur au nôtre de  $1,2 \times 10^{-8}$ . Cette différence, qui dépasse légèrement les incertitudes expérimentales, semble pouvoir être attribuée à la dissymétrie du profil spectral de la radiation étalon primaire. L'influence de cette dissymétrie est connue dans le cas des mesures à l'interféromètre de Michelson. Nous avons calculé cette influence sur les mesures avec un interféromètre de Perot-Fabry; le signe et l'ordre de grandeur de la différence sont bien conformes à ce que l'on peut prévoir. Des mesures complémentaires sur l'interféromètre utilisé au N.B.S. sont nécessaires pour une évaluation plus précise de cette différence.

*Laser à  $\lambda = 633 \text{ nm}$  asservi sur une raie d'absorption saturée de l'iode* (P. Giacomo, J.-M. Chartier)

L'étude se poursuit en vue de construire des lasers de ce type, surtout afin de nous familiariser avec les problèmes posés par ce genre de sources.

Sur l'un des lasers à hélium-néon construits au B.I.P.M., nous avons d'abord essayé un asservissement sur le « Lamb-dip » d'émission à  $\lambda = 633 \text{ nm}$ . Cet asservissement a fonctionné correctement.

Nous avons ensuite adapté nos montures de cavités laser pour pouvoir y introduire une cellule à absorption contenant de la vapeur saturante d'iode; la pression de l'iode est réglable par la méthode du point froid.

Grâce à une cellule prêtée par le N.P.L. (MM. Rowley et Wallard), nous avons pu observer l'absorption saturée de l'iode 127 (*fig. 1*). Cela nous a permis d'étudier l'influence de nombreux paramètres sur le rapport

signal/bruit : type de tube laser: (Jodon, type CE-16.7-1.5; Spectra-Physics, type 119; C. W. Radiations, type CW 300), conditions d'excitation, pression d'iode, modulation de la longueur de la cavité, chaîne de détection synchrone, vibrations mécaniques et acoustiques.

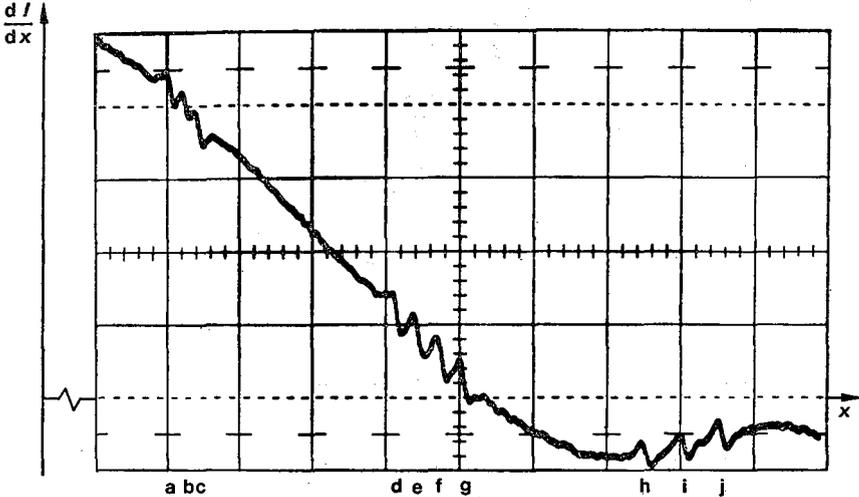


Fig. 1. — Absorption saturée de l'iode dans un laser ( $\lambda = 633 \text{ nm}$ ).

La longueur  $x$  de la cavité varie lentement; elle est en outre modulée à 520 Hz avec une très faible amplitude.

Le signal obtenu par détection synchrone est proportionnel à la dérivée  $\frac{dI}{dx}$  de l'intensité  $I$  émise par le laser par rapport à la longueur  $x$  de la cavité. On distingue les crochets caractéristiques correspondant à dix composantes de structure hyperfine de la raie d'absorption de l'iode.

En utilisant des tubes en silice fournis par la Société OPTRO (Londres), nous avons construit une cuve à iode puis mis au point une technique de remplissage et nous avons pu observer l'absorption saturée.

Des essais d'asservissement devraient pouvoir être entrepris dans les prochains mois.

#### Lampe à mercure 198 de l'interféromètre Tsugami (J. Hamon)

L'interféromètre Tsugami comprend ses propres sources monochromatiques: une lampe à cadmium naturel et une lampe à mercure 198 sans électrodes (General Electric Co.) refroidie à l'eau et contenant 2 mg de  $^{198}\text{Hg}$  avec de l'argon sous une pression de  $400 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$  (3 mmHg). Nous avons mesuré à l'interféromètre de Michelson les longueurs d'onde dans le vide de quatre radiations de la lampe à mercure 198 (la seule que nous utilisons avec l'interféromètre Tsugami) par comparaison à celle de la radiation étalon primaire du krypton 86; nous avons obtenu :

0,579 226 850  $\mu\text{m}$   
0,577 119 856  
0,546 227 082  
0,435 956 249

avec une incertitude estimée à quelques unités du dernier chiffre inscrit.

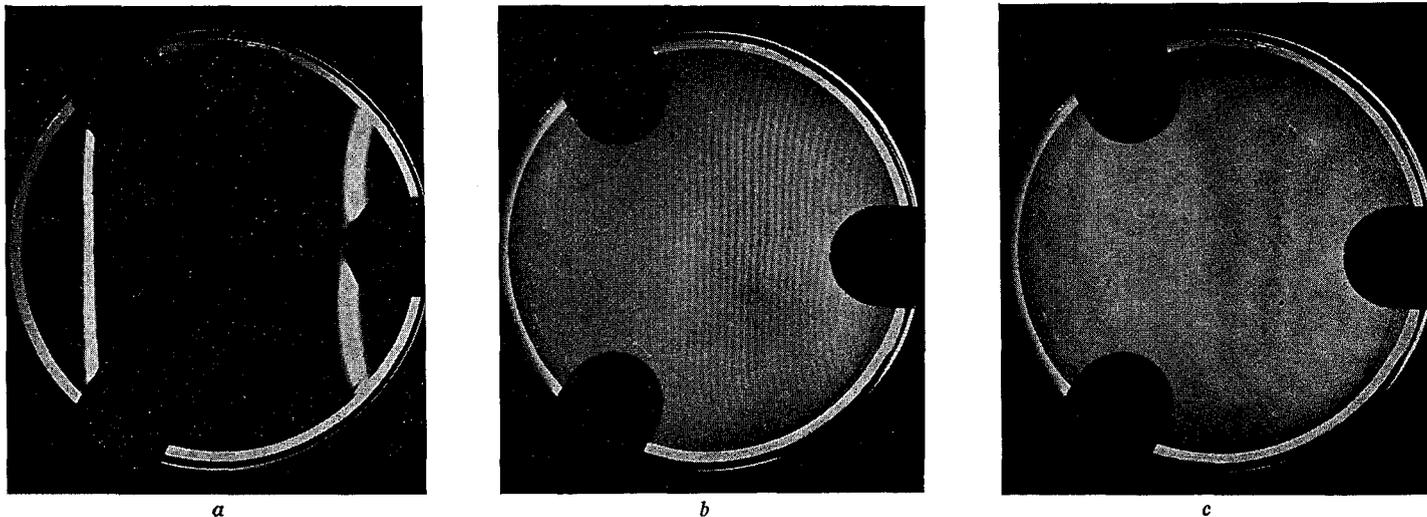


Fig. 2. — Étude de la planéité d'une paire de miroirs.

- a) Franges à  $\lambda/2$  obtenues avec la radiation verte du mercure.
- b) Franges à  $\lambda/66$  environ; même réglage qu'en a; spectre cannelé fourni par un étalon de Perot-Fabry auxiliaire.
- c) Mêmes franges qu'en b après réglage du parallélisme; les défauts de l'ordre de  $\lambda/50$  deviennent parfaitement évidents.

*Étude de la planéité de miroirs* (J. Hamon, P. Giacomo)

L'interférométrie exige des tolérances de plus en plus sévères sur la planéité des surfaces optiques. Or, il est difficile d'étudier la topographie de surfaces dont les défauts de planéité sont de l'ordre de  $\lambda/50$  par exemple en observant les franges du coin d'air dont l'interfrange est  $\lambda/2$  (fig. 2a).

En nous inspirant d'une méthode décrite par D. R. Herriot (*J.O.S.A.*, 51, N° 10, 1961, p. 1142-1145), nous avons essayé trois méthodes voisines permettant d'observer des franges dont l'interfrange peut être rendu aussi petit que  $\lambda/100$ ; ces méthodes permettent d'examiner rapidement et finement la topographie du coin d'air entre deux surfaces prétendues planes.

Le principe de ces méthodes est le suivant. On constitue avec les deux lames à étudier, préalablement argentées avec un facteur de réflexion  $\rho$  élevé (0,97 ou 0,98), un coin d'air de faible épaisseur par interposition de trois cales (nous utilisons du mylar d'épaisseur  $e \approx 10 \mu\text{m}$ ). En lumière monochromatique, les franges du coin d'air sont très fines par rapport à l'interfrange ( finesse  $N = \frac{\pi\sqrt{e}}{1-\rho}$  de l'ordre de 50 à 100 ). On éclaire ce coin d'air avec une source de lumière blanche convenablement filtrée. Le filtre doit fournir un spectre cannelé, limité à une bande spectrale  $\Delta\lambda$  (de l'ordre de 10 nm pour  $e$  de l'ordre de 10  $\mu\text{m}$ ) contenant  $k$  cannelures;  $k$  peut être compris utilement entre 10 et 50. Les longueurs d'onde correspondant aux différentes cannelures du spectre forment plusieurs systèmes de franges du coin d'air, légèrement décalés les uns par rapport aux autres (fig. 2b et c). On choisit  $\Delta\lambda$  de telle façon que les franges intermédiaires remplissent à peu près l'intervalle entre deux franges monochromatiques

$$\left( \Delta\lambda \approx \frac{\lambda^2}{2e} \right);$$

le nombre  $k$  de franges intermédiaires que l'on peut juxtaposer dans l'intervalle est limité seulement par la finesse:  $k < N/2$ .

Le filtrage nécessaire est obtenu simplement à l'aide d'un filtre interférentiel ( $\Delta\lambda$ ) et d'un interféromètre auxiliaire (spectre cannelé). On a pu utiliser indifféremment comme interféromètre auxiliaire un Michelson, un Perot-Fabry ou un interféromètre à polarisation. Les montages sont simples. Il faut seulement prendre garde aux défauts inévitables de l'interféromètre auxiliaire lui-même (défauts de planéité et de parallélisme des miroirs, effets d'inclinaison) qui demandent une étude soignée de la conjugaison des étendues géométriques. L'interféromètre à polarisation à champ compensé (deux lames de quartz parallèles à l'axe, croisées, séparées par une lame demi-onde à 45°, entre polariseur et analyseur) fournit une étendue géométrique suffisamment surabondante pour que les effets parasites (variations de longueur d'onde dans l'étendue utile) puissent être rendus négligeables; il est simple et parfaitement stable, mais il ne permet pas le réglage de l'espacement des franges intermédiaires dont on dispose avec les interféromètres de Michelson ou de Perot-Fabry.

**Masses** (G. Girard)

Un important travail de remise en état de marche des balances a été effectué.

En octobre 1971, toutes les balances avaient été mises à leur empla-

cement définitif après achèvement des transformations et aménagements des salles 5 et 105 (voir Rapport 1970, p. 31 et 43) mais n'étaient pas en mesure de fonctionner.

Pour répondre à des besoins devenus urgents en raison de l'interruption des mesures de masses depuis mars 1970, nous avons d'abord remis en service les balances de portée égale ou inférieure à 50 g (balances Rueprecht de 50 g et 20 g, balance Stanton de 2 g). Les autres balances Stanton (10 kg et hydrostatique) et Rueprecht (1 kg et 200 g) ont été ensuite remises en ordre de marche.

Nous avons en outre installé la balance NBS-2 à son emplacement définitif.

### *Balances Rueprecht*

Avant le remontage et le réglage des quatre balances Rueprecht (1 kg, 200 g, 50 g et 20 g) les miroirs, les prismes et les lunettes ont été nettoyés; on a constaté à cette occasion sur la balance de 1 kg que les plans croisés des suspensions étaient très fortement rayés.

Les tringles de commande des balances de 1 kg et 200 g étant plus courtes dans la nouvelle installation (2,3 m au lieu de 4 m), on a changé les échelles graduées en verre et on en a profité pour remplacer celles des deux autres balances par des échelles de meilleure qualité. Les balances de 1 kg et 200 g ont été placées sur des cales isolantes en « céloron ».

La masse des surcharges permettant d'étalonner les divisions des échelles des balances de 1 kg et 200 g a été déterminée.

La protection thermique de la balance de 1 kg a été remise en place et son dispositif de levage à contreponds a été modifié.

Afin de contrôler le bon fonctionnement de deux de ces balances, on a comparé quatre ou six masses de même valeur nominale dans toutes les combinaisons possibles. On en a déduit les valeurs suivantes pour l'écart-type d'une pesée :

$$\text{Balance de } \left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ kg} : 12 \text{ } \mu\text{g} \\ 20 \text{ g} : 2,5 \end{array} \right.$$

### *Balances Stanton*

*Balance de portée 2 g.* — Cette balance a été remise en état de marche sans difficultés et les pesées ont pu reprendre rapidement.

L'écart-type d'une pesée pour une charge de 100 mg est de 0,5  $\mu\text{g}$ .

*Balance de portée 10 kg.* — De construction robuste, cette balance n'a pas nécessité de réglages particuliers. Le prisme de renvoi a été placé à l'intérieur de la balance, au-dessus du miroir du fléau, et tourné de 90° afin que l'on puisse faire les lectures latéralement. Une ouverture a été pratiquée à cet effet dans le côté gauche de la cage de la balance. Le support du projecteur et de l'échelle, situés à 3,7 m de la balance, a été complètement modifié.

Les valeurs des surcharges de 10 mg ont été déterminées.

*Balance hydrostatique de 1 kg.* — Cette balance, son pupitre de commande et le support du projecteur et de l'échelle reposent maintenant directement sur des piliers. La stabilité mécanique est meilleure que dans l'installation antérieure où cet ensemble était placé sur des équerres fixées les unes au mur, les autres à un pilier.

On a procédé à un nouveau réglage du mécanisme d'échange des masses, côté gauche, qui fonctionnait par à-coups. Le miroir du fléau a été réaluminé.

L'équilibre thermique de cette balance a été amélioré au moyen de plaques de polystyrène expansé et de feuilles minces d'aluminium disposées tout autour de sa cage vitrée.

La valeur des surcharges de 3 mg de cette balance a aussi été déterminée.

Les comparaisons entre eux de quatre Kilogrammes en acier inoxydable, de volumes assez voisins, ont permis de vérifier le bon fonctionnement de cet instrument. L'écart-type d'une pesée a été de 15  $\mu$ g.

#### *Balance NBS-2*

L'installation définitive de cette balance, dont une description a déjà été publiée <sup>(1)</sup>, a été quelque peu retardée en raison de la priorité donnée à la remise en état de marche des autres balances.

La disposition des accessoires extérieurs de cette balance a été partiellement modifiée par rapport à la disposition initiale.

Le pupitre de commande et la lunette d'observation, disposés à l'extérieur de la cabine aménagée dans la salle 105, sont reportés à 2 m du fléau. L'échelle divisée sur 50 cm et son éclairage ont été dissociés et mis sur deux supports scellés au mur, au ras de la cloison, ce qui a nécessité la fixation au mur d'un miroir supplémentaire de renvoi. Des supports rigides et stables ont été construits pour ce miroir et pour celui qui est situé entre la balance et la lunette d'observation.

Le fléau, dont la commande manuelle était fixée auparavant sur le socle de la balance, est manœuvré maintenant par l'intermédiaire d'un moteur situé dans le pupitre de commande.

Des cales isolantes de 5 cm de hauteur, en « céloron » ont été placées sous la balance.

Nous avons commencé une importante série de pesées pour contrôler le bon fonctionnement de cette balance installée maintenant à son emplacement définitif.

#### *Kilogrammes prototypes*

Les Kilogrammes en platine iridié N° 53 (Pays-Bas) et N° 37 (Belgique) ont été comparés à nos deux prototypes d'usage courant N° 9 et 31. La comparaison du Kilogramme N° 37 a été faite avant nettoyage-lavage. On a constaté que la base inférieure du Kilogramme N° 53 porte des rayures profondes.

Le Kilogramme É-69 en acier inoxydable « Immaculate V » (Irlande), dont nous avons déterminé la masse volumique en 1969, a été comparé à nos deux prototypes d'usage courant.

Des valeurs définitives ne seront attribuées à ces Kilogrammes qu'après une nouvelle détermination des prototypes du B.I.P.M. utilisés dans ces comparaisons.

#### *Comparaison internationale de masses de 100, 50, 20 mg*

Pour trouver la cause de certains désaccords entre différents laboratoires utilisant des balances uniplateau, le Groupe de travail sur les

---

<sup>(1)</sup> ALMER (H. E.), National Bureau of Standards one kilogram balance N° 2. *J. Res. N.B.S.*, **76 C**, Nos. 1-2, 1972.

micropesées de la Section II (Mesure des radionucléides) du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants a décidé d'entreprendre une comparaison de six jeux de masses étalons en acier inoxydable de 100, 50, 20 mg entre quelques-uns de ces laboratoires (*voir* p. 67). Il a été décidé également que, avant et après ces comparaisons, deux de ces jeux (N<sup>os</sup> 1 et 2) seraient étalonnés dans les trois laboratoires suivants : Bureau Central de Mesures Nucléaires, Geel, Belgique (laboratoire pilote), Physikalisch-Technische Bundesanstalt et Bureau International des Poids et Mesures.

Les étalonnages ont été effectués au B.I.P.M. en mars (mesures « aller ») et en juin 1972 (mesures « retour »). On a constitué les groupes suivants :

- Pièces de  $\left\{ \begin{array}{l} 100 \text{ mg des jeux N}^{\text{os}} 1 \text{ et } 2 \\ 100 \text{ mg et } (50 + 20 + 20' + 10) \text{ mg de la série Oe en pla-} \\ \text{tine iridié du B.I.P.M.} \end{array} \right.$
- Pièces de  $\left\{ \begin{array}{l} 50 \text{ mg des jeux N}^{\text{os}} 1 \text{ et } 2 \\ 50 \text{ mg et } (20 + 20' + 10) \text{ mg de la série Oe.} \end{array} \right.$
- Pièces de  $\left\{ \begin{array}{l} 20 \text{ mg des jeux N}^{\text{os}} 1 \text{ et } 2 \\ 20 \text{ mg et } 20' \text{ mg de la série Oe.} \end{array} \right.$

Pour chaque groupe, on a effectué les comparaisons dans toutes les combinaisons possibles. Un second observateur a procédé de façon analogue avec la série O en platine iridié du B.I.P.M.

Seuls sont actuellement connus les résultats « aller » pour lesquels l'accord entre les trois laboratoires (B.C.M.N., P.T.B. et B.I.P.M.) est tout à fait satisfaisant. Les résultats définitifs de cette comparaison seront publiés dans le prochain Rapport.

#### *Études courantes*

— Détermination du volume et de la masse du Kilogramme N<sup>o</sup> 72 en acier inoxydable « Nicral D » (Grèce).

— Détermination de trois masses en acier inoxydable de 10 g (Laboratoire National d'Essais, France).

— Étude en cours d'une série de masses en acier inoxydable « Immaculate V », de 10 kg à 1 mg (Irlande).

Pour les besoins du B.I.P.M. :

— étalonnage des masses de 1 à 50 g et détermination de la masse de 100 g de la série en nickel N<sup>o</sup> 5 (pour la Section des Rayonnements Ionisants);

— étalonnage d'une subdivision (Al 3) du milligramme et de quelques surcharges de 0,1 mg;

— début de l'étalonnage des six séries en « monel » (100 à 1 mg) destinées à être utilisées avec la balance NBS-2.

#### **Gravimétrie (A. Sakuma)**

##### **Détermination absolue de g**

##### *Tendance à une variation de g observée au B.I.P.M.*

Au cours de la période d'août 1971 à mai 1972 nous avons observé un accroissement significatif de la valeur de g. Cet accroissement, dont

la valeur relative est d'environ  $2 \times 10^{-8}$ , est très voisin de celui que nous avions décelé au cours de la période d'août 1970 à août 1971. Malgré nos recherches, nous n'avons pu trouver, dans notre appareil de mesure de  $g$ , aucune dérive instrumentale de cet ordre de grandeur.

Une analyse des résultats de nos mesures des six dernières années (1966 à 1972) montre que la variation à long terme de  $g$  à « Sèvres point A2 » peut être représentée approximativement par une fonction parabolique dont la valeur minimale fut atteinte au début de l'année 1969. Si cette courbe est en fait une portion de sinuséide, la période de cette dernière semble être supérieure à dix ans. Aucune explication de cette variation de  $g$  n'a jusqu'à présent été fournie par les spécialistes; aussi devons-nous poursuivre nos mesures quelques années encore. Toutefois, nous avons noté les deux points suivants qui pourraient être en relation avec la tendance observée.

1° Le passage de  $g$  à sa valeur minimale (début 1969) coïncide avec le passage à son minimum d'une onde de la marée gravimétrique théorique (dont nous tenons déjà compte dans nos corrections) de période 18,61 ans et d'amplitude crête à creux  $4 \times 10^{-9} g$  à Paris.

2° A la suite d'observations de longue durée (1933 à 1965) du mouvement du pôle par cinq observatoires répartis autour de la Terre (Carloforte, Kitab, Mizusawa, Ukiah et Gaithersburg) on a prédit (\*) l'existence d'une telle onde gravimétrique jusqu'alors inconnue, de forte amplitude et de période voisine de 19 ans. Cette onde existerait sur toute la surface du Globe et notre emplacement de mesure (Europe occidentale) serait situé près d'un nœud de l'oscillation. Si l'on fait l'hypothèse que la variation de  $g$  observée est due à cette onde, cette variation aura des conséquences importantes pour plusieurs domaines de la science et en particulier pour les applications métrologiques de  $g$ . En effet, en moins de trois ans, c'est-à-dire pendant une durée nettement inférieure à une période de l'onde, et bien que nous soyons situés près d'un nœud, nous avons déjà observé une variation appréciable de  $g$  ( $5 \times 10^{-8}$  en valeur relative). On peut donc penser que, en des emplacements proches d'un ventre de cette onde (Moyen-Orient, Extrême-Orient et Côte Pacifique de l'Amérique du Nord, par exemple), la variation de  $g$  pendant une demi-période (9,5 ans) pourrait atteindre  $10^{-6}$ ; il en résulterait des discordances pour le réseau gravimétrique mondial et des mesures périodiques seraient nécessaires pour assurer aux valeurs locales de  $g$  une exactitude suffisante.

Compte tenu de ce problème, notre collaboration technique actuelle avec deux laboratoires pour la réalisation d'appareils de mesure absolue de  $g$ , l'International Latitude Observatory, Mizusawa (appareil fixe) et l'Institut de Métrologie G. Colonnetti, Turin (appareil transportable), se révèle particulièrement utile pour l'étude de cette oscillation du géopotentiel. Aussi poursuivons-nous l'optimisation de notre appareil prototype afin de pouvoir conseiller ces laboratoires et plusieurs autres qui ont déjà manifesté l'intention d'entreprendre la mesure absolue de  $g$  par des méthodes analogues à la nôtre.

---

(\*) OKUDA (T.), Local non-polar variation of latitude deduced from the I.L.S. data for the period 1933-1965, *Publication of International Latitude Observatory of Mizusawa*, Vol. VI, N° 2, 1968, pp. 231-243.

Valeurs de  $g$  d'août 1971 à mai 1972

Les valeurs moyennes de  $g$  au point de mesure A2, après correction de l'effet luni-solaire théorique, et les écarts-types d'une mesure sont pour cette période :

$$g_{A2} = \begin{cases} (9,809\ 256\ 79_4 \pm 0,000\ 000\ 03_8) \text{ m/s}^2 & \text{(août 1971)} \\ ( \quad \quad 7\ 08_5 \pm \quad \quad 07_4) & \text{(fin décembre 1971)} \\ ( \quad \quad 7\ 03_2 \pm \quad \quad 09_2) & \text{(janvier 1972)} \\ ( \quad \quad 6\ 96_4 \pm \quad \quad 08_5) & \text{(février 1972)} \\ ( \quad \quad 7\ 04_4 \pm \quad \quad 05_4) & \text{(mars 1972)} \\ ( \quad \quad 6\ 95_0 \pm \quad \quad 05_8) & \text{(avril 1972)} \\ ( \quad \quad 6\ 96_1 \pm \quad \quad 06_5) & \text{(mai 1972)} \end{cases}$$

Les valeurs de  $g$  depuis la fin de décembre 1971 restent nettement plus élevées que la valeur en août 1971. C'est la seconde fois qu'une variation brusque de  $g$  apparaît entre l'automne et l'hiver (un tel saut avait déjà été observé en 1970). Ce phénomène reste inexpliqué et nous devons vérifier s'il se manifeste aussi en 1972.

En juin 1972, une importante modification de l'appareil de mesure de  $g$  a été entreprise et c'est seulement fin septembre que nous avons pu commencer une nouvelle série de mesures. Les premiers résultats montrent à nouveau une augmentation de  $g$  d'environ  $1 \times 10^{-8}$  en valeur relative par rapport à la valeur de mai 1972.

*Amélioration de l'appareil prototype de mesure de  $g$*

En parallèle avec les mesures périodiques de  $g$ , nous avons poursuivi l'amélioration et la simplification de notre appareil prototype. Une pompe à diffusion d'huile (débit 1 000 l/s, refroidie à l'eau et au fréon), utilisée depuis neuf ans pour le caisson vertical destiné aux lancements du trièdre, a été remplacée par une pompe ionique de débit 200 l/s, après étude de l'influence du champ magnétique de cette pompe sur la mesure de  $g$ . Avec cette nouvelle pompe, un « vide propre » de  $5 \times 10^{-5}$  Pa ( $4 \times 10^{-7}$  mmHg), voisin du vide limite obtenu avec l'ancienne pompe, est maintenu en permanence depuis plusieurs mois et aucun écart significatif n'a été trouvé entre les deux valeurs de  $g$ , l'une antérieure et l'autre postérieure au remplacement de la pompe.

Cette modification a permis également de diminuer les vibrations et d'améliorer la stabilité thermique de l'interféromètre de mesure de  $g$  et des sismomètres, grâce à la suppression des appareils mobiles et des sources de chaleur de l'ancienne pompe (puissance d'environ 1,5 kW). A la suite de simplifications apportées aux appareils électroniques, la consommation totale d'énergie électrique a été réduite à la moitié (soit environ 2,5 kW) de celle de l'installation initiale; ainsi, la dérive thermique de l'interféromètre reste actuellement de quelques dixièmes de millikelvin pendant la durée d'une série de mesures de  $g$ , soit quatre heures environ.

Les nombreuses mesures de  $g$  effectuées jusqu'en mai 1972, dans des circonstances variées, nous ont permis de déceler deux causes perturbatrices (non systématiques) qui provoquaient des accélérations parasites de quelques  $10^{-9}$   $g$  dans notre sismomètre (Voir : *Point de référence non perturbé*, Rapport 1970, p. 51).

La première cause était la perturbation du champ magnétique terrestre due principalement aux activités industrielles dans notre région.

Cette variation du champ est devenue de plus en plus importante depuis ces deux dernières années, même pendant la nuit. Les variations de sa composante verticale dépassent souvent  $0,3 \mu\text{T}$  en quelques secondes, soit 1 % de sa valeur. Elles provoquaient une force dans le ressort principal du sismomètre par effet de magnétostriction, malgré le blindage magnétique dont le sismomètre était pourvu.

La deuxième cause était la déformation du caisson étanche du sismomètre en raison des variations de courte période (quelques minutes) de la pression atmosphérique. Cette faible déformation, de l'ordre du nanomètre (valeur calculée), était transmise au fléau du sismomètre à longue période (30 à 35 s) et provoquait une accélération du point de référence de quelques  $10^{-9} g$ .

Après une modification patiente, le sismomètre a été installé dans un double caisson étanche avec un triple blindage magnétique (le taux d'atténuation du champ est supérieur à 50). Cette modification fut efficace non seulement pour diminuer sensiblement les influences du champ magnétique et de la pression atmosphérique (ces influences sont maintenant inférieures à  $1 \times 10^{-9} g$ ), mais aussi pour améliorer la stabilité thermique du sismomètre ( $\approx 0,1 \text{ mK/h}$ ) et pour assurer une bonne constance de l'indice de réfraction de l'air dans le caisson étanche où se trouve un interféromètre de Michelson destiné à la mesure des vibrations.

Notre sismomètre, associé à un compteur de franges d'interférence, permet actuellement d'enregistrer la variation de  $g$  due à l'effet luni-solaire avec une sensibilité meilleure que  $1 \times 10^{-9} g$  pendant quelques heures.

Ainsi, nous estimons que notre longue recherche sur la réalisation d'un point de référence non perturbé a actuellement atteint son but.

### Thermométrie (J. Bonhoure, G. Girard)

#### *Température thermodynamique du point de congélation de l'or*

Le but de cette étude et la méthode utilisée ont déjà été décrits dans les Rapports précédents. On admet, par hypothèse, que la valeur attribuée dans l'E.I.P.T.-1968 à la température  $630,74 \text{ }^\circ\text{C}$  est exacte; ensuite, par la comparaison des luminances énergétiques spectrales (domaine spectral défini par un filtre interférentiel au voisinage de  $1 \mu\text{m}$ ) de deux corps noirs réglés l'un à  $630,74 \text{ }^\circ\text{C}$ , l'autre à  $1\,064,43 \text{ }^\circ\text{C}$ , on déduit la valeur qu'il faudrait donner au point de congélation de l'or.

*Mesures effectuées en 1972.* — On avait espéré pouvoir améliorer, au cours de l'année 1971-1972, la définition du domaine spectral utilisé, en superposant au filtre interférentiel l'un ou l'autre de divers filtres auxiliaires à larges bandes passantes et à coupures décalées judicieusement choisies; on aurait pu ainsi apprécier la quantité d'énergie parasite éventuellement transmise par le filtre interférentiel en dehors du pic. Il n'a malheureusement pas été possible de faire réaliser les filtres nécessaires et les mesures qui ont été effectuées ces derniers mois l'ont été finalement dans des conditions très voisines des précédentes.

On s'est cependant efforcé d'améliorer la symétrie des comparaisons et on a contrôlé l'étalonnage des thermocouples avant et après les mesures pyrométriques. En reprenant la terminologie utilisée dans le Rapport de 1971, p. 41, on a d'abord effectué des mesures de type B (une température intermédiaire : 960 °C) en janvier et février 1972, puis des mesures de type C (sans température intermédiaire) en mars 1972; dans les deux cas, les températures des cavités rayonnantes CN 1 et CN 2 étaient indiquées respectivement par les thermocouples PtRh 1 et PtRh 2. Pour les mesures de type B, la température intermédiaire choisie n'est pas celle qui rendrait voisins les rapports de luminance partiels; on en est au contraire fort éloigné et, de ce point de vue, ce n'est donc pas le choix le plus heureux. Cependant, la très bonne linéarité du récepteur photoélectrique et l'utilisation du diviseur de luminance qui lui est associé (division par 4 ou par 2) rendent ce choix moins critique; il donne par contre l'occasion d'améliorer la connaissance du point de congélation de l'argent qui est un point de référence important de l'E.I.P.T.

Les résultats obtenus sont en bon accord avec ceux des séries de mesures précédentes et ils sont exposés ci-après dans un ensemble plus général. Auparavant, on doit signaler l'existence d'un écart systématique observé quand on modifie les conditions de mesure. Jusqu'à maintenant le filtre interférentiel, éclairé en lumière parallèle, avait toujours été utilisé sous incidence normale; au cours des récentes mesures, on a également fait quelques comparaisons de luminances sous une incidence de 0,075 rad, le filtre étant aussi étalonné sous cette même incidence. Or, il apparaît un écart systématique de 0,1 K environ sur la température de congélation de l'or entre les deux modes d'utilisation du filtre, écart qu'il n'est pas possible d'expliquer ni par un phénomène d'élargissement du pic dû aux réflexions parasites entre le filtre et l'optique, ni par un faible résidu de transmission de part et d'autre du pic; on n'a toutefois pas encore vérifié si, au cours de l'étalonnage du filtre avec un monochromateur à réseau, la polarisation de la lumière pouvait introduire une erreur significative.

*Valeurs d'étalonnage des thermocouples.* — On dispose de quatre thermocouples étalons platine/platine rhodié, PtRh 1, 2, 4, 5; ces thermocouples ont été étalonnés à trois reprises, en 1968-1969, en décembre 1971 et en mai 1972. PtRh 2 et 4 ont été utilisés pour les mesures pyrométriques effectuées en mars-mai 1970, octobre et novembre 1970 et janvier-mars 1971. En juin 1970 et en avril 1971, les quatre thermocouples ont été seulement comparés entre eux, sans étalonnage; PtRh 1 et 5 jouaient alors le rôle de témoins. De janvier à mars 1972 on a employé les thermocouples PtRh 1 et 2.

Les tableaux I, II et III montrent le comportement des quatre thermocouples pendant les trois années considérées.

On peut admettre que PtRh 1 et 2 n'ont pas varié; en revanche, les valeurs d'étalonnage de PtRh 4 ont un peu augmenté à partir d'avril 1971, ce qui explique le remplacement de ce thermocouple par PtRh 1 pour les mesures pyrométriques faites ultérieurement. Il y a sans doute également une petite évolution de PtRh 5, mais ce thermocouple n'a jamais participé aux mesures pyrométriques. Dans les résultats donnés ci-dessous, on a tenu compte au mieux des variations de PtRh 4.

TABLEAU I

*Étalonnage des thermocouples à 630,74 °C*

Valeurs en  $\mu\text{V}$  ( $10,3 \mu\text{V} \triangleq 1 \text{ K}$ )

	1968-1969	Juin 1970	Avril 1971	Déc. 1971	Mai 1972	
PtRh	1	5 550,9		5 550,5	5 550,8	
	2	5 547,9		5 547,6	5 547,6	
	4	5 554,6		5 556,6	5 557,3	
	5	5 556,2		5 556,1	5 556,5	
	Moyenne .....	5 552,4		5 552,7	5 553,0	
Écarts par rapport à la moyenne						
PtRh	1	— 1,5	— 1,7	— 1,6	— 2,2	— 2,2
	2	— 4,5	— 5,1	— 4,8	— 5,1	— 5,4
	4	+ 2,2	+ 2,4	+ 2,4	+ 3,9	+ 4,3
	5	+ 3,8	+ 4,3	+ 4,0	+ 3,4	+ 3,5

TABLEAU II

*Étalonnage des thermocouples à 961,93 °C*

Valeurs en  $\mu\text{V}$  ( $11,4 \mu\text{V} \triangleq 1 \text{ K}$ )

	1968-1969	Déc. 1971	Mai 1972	
PtRh	1	9 146,6	9 147,6	9 146,9
	2	9 142,1	9 142,8	9 143,0
	4	9 153,0	9 157,4	9 156,1
	5	9 154,8	9 156,1	9 156,3
	Moyenne .....	9 149,1	9 151,0	9 150,6
Écarts par rapport à la moyenne				
PtRh	1	— 2,5	— 3,4	— 3,7
	2	— 7,0	— 8,2	— 7,6
	4	+ 3,9	+ 6,4	+ 5,5
	5	+ 5,7	+ 5,1	+ 5,7

TABLEAU III

*Étalonnage des thermocouples à 1 064,43 °C*

Valeurs en  $\mu\text{V}$  ( $11,7 \mu\text{V} \triangleq 1 \text{ K}$ )

	1968-1969	Juin 1970	Avril 1971	Déc. 1971	Mai 1972	
PtRh	1	10 332,5		10 332,9	10 332,8	
	2	10 327,2		10 327,8	10 328,6	
	4	10 339,4		10 342,8	10 343,7	
	5	10 340,6		10 343,3	10 342,5	
	Moyenne .....	10 334,9		10 336,7	10 336,9	
Écarts par rapport à la moyenne						
PtRh	1	— 2,4	— 2,3	— 3,8	— 3,8	— 4,1
	2	— 7,7	— 8,2	— 9,2	— 8,9	— 8,3
	4	+ 4,5	+ 3,2	+ 6,2	+ 6,1	+ 6,8
	5	+ 5,7	+ 7,1	+ 6,8	+ 6,6	+ 5,6

*Résultats des mesures pyrométriques.* — Le tableau IV résume les résultats de nos mesures. Chaque résultat partiel est la moyenne des valeurs obtenues avec six filtres interférentiels dont les longueurs d'onde des pics

de transmission sont à peu près également distribuées de 0,94  $\mu\text{m}$  à 1,02  $\mu\text{m}$ .

On dispose de six résultats pour le point de congélation de l'or, objet principal de cette étude et de deux pour le point de congélation de l'argent; on a aussi obtenu des résultats isolés à 720, 806 et 826 °C qui sont significatifs par leur tendance et non par leur valeur numérique stricte.

TABLEAU IV

*Résultats (en °C) des mesures pyrométriques faites au B.I.P.M.*  
(Température de référence 630,74 °C;  $c_2 = 0,014\ 388\ \text{m} \cdot \text{K}$ )

	$t(\text{Au})$	$t(\text{Ag})$	$t = 826\ \text{°C}$	$t = 806\ \text{°C}$	$t = 720\ \text{°C}$
Mars-mai 1970	1 064,32				
Oct.-nov. 1970	06	961,92	826,4		720,4
Janv.-fév. 1971	01			806,4	
Mars 1971	19				
Janv.-fév. 1972	23	97			
Mars 1972	28				
Moyenne . . . . .	1 064,18	961,94			

Si l'on s'en tient aux mesures faites au B.I.P.M., la valeur du point de congélation de l'or admise actuellement dans l'E.I.P.T.-1968 serait trop élevée de 0,2 à 0,3 K, tandis que celle du point de congélation de l'argent serait satisfaisante; en outre, les températures fournies par le couple platine/platine rhodié dans la région 700-800 °C seraient sous-estimées de quelques dixièmes de kelvin. Ces résultats, sans être absolument définitifs, ne devraient pas être modifiés de façon significative par les contrôles ultérieurs.

*Résultats d'autres auteurs.* — Il est intéressant de comparer les résultats du B.I.P.M. à ceux de l'Université d'Utrecht (Pays-Bas) et du National Physical Laboratory (Grande-Bretagne) qui ont été obtenus par des méthodes utilisant le même principe.

Pour faciliter la comparaison, on a ramené les résultats publiés par W. A. Heusinkveld et par J. A. Hall<sup>(3,4,5)</sup> à la température de référence de 630,74 °C. Le tableau V indique qu'il y a un très bon accord entre les trois laboratoires pour le point de congélation de l'or et une dispersion notable pour le point de congélation de l'argent.

La courbe de la figure 3 donne la différence « Échelle thermodynamique — E.I.P.T.-1968 » d'après les mesures de J. A. Hall; elle montre que la tendance observée au B.I.P.M. dans la région 700-800 °C confirme les résultats du N.P.L.

L'excellent accord entre le N.P.L. et le B.I.P.M., sauf au point de congélation de l'argent, rend souhaitable d'effectuer au B.I.P.M. une nouvelle série de mesures qui apporterait des informations en deux points, 900 et 1 020 °C.

(3) HALL (J. A.), The radiation scale of temperature between 175 °C and 1 063 °C. *Metrologia*, **1**, 1965, pp. 140-158.

(4) HEUSINKVELD (W. A.), Determination of the differences between the thermodynamic and the practical temperature scale in the range 630 to 1 063 °C from radiation measurements. *Metrologia*, **2**, 1966, pp. 61-71.

(5) HALL (J. A.), The radiation measurements of the freezing point of gold. *Metrologia*, **2**, 1966, pp. 166-168.

TABLEAU V

*Points de congélation de l'argent et de l'or*  
*Valeurs obtenues par pyrométrie dans trois laboratoires*  
 (Température de référence 630,74 °C;  $c_2 = 0,014\ 388\ \text{m} \cdot \text{K}$ )

Utrecht	962,1 °C	1 064,2 °C
N.P.L.	961,6	1 064,1
B.I.P.M.	961,9	1 064,2

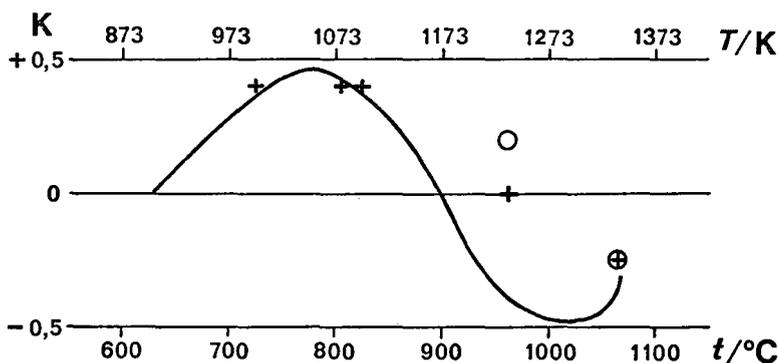


Fig. 3. — Différence Échelle thermodynamique — E.I.P.T.-68.  
 Température de référence 630,74 °C;  $c_2 = 0,014\ 388\ \text{m} \cdot \text{K}$ .

— N.P.L. (J. A. Hall <sup>(3)</sup>)  
 ○ Utrecht (W. A. Heusinkveld <sup>(4, 5)</sup>)  
 + B.I.P.M. (Tableau IV, p. 50)

### Études courantes

Outre les vérifications de routine des instruments du B.I.P.M., on a effectué :

- l'étude complète de quatre thermomètres à mercure (0-36 °C) (Ceskoslovensky Metrologicky Ustav à Bratislava);
- l'étalonnage de quatre thermocouples platine/platine rhodié (Service de la Métrologie des Pays-Bas).

### Matériel

Les appareils suivants ont été achetés :

— Pont de mesure de résistance électrique (Automatic Systems Laboratories, Grande-Bretagne); c'est en fait un comparateur de résistances de haute sensibilité, à sept décades, travaillant en courant alternatif, à équilibrage automatique ou manuel. Il offre en plus la possibilité soit de sortie numérique du résultat de la mesure, soit d'enregistrement de faibles variations de résistance autour d'une valeur affichée.

— Deux thermomètres à résistance de platine de précision (Tinsley, Grande-Bretagne) et six sondes à résistance de platine (25 et 100  $\Omega$  à 0 °C, Rosemount, Grande-Bretagne).

— Trois cellules à point triple de l'eau (Spembley, Grande-Bretagne). La comparaison de ces trois cellules à celles qui ont été réalisées au B.I.P.M. à diverses reprises a montré un accord satisfaisant, conforme aux prescriptions de l'E.I.P.T.-1968.

## Électricité (G. Leclerc)

### *Transfert des installations de mesure des forces électromotrices*

En janvier 1972 nous avons transféré de la salle 15 à la salle 4 les appareils de mesure, le bain d'huile et l'ensemble des piles de référence du B.I.P.M. A cette occasion, nous avons procédé à une révision complète de ces installations : vérification de tous les circuits, nettoyage des contacts et réétalonnage des deux potentiomètres qui constituent la partie principale des appareils de mesure. Nous avons également transféré à la salle 4 le potentiomètre Guildline à comparateur de courants continus.

Le potentiomètre pour la comparaison des piles a été installé au-dessus de la cabine isotherme dans laquelle sont placés nos étalons primaires de force électromotrice. Pour l'instant, nous utilisons toujours comme détecteur d'équilibre le même galvanomètre Zernike, après avoir toutefois amélioré le système optique de façon à pouvoir faire les observations à 2,4 m (au lieu de 1,15 m précédemment). Nous envisageons néanmoins de lui substituer prochainement un amplificateur galvanométrique afin d'augmenter légèrement la sensibilité de notre installation de mesure, de pouvoir placer le galvanomètre primaire dans les meilleures conditions de stabilité mécanique et thermique, et surtout afin de réduire l'intensité du courant que risquent de débiter les piles au moment de leur mise en circuit (la contre-réaction du système permettant d'augmenter beaucoup l'impédance de ce circuit).

Même pendant les mesures, personne ne pénètre dans la cabine où sont conservées les piles; les pôles positifs de ces piles sont reliés à des bornes placées à l'extérieur, à portée de l'observateur; la température est mesurée au moyen d'un ou plusieurs thermomètres à résistance de platine.

La climatisation fine de la cabine a posé quelques problèmes, malgré les précautions prises lors de sa construction (isolement thermique des six parois au moyen de polystyrène expansé recouvert de plaques d'aluminium). Nous n'avons pu réaliser une égalité de température satisfaisante de ces parois qu'en installant un chauffage électrique contrôlé de compensation sur le mur du fond (mitoyen de la salle de chimie dont la température est très variable et quelquefois relativement basse) et en plaçant devant ce mur, à environ 8 cm, une paroi supplémentaire en aluminium.

### *Rattachement de $V_{NBS}$ à $V_{69-BI}$*

Des comparaisons directes des étalons représentatifs du volt du N.B.S. à ceux du N.S.L., du N.P.L. et de la P.T.B. (comparaisons effectuées en utilisant comme étalons de transfert des piles maintenues à température constante dans des enceintes thermorégulées transportables) ayant conduit à des résultats qui différaient systématiquement d'environ  $0,55 \mu V$  des valeurs déduites de la 12<sup>e</sup> comparaison internationale effectuée au B.I.P.M. en 1970, plusieurs comparaisons directes de  $V_{NBS}$  à  $V_{69-BI}$  ont été faites depuis un an. Trois enceintes thermorégulées ont été utilisées.

*Enceinte du N.B.S. N° 1400.* — Quatre jours seulement après son arrivée au B.I.P.M., le 3 août 1971, le dispositif de thermorégulation de cette enceinte est tombé en panne en fin de semaine et la température

des piles s'est abaissée de 30 °C (7 août à 11 h) à environ 23 °C (9 août à 8 h 30).

Entre le 4 et le 7 août six mesures ont été faites en utilisant six des huit groupes de référence du B.I.P.M. Les résultats, comparés aux valeurs attribuées aux piles par le N.B.S. avant leur départ pour Sèvres (6-29 juillet 1971), conduisent à la relation suivante :

$$V_{\text{NBS}} = V_{69\text{-BI}} - 0,56 \mu\text{V}.$$

Le résultat de la 12<sup>e</sup> comparaison internationale étant

$$V_{\text{NBS}} = V_{69\text{-BI}} + 0,17 \mu\text{V},$$

la discordance annoncée semblait confirmée. Cependant, après remise en état du dispositif de thermorégulation (la température de l'enceinte était remontée à 30 °C dès le 9 août dans la soirée), nous avons effectué 40 mesures (cinq séries de huit mesures par semaine pendant cinq semaines, du 10 août au 17 septembre 1971, en utilisant l'ensemble des groupes de référence du B.I.P.M.). Les résultats, comparés aux valeurs attribuées aux piles voyageuses par le N.B.S. après leur retour à Washington (27 septembre-28 octobre 1971), ont conduit à la nouvelle relation :

$$V_{\text{NBS}} = V_{69\text{-BI}} + 0,29 \mu\text{V},$$

en bon accord cette fois avec la relation obtenue lors de la 12<sup>e</sup> comparaison internationale (janvier 1970).

*Enceinte du N.B.S. N° 1100.* — Cette enceinte est celle qui a participé à la 12<sup>e</sup> comparaison internationale.

Arrivée au B.I.P.M. le 19 novembre 1971, elle a été renvoyée au N.B.S. le 9 décembre 1971. Vingt mesures effectuées entre le 22 novembre et le 8 décembre, en utilisant l'ensemble des groupes de référence du B.I.P.M., ont conduit à la relation :

$$V_{\text{NBS}} = V_{69\text{-BI}} + 0,29 \mu\text{V}.$$

*Enceinte du N.B.S. N° 1300.* — Cette enceinte a été reçue au B.I.P.M. le 2 mai 1972 et a été renvoyée au N.B.S. le 30 mai. Entre le 4 et le 25 mai on a effectué, comme pour l'enceinte N° 1100, vingt mesures. Cette comparaison a conduit à la relation :

$$V_{\text{NBS}} = V_{69\text{-BI}} + 0,22 \mu\text{V}.$$

On constate que les expériences faites depuis une année avec différentes enceintes et différentes piles voyageuses ne font apparaître aucune variation relative significative des réalisations de l'unité de force électromotrice du N.B.S. et du B.I.P.M.

*Comportement d'une enceinte thermorégulée transportable en fonction de la température ambiante*

On emploie de plus en plus fréquemment des piles conservées dans des enceintes thermorégulées transportables comme étalons de transfert du volt; de telles enceintes seront probablement utilisées lors de la prochaine comparaison internationale triennale des étalons nationaux de

force électromotrice et on espère améliorer ainsi la précision du rattachement des réalisations du volt. Cela nous a incité à contrôler le comportement d'une enceinte transportable et à vérifier la stabilité de la force électromotrice des piles qu'elle contient, lorsqu'on fait varier la température de l'air ambiant dans lequel l'enceinte est placée.

Nous avons utilisé pour cette expérience une enceinte thermorégulée à 30 °C environ, à double chauffage (extérieur et intérieur), en dépôt au B.I.P.M. pour étude. L'enceinte a été placée à l'intérieur d'une boîte dans laquelle on peut faire varier la température (fig. 4). L'expérience

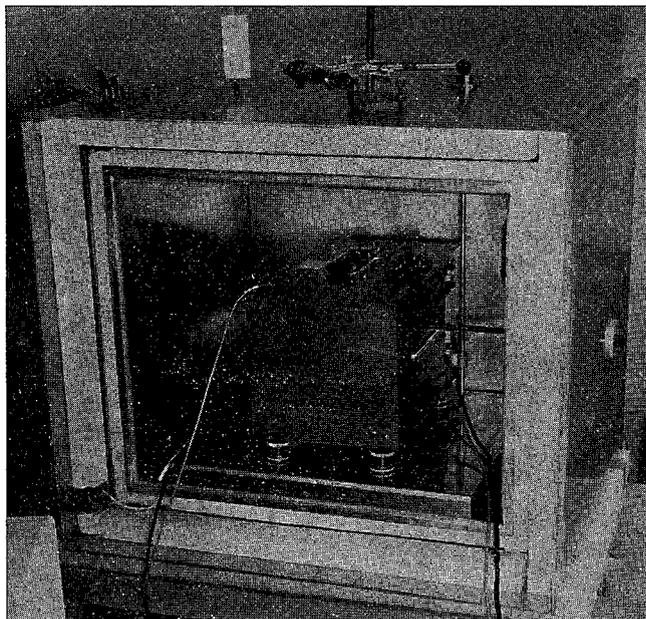


Fig. 4. — Dispositif utilisé pour modifier la température de l'air ambiant autour d'une enceinte thermorégulée transportable à 30 °C.

a duré dix semaines, les piles enfermées dans l'enceinte étant comparées chaque semaine aux dix mêmes groupes de piles de référence du B.I.P.M. conservées à 20 °C dans notre bain d'huile. Les résultats sont donnés dans le tableau VI.

L'utilisation d'enceintes thermorégulées pour comparer les étalons représentatifs du volt des divers laboratoires paraît donc susceptible d'entraîner de petites erreurs systématiques si les températures ambiantes de ces laboratoires sont différentes. Il est d'ailleurs possible que l'importance et peut-être même le sens de ces erreurs varient d'une enceinte à une autre; de nouvelles expériences seront nécessaires pour le vérifier.

#### *Enceinte thermorégulée pour la conservation des étalons de force électromotrice du B.I.P.M.*

Les essais effectués sur cette enceinte, construite à l'atelier du B.I.P.M. et décrite dans le Rapport de 1971, p. 44, ayant mis en évidence l'insuffi-

TABLEAU VI

*Force électromotrice à 30,014 °C de piles maintenues dans une enceinte thermorégulée transportable,  
en fonction de la température ambiante*

(Excès en microvolts sur 1,018 V<sub>69-BI</sub>)

N° des mesures	Date	Température ambiante	Température de l'enceinte	Pile			
				N° 1	N° 2	N° 3	N° 4
1	6-10 mars 1972	20,0 °C	30,015 °C	154,1	153,0	153,1	153,4
2	13-17 mars	27,4	30,002	154,6	153,2	153,5	153,7
3	19-24 mars	24,3	30,007	154,5	153,2	153,5	153,7
4	27-30 mars	19,8	30,012	154,4	153,0	153,4	153,6
5	6-13 avril	19,9	30,014	154,3	152,7	153,3	153,5
6	17-21 avril	25,0	30,004	154,5	152,8	153,5	153,8
7	24-28 avril	24,8 <sub>5</sub>	30,006	154,6	152,8	153,5	153,8
8	2-8 mai	21,1	30,011	154,6	152,7	153,5	153,8
9	15-27 mai	20,0	30,013	154,4	152,7	153,3	153,6
10	30 mai-4 juin	20,0	30,015	154,4	152,8	153,3	153,5
Moyenne des mesures 1, 4, 5, 8, 9, 10	} .....	20,1	30,014	154,4	152,8	153,3	153,6
Moyenne des mesures 2, 3, 6, 7		25,4	30,005	154,6	153,0	153,5	153,8
Différences (en µV) .....				-0,2	-0,2	-0,2	-0,2

sance des dispositifs (deux thermocouples seulement) prévus pour contrôler la température des piles, l'enceinte a été démontée pour subir plusieurs retouches. Dans de nouveaux logements ménagés dans la cloison médiane de la chambre intérieure en cuivre qui contient les piles, deux sondes de  $100 \Omega$  en platine et les éléments d'un pont à thermistances ont été mis en place. Les deux thermocouples ont par ailleurs été conservés. Tous ces dispositifs ont été étalonnés *in situ* après remontage complet de l'enceinte. Les conducteurs de sortie des piles, en cuivre rouge de  $0,03 \text{ mm}^2$  de section, isolés au polychlorure de vinyle, ont été remplacés par des conducteurs, également en cuivre rouge, mais de  $0,014 \text{ mm}^2$  de section et isolés au téflon. Pour éviter les échanges de chaleur entre les pôles des piles et l'extérieur de l'enceinte par conductibilité thermique dans ces conducteurs, chacun de ceux-ci a été muni d'un « shunt thermique » constitué par une plaquette en cuivre d'environ 1 gramme ( $90 \times 3 \times 0,5 \text{ mm}^3$ ) sur laquelle il est soudé. Ces plaquettes sont soigneusement isolées électriquement les unes des autres et de la paroi externe de la chambre intérieure sur laquelle elles sont collées (fig. 5).

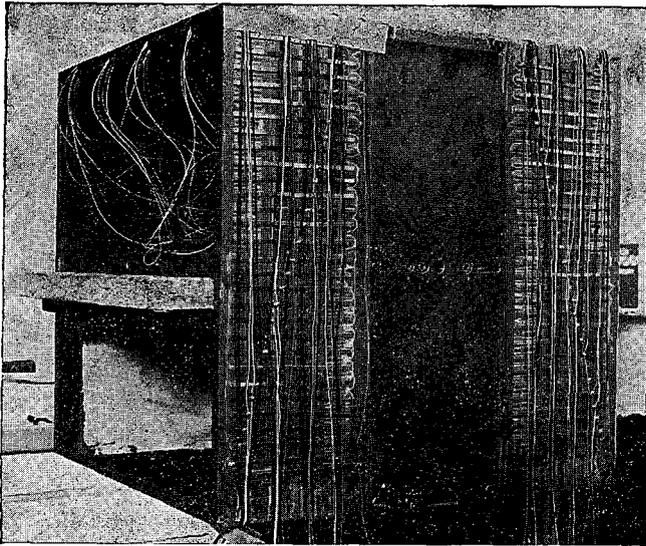


Fig. 5. — Chambre intérieure en cuivre de l'enceinte thermorégulée du B.I.P.M., sur les parois de laquelle sont collées les plaquettes constituant les « shunts thermiques. »

#### *Mise en œuvre de l'effet Josephson*

Notre principale activité dans ce domaine a consisté à rechercher et à nous procurer le matériel le mieux adapté à nos besoins. Nous avons acquis depuis l'an dernier la source d'alimentation du klystron, un convertisseur de fréquence, l'ensemble des composants « radiofréquence », la pompe qui servira à abaisser le point d'ébullition de l'hélium, l'évaporateur nécessaire pour préparer les jonctions, divers accessoires tels que tuyauterie à vide, vannes, détendeurs, récipients pour stockage d'azote liquide et plusieurs appareils de contrôle, notamment un mégohmmètre et un micro-

voltmètre. Nous avons procédé à la mise en place et à l'aménagement de ces appareils lorsque cela était nécessaire.

Le choix de la cabine blindée dans laquelle s'effectuèrent les mesures a posé quelques problèmes et, actuellement, nous examinons les propositions de divers constructeurs.

T. J. Witt a consacré le temps qu'il a passé au N.B.S. à construire et mettre au point le comparateur de tensions continues de rapport 100 de très haute précision ( $2 \times 10^{-8}$ ) qui constituera l'élément essentiel de notre installation de mesure. Nous tenons à remercier ici Mr Branscomb, alors Directeur général du N.B.S., ainsi que MM. Ambler, Page et Taylor d'avoir autorisé T. J. Witt à profiter des études et des expériences faites au N.B.S. et d'avoir mis à sa disposition les mécaniciens qui l'ont aidé à construire l'instrument fondamental dont dépendra, pour une large part, la précision des mesures qu'effectuera le B.I.P.M.

#### *Comparaison internationale circulaire des étalons de capacité en silice de 10 pF*

Le quatrième circuit de comparaison commencé durant l'été 1969 et au cours duquel les condensateurs ont été étudiés à l'I.M.M., puis au D.A.M.W., s'est achevé au début de l'année 1972.

Le cinquième circuit de comparaison a débuté aussitôt. Au cours de ce cinquième et dernier circuit les instruments seront étudiés dans les laboratoires suivants :

N.B.S. → I.E.N. → P.T.B. → L.C.I.E. → N.B.S.

Après un séjour de quelques semaines au N.B.S. pour y être réétalonnés, les trois condensateurs ont été envoyés à l'I.E.N. (Turin) où ils sont arrivés le 12 avril 1972.

#### *Comparaisons circulaires d'instruments dans le domaine des radiofréquences*

(Voir le rapport du « Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences », p. 101).

#### *Amélioration des installations du B.I.P.M. et études courantes*

Indépendamment de la rénovation du potentiomètre spécial qui sert à la comparaison des piles et dont il a été fait mention plus haut, nous avons construit une enceinte à air thermorégulée afin de pouvoir déterminer la résistance de certains étalons (10 000  $\Omega$  par exemple) définis à 23 ou à 25 °C.

Les demandes d'étude ont encore été nombreuses cette année. Nous avons effectué l'étalonnage d'une quinzaine d'étalons de résistance (de valeurs comprises entre 1  $\Omega$  et 10 000  $\Omega$  et définis à 20, 23 ou 25 °C) et d'une soixantaine de piles appartenant à des laboratoires ou organismes des pays suivants : Argentine, Belgique, Canada, France, Hongrie, Inde, Luxembourg, Pays-Bas, Suède, Tchécoslovaquie (voir la liste détaillée à Certificats et Notes d'étude, p. 84).

Parmi les piles que nous avons étalonnées, un grand nombre étaient maintenues à 28, 30 ou 32 °C dans des enceintes thermorégulées (six).

A titre exceptionnel, nous avons aussi étalonné deux thermistances à 0, 20 et 50 °C (Institut Universitaire de Technologie, Le Havre, France).

**Photométrie** (J. Bonhoure, C. Garreau)

*Études courantes*

L'activité de cette section a été très modeste au cours de l'année écoulée. Outre les vérifications de routine des instruments du B.I.P.M., on a effectué le contrôle de deux étalons d'intensité lumineuse du Bureau Fédéral des Poids et Mesures (Suisse).

**Rayons X et  $\gamma$**

*Comparaison d'étalons d'exposition pour le rayonnement  $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$*   
(G. Hofmeester\*, M.-T. Niatel\*)

Deux chambres étalons (chambres à cavité à parois de graphite) du Rijks Instituut voor de Volksgezondheid (R.I.V.), Pays-Bas, ont été comparées à l'étalon du B.I.P.M. Les conditions expérimentales sont les mêmes que pour les comparaisons effectuées en 1971 entre les étalons du N.B.S., de la P.T.B. et du B.I.P.M. (Rapport 1971, p. 52). L'une des chambres du R.I.V. est sphérique (volume 4,845 cm<sup>3</sup>), l'autre cylindrique (volume 2,4284 cm<sup>3</sup>). Le tableau VII indique pour ces deux chambres les facteurs de correction permettant de calculer le débit d'exposition à partir du courant d'ionisation massique mesuré.

TABLEAU VII

*Facteurs de correction pour les chambres étalons du R.I.V.*

Nature du facteur	Chambre cylindrique (RIV 1)	Chambre sphérique (RIV 2)
Rapport des pouvoirs de ralentissement . . . . .	1,006 8	1,006 4
Rapport des coefficients d'absorption de l'énergie	0,999 3	0,999 3
Recombinaison des ions . . . . .	1,003 1	1,002 2
Support de la chambre . . . . .	0,998	0,999
Non-uniformité radiale du faisceau . . . . .	1,000 7	1,000 7
Atténuation apparente dans les parois . . . . .	1,021	1,026
Origine moyenne des électrons . . . . .	0,995	0,995

Étant donné la bonne reproductibilité des mesures pour les chambres du R.I.V. et celle du B.I.P.M. (l'écart-type relatif à long terme pour une moyenne journalière est de l'ordre de 10<sup>-4</sup>), on compare la moyenne des mesures d'exposition pour l'étalon BIPM (du 28 avril 1971 au 7 mars 1972) aux moyennes des mesures avec les chambres du R.I.V. (mars 1972). Les résultats obtenus (tableau VIII) montrent un bon accord entre les trois chambres.

TABLEAU VIII

*Comparaison des étalons d'exposition du B.I.P.M. et du R.I.V.*

	Rapport des débits d'exposition	Erreur aléatoire relative (%) (niveau de confiance 95 %)	Erreur systématique relative (%)
BIPM/RIV 1	0,998 5	0,02	0,47
BIPM/RIV 2	0,999 8	0,02	0,46

En outre, une autre chambre du R.I.V. (chambre secondaire) a été étalonnée par rapport à la chambre du B.I.P.M.

*Comparaison de mesures d'activité et d'exposition* (A.-M. Roux\*, M.-T. Niatel\*)

Les mesures d'exposition effectuées avec des chambres différentes (étalons du N.B.S., de la P.T.B., du R.I.V. et du B.I.P.M.) pour le rayonnement  $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$  s'accordent à quelques millièmes près. Mais, dans ces comparaisons, les erreurs systématiques concernant les constantes, en particulier le rapport des pouvoirs de ralentissement de l'air et du carbone, s'éliminent en grande partie. C'est pourquoi il est spécialement intéressant de comparer pour une même source de cobalt deux grandeurs de nature différente, telles que l'activité et l'exposition. Des mesures d'activité ayant été effectuées en 1969 avec une source de l'ordre de 1 Ci (*Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 37, 1969, pp. 66-72), cette même source a été placée dans le château de plomb du B.I.P.M. et le débit d'exposition a été déterminé à une distance de 1,12 m avec la chambre étalon.

Si l'on mesurait tous les photons de 1,17 et 1,33 MeV émis par la source dans l'angle solide délimité par la chambre étalon, et eux seuls, la relation entre le débit d'exposition  $\dot{X}$  (exprimé en  $\text{R s}^{-1}$ ) et l'activité  $A$  (exprimée en Ci) serait :

$$(1) \quad \frac{\dot{X}}{A} = \frac{3,7 \times 10^{10} E_\gamma}{4\pi r^2} \cdot \frac{10^4}{2,58} \cdot \left(\frac{\mu_{\text{en}}}{\rho}\right)_a \cdot \left(\frac{e}{\bar{W}}\right),$$

où

$E_\gamma$  est l'énergie des photons émis à chaque désintégration ( $4,012\ 41 \times 10^{-13}$  J),

$r$  la distance en mètres du centre de la source au plan de référence de la mesure d'exposition,

$(\mu_{\text{en}}/\rho)_a$  le coefficient d'absorption de l'énergie pour l'air ( $2,674\ 0 \times 10^{-3}$   $\text{m}^2$   $\text{kg}^{-1}$ ),

$\bar{W}$  l'énergie moyenne nécessaire pour produire une paire d'ions dans l'air,  $e$  la charge de l'électron ( $\bar{W}/e = 33,73$  V).

Expérimentalement, le débit d'exposition est déterminé en mesurant le courant d'ionisation  $I$  (exprimé en A), rapporté aux conditions normales de température et de pression, par la relation :

$$(2) \quad \dot{X} = \frac{10^4}{2,58} \frac{I}{v \rho_a} \frac{1}{f} \frac{(\mu_{\text{en}}/\rho)_a}{(\mu_{\text{en}}/\rho)_c} k_x$$

où

$v$  est le volume dans lequel sont collectés les ions ( $6,811\ 6 \times 10^{-6}$   $\text{m}^3$ ),

$\rho_a$  la masse volumique de l'air dans les conditions normales ( $1,292\ 9$   $\text{kg m}^{-3}$ ),

$f$  le rapport moyen des pouvoirs de ralentissement de l'air et du carbone (0,992 6 si l'on utilise la théorie de Spencer-Attix),

$(\mu_{\text{en}}/\rho)_c$  le coefficient d'absorption de l'énergie pour le carbone ( $2,675\ 6 \times 10^{-3}$   $\text{m}^2$   $\text{kg}^{-1}$ ),

$k_x$  le produit des différents facteurs de correction applicables à la chambre étalon.

D'autre part, il convient de modifier l'équation (1) pour tenir compte

TABLEAU IX  
*Comparaison des mesures d'activité et d'exposition*

Facteur de l'équation (3)	Valeur des facteurs	Écart-type relatif (%)	Degrés de liberté	Erreur systématique relative (%)
$\frac{4\pi(\overline{W/e})}{3,7 \times 10^{10} \rho_{\text{air}} \overline{E_{\gamma}} (\mu_{\text{en}}/\rho)_{\text{C}}}$	$8,314\ 9 \times 10^6 \text{ m} \cdot \text{Ci} \cdot \text{A}^{-1}$			1,1
$I r^2/v$	$8,774\ 9 \times 10^{-8} \text{ A} \cdot \text{m}^{-1}$	0,010	41	0,11
$1/A$	$(0,735\ 65)^{-1} \text{ Ci}^{-1}$	0,026	13,5	0,09
$k_x$	1,004 04			0,40
$k_s$	1,015 69			0,30
Produit (P)	1,011 4	0,028	18	1,2

- les mesures de  $I$  et de  $A$  sont rapportées à la même date de référence (20 mai 1969, 11 h 00 TU); l'erreur sur la correction de décroissance du  $^{60}\text{Co}$  est incluse dans le terme rassemblant les erreurs sur les constantes;
- la correction d'atténuation par l'air a été effectuée directement sur  $I$ , car elle varie en particulier avec la pression; elle n'est donc pas comprise dans le facteur  $k_s$ ;
- la valeur de  $A$  est la moyenne des mesures de 1969 (valeurs révisées) et de nouvelles mesures effectuées en 1971;
- les erreurs systématiques ont été combinées quadratiquement.

des phénomènes suivants : atténuation des photons primaires et production de photons diffusés dans les différents milieux interposés (la source elle-même, sa capsule, son support, l'air entre la source et la chambre), et production de rayonnement diffusé par les bords du collimateur. Il en résulte que la réponse de la chambre doit être multipliée par un facteur  $k_s$ , pour être rapportée aux conditions idéales indiquées plus haut. Au total, on obtient :

$$(3) \quad \frac{4 \pi (\overline{W}/e)}{3,7 \times 10^{10} e_a \bar{f} E_\gamma (\mu_{en}/\rho)_C} \cdot \frac{I r^2}{v} \cdot \frac{1}{A} \cdot k_x \cdot k_s = 1.$$

Le tableau IX donne les valeurs et le produit  $P$  des cinq facteurs figurant dans la relation (3), ainsi que les estimations des erreurs systématiques et aléatoires correspondantes.

La valeur du produit  $P$  montre un désaccord de 1,1 % dans la confrontation des mesures d'activité et d'exposition. Étant donné que les écarts entre les mesures d'une même exposition avec différents étalons ne représentent que quelques millièmes et que, pour une même source, les mesures d'activité (B.I.P.M.) et de puissance (N.B.S., méthode calorimétrique) s'accordent mieux encore, on est amené à rechercher l'origine de cette différence de 1,1 % parmi les causes suivantes :

— erreurs sur la mesure de l'exposition, spécialement celles qui s'éliminent dans les comparaisons d'étalons (en particulier erreur sur  $\bar{f}$ );

— erreurs sur  $k_s$ , correction concernant l'émission de la source et les conditions expérimentales dans lesquelles la chambre d'ionisation reçoit cette émission;

— erreurs sur les constantes de l'équation (1) reliant l'activité et le débit d'exposition, l'erreur sur  $\overline{W}$  étant prépondérante.

Le tableau IX indique que l'écart observé est compatible avec l'estimation de l'incertitude totale. Les efforts doivent tendre en particulier à améliorer l'exactitude des constantes telles que  $\bar{f}$  qui intervient dans la détermination absolue de l'exposition et  $\overline{W}$  qui est utilisé en même temps que  $\bar{f}$  pour obtenir la dose absorbée. On doit noter que la valeur de  $P$  (qui était antérieurement de 1,015) a pu être ramenée à 1,011 grâce aux calculs récents de J. H. Hubbell (N.B.S.) <sup>(6)</sup> pour  $\mu_{en}/\rho$ .

#### *Travaux théoriques concernant la mesure de la dose absorbée (M. Boutillon\*)*

Des expériences vont être entreprises prochainement pour déterminer de manière absolue la dose absorbée dans un fantôme de graphite, produite par des rayons  $\gamma$  issus d'une source de  $^{60}\text{Co}$ , en utilisant une chambre d'ionisation à cavité.

La mesure de la dose absorbée en un point situé à l'intérieur d'une substance donnée nécessite la connaissance de la fluence des photons et de celle des électrons existant en ce point. Nous avons entrepris des calculs théoriques pour déterminer la fluence des photons à l'intérieur d'un fantôme de graphite cylindrique dont l'axe coïncide avec l'axe du faisceau.

La méthode utilisée est une méthode de Monte-Carlo. A un photon

(6) Communication privée.

TABLEAU X

Rapport entre la fluence des photons diffusés (d'énergie E) et la fluence des photons primaires en différentes profondeurs à l'intérieur d'un fantôme de graphite

E (en MeV)	Profondeurs (en mm)									
	21	23	25	27	29	31	33	35	37	39
0,00-0,10	0,045	0,048	0,052	0,056	0,058	0,064	0,066	0,070	0,072	0,078
0,10-0,20	0,067	0,068	0,070	0,075	0,082	0,084	0,086	0,086	0,090	0,094
0,20-0,30	0,070	0,073	0,076	0,074	0,074	0,075	0,074	0,079	0,080	0,082
0,30-0,40	0,017	0,019	0,017	0,015	0,016	0,019	0,020	0,019	0,021	0,020
0,40-0,50	0,019	0,019	0,017	0,020	0,022	0,024	0,023	0,024	0,023	0,026
0,50-0,60	0,017	0,019	0,019	0,020	0,020	0,022	0,021	0,023	0,025	0,026
0,60-0,70	0,021	0,021	0,022	0,024	0,026	0,030	0,032	0,033	0,033	0,034
0,70-0,80	0,016	0,017	0,019	0,021	0,024	0,026	0,027	0,029	0,032	0,033
0,80-0,90	0,019	0,021	0,022	0,023	0,025	0,029	0,031	0,033	0,034	0,037
0,90-1,00	0,019	0,021	0,024	0,027	0,028	0,031	0,033	0,035	0,036	0,038
1,00-1,10	0,020	0,021	0,022	0,024	0,026	0,027	0,028	0,030	0,034	0,035
1,10-1,20	0,021	0,023	0,026	0,027	0,030	0,033	0,035	0,036	0,040	0,044
1,20-1,25	0,010	0,012	0,012	0,013	0,014	0,015	0,015	0,017	0,017	0,019

Distribution angulaire des photons pour la profondeur z = 27 mm

E (en MeV)	Angles (en degrés)					
	180-150	150-120	120-90	90-60	60-30	30-0
0,00-0,10	0,150	0,315	0,173	0,142	0,145	0,076
0,10-0,20	0,120	0,332	0,182	0,123	0,160	0,083
0,20-0,30	0,210	0,467	0,197	0,034	0,050	0,041
0,30-0,40	0,000	0,076	0,485	0,197	0,182	0,061
0,40-0,50	0,000	0,000	0,012	0,788	0,200	0,000
0,50-0,60	0,000	0,000	0,000	0,459	0,529	0,012
0,60-0,70	0,000	0,000	0,000	0,048	0,942	0,010
0,70-0,80	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000
0,80-0,90	0,000	0,000	0,000	0,000	0,940	0,060
0,90-1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,339	0,661
1,00-1,10	0,000	0,000	0,000	0,000	0,010	0,990
1,10-1,20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000
1,20-1,25	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	1,000

Valeurs numériques adoptées pour le calcul:

- énergie des photons primaires : 1,25 MeV
- distance à la source : d = 100 cm
- longueur du fantôme : ℓ = 20 cm
- longueur de l'élément de volume : Δz = 2 mm
- nombre d'histoires : 25 000
- rayon d'entrée du faisceau : r<sub>F</sub> = 5 cm
- rayon du fantôme : r = 15 cm
- rayon de l'élément de volume : ρ = 2,5 cm

issu de la source S (fig. 6) on attribue une direction initiale choisie au hasard dans l'angle solide  $\Omega$ . La longueur  $l_1$  traversée dans le fantôme avant le premier choc est déterminée au hasard d'après la fonction de répartition  $e^{-\mu l}$  où  $\mu$  est le coefficient d'atténuation du graphite. Les coordonnées au point de choc sont repérées. On choisit d'après les probabilités respectives s'il s'agit d'un choc photoélectrique ou d'un choc Compton. Dans le premier cas, l'histoire du photon est terminée; on recommence une autre histoire.

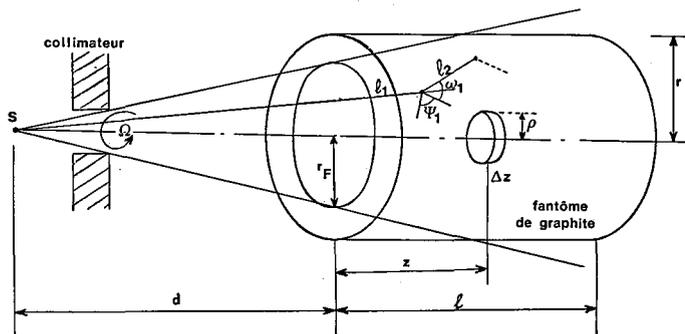


Fig. 6. — Schéma de principe pour le calcul de la fluence des photons à l'intérieur d'un fantôme de graphite.

S'il s'agit d'un choc Compton, on choisit l'angle  $\omega_1$  de diffusion d'après la fonction de répartition de Klein-Nishina, la déviation azimutale  $\psi_1$  étant choisie au hasard entre 0 et  $2\pi$ . La nouvelle direction du photon est alors repérée, on calcule la nouvelle longueur parcourue  $l_2$  avant le deuxième choc et le processus recommence jusqu'à la fin de l'histoire du photon, c'est-à-dire lorsqu'il y a choc photoélectrique, ou lorsque le photon sort du fantôme, ou lorsque son énergie est suffisamment faible ( $< 25$  keV) pour admettre qu'il est absorbé sur place. On a négligé dans les calculs la production de paires qui est très faible pour les énergies considérées.

Le passage d'un photon dans un élément de volume cylindrique situé à la distance  $z$  du plan d'entrée est repéré, ainsi que son énergie.

Les calculs ont été faits sur l'ordinateur IBM 1130 du B.I.P.M. pour un fantôme de graphite et pour la géométrie indiquée dans le tableau X. Nous donnons dans ce tableau, pour différentes positions de l'élément de volume considéré, le rapport entre la fluence des photons diffusés et la fluence des photons directs passant par cet élément de volume. Nous avons également noté dans le tableau la distribution angulaire des photons pour l'élément de volume situé à la distance  $z = 2,7$  cm. On notera que plus l'énergie des photons diminue, plus la distribution est isotrope.

## Radionucléides

Étalonnage de sources radioactives (A. Rytz, J. W. Müller, P. Bréonce, C. Colas, C. Veyradier)

L'action « Questionnaire du 25 janvier 1971 », entreprise dans le but de resserrer les liens entre les laboratoires nationaux et le B.I.P.M. et

d'aider ceux en voie de développement, a suscité un vif intérêt auprès de certains laboratoires. La plupart des expériences et mesures effectuées cette année avec l'ensemble de comptage par coïncidences étaient liées de manière plus ou moins directe aux comparaisons de sources solides ou de solutions radioactives issues de cette action. D'autre part, les problèmes de la micropesée ont retenu notre attention plus que prévu à l'origine. Les résultats sont d'un grand intérêt et dépassent le cadre des mesures radioactives.

*Action « Questionnaire du 25 janvier 1971 »*

Bien que les travaux ne soient pas terminés et que les renseignements soient assez incomplets, un premier bilan peut être fait. Rappelons d'abord les quatre questions posées à 36 laboratoires nationaux et internationaux :

1° Désirez-vous recevoir des sources solides de  $^{60}\text{Co}$  et de  $^{54}\text{Mn}$ , étalonnées au B.I.P.M., pour comptage  $4\pi(\text{CP})-\gamma$  ?

2° Quels sont les radionucléides dont vous aimeriez recevoir une ampoule de solution étalonnée ?

3° Désirez-vous que des membres de votre personnel aillent faire des stages dans certains laboratoires ?

4° Souhaiteriez-vous des échanges d'informations et des comparaisons de mesures d'activité massique ?

Les réponses peuvent être groupées comme suit :

15 laboratoires ont répondu « oui » à la première question ;

5 laboratoires ont répondu « non » à toutes les questions ;

16 laboratoires n'ont pas répondu ;

8 laboratoires désiraient envoyer 10 stagiaires au total ;

12 laboratoires désiraient recevoir des ampoules de solutions étalonnées ; sept d'entre eux désiraient des échanges d'informations ou des comparaisons. Ces demandes concernaient 53 ampoules de 29 radionucléides différents.

Quarante-deux sources de  $^{60}\text{Co}$  et 57 sources de  $^{54}\text{Mn}$  préparées et mesurées au B.I.P.M. furent expédiées aux quinze demandeurs dont quatre désiraient des rondelles spéciales. Outre les sources, les laboratoires recevaient aussi les résultats détaillés de nos mesures. Treize laboratoires ont renvoyé l'emballage ; dix nous ont fait connaître l'état des sources à l'arrivée.

Plusieurs grands laboratoires nous avaient indiqué leurs possibilités concernant la fourniture gratuite d'ampoules de solution ou l'accueil de stagiaires, et nous en avons informé les demandeurs. Six laboratoires ont finalement demandé 25 ampoules en tout à trois laboratoires distributeurs. Quatorze ampoules de neuf radionucléides différents ont pu être fournies de suite ; le reste sera envoyé plus tard.

Quatre laboratoires ont demandé d'envoyer des stagiaires ; deux de ces stages (un au B.I.P.M. et un à la P.T.B.) ont déjà été effectués.

Six laboratoires nous ont envoyé leurs résultats de mesures de sources solides (tableau XI). On remarquera que l'accord entre les divers labora-

toires et le B.I.P.M. est souvent très satisfaisant, surtout pour les sources de  $^{60}\text{Co}$ .

TABLEAU XI

Comparaison de sources solides de  $^{60}\text{Co}$  et de  $^{54}\text{Mn}$  par comptage  $4\pi(\text{CP})-\gamma$

Laboratoire	N° source	Activité et écart-type				Lab.- BIPM BiPM (en %)	
		BIP M		Laboratoire			
		(en $\text{s}^{-1}$ )	(en %)	(en $\text{s}^{-1}$ )	(en %)		
C.N.A.M.	5008	$^{60}\text{Co}$	5 023,6	0,025	5 023,1	0,020	- 0,011
	2002	"	2 392,1	0,026	2 392,5	0,032	+ 0,009
	8011	"	8 181,7	0,008	8 181,9	0,016	+ 0,002
	8002	$^{54}\text{Mn}$	8 458,0	0,030	8 460,2	0,042	+ 0,026
	5001	"	6 096,9	0,063	6 094,5	0,046	- 0,039
E.T.L.	3001	$^{54}\text{Mn}$	2 425,9	0,049	2 417,0	0,075	- 0,368
	8234	"	8 104,6	0,017	8 084,7	0,039	- 0,245
	2115	$^{60}\text{Co}$	2 285,6	0,025	2 285,7	0,031	+ 0,004
	5005	"	5 215,6	0,013	5 211,9	0,021	- 0,071
	8003	"	8 251,4	0,011	8 245,3	0,016	- 0,073
I.A.P.	3710	$^{54}\text{Mn}$	4 720,5	0,028	4 706,6	0,031	- 0,29
	3870	"	4 872,4	0,061	4 857,2	0,056	- 0,31
	3906	"	5 226,7	0,045	5 214,4	0,036	- 0,24
	5244	"	6 037,7	0,036	6 029,4	0,025	- 0,14
	8004	"	6 267,2	0,034	6 268,5	0,030	+ 0,02
I.E.A.	2010	$^{60}\text{Co}$	2 346,0	0,010	2 348,5	-	+ 0,11
	5010	"	5 370,3	0,034	5 374,0	-	+ 0,07
	8013	"	8 242,9	0,014	8 250,2	-	+ 0,09
	2005	$^{54}\text{Mn}$	2 762,7	0,051	2 759,6	-	- 0,11
	4005	"	5 025,4	0,022	5 028,6	-	+ 0,06
	7060	"	8 272,6	0,031	8 274,4	-	+ 0,08
I.M.M.	5080	$^{54}\text{Mn}$	6 535,2	0,046	6 536,8	-	+ 0,025
	5080	"					
	4300	"	16 669,1	0,022	16 673,7	-	+ 0,028
	3005	"					
L.M.R.I.	5001	$^{60}\text{Co}$	5 773,3	0,012	5 755,3	-	- 0,31
	5004	$^{60}\text{Co}$	5 359,8	0,014	5 361,2	0,015	+ 0,026
	8002	"	8 101,4	0,017	8 100,8	0,017	- 0,007
	5900	$^{54}\text{Mn}$	7 225,9	0,037	7 230,3	0,043	+ 0,061

- C.N.A.M. : Conservatoire National des Arts et Métiers, France
- E.T.L. : Electrotechnical Laboratory, Japon
- I.A.P. : Institut für Angewandte Physik, Suisse
- I.E.A. : Instituto de Energia Atômica, Brésil
- I.M.M. : Institut de Métrologie D.I. Mendeleev, U.R.S.S.
- L.M.R.I. : Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants,  
Centre d'Etudes Nucléaires de Saclay, France

Quelques échanges d'informations ont eu lieu et une comparaison d'une solution de  $^{54}\text{Mn}$  a été organisée entre quatre laboratoires, dont le B.I.P.M.; cette comparaison se poursuit.

### *Ensemble N° 3 de comptage par coïncidences $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$*

Le succès de la distribution des 99 sources solides dépendait fortement du bon fonctionnement de notre ensemble de comptage. Même dans le cas du  $^{60}\text{Co}$ , qui d'habitude ne pose pas de problème particulier, un désaccord de 0,2 % avec les mesures de 1969 a été découvert; ce désaccord est probablement attribuable à un déséquilibre des retards dans les deux voies qui nous avait échappé auparavant.

Les mesures sur le  $^{54}\text{Mn}$  sont plus délicates et demandent plus de temps car l'auto-absorption des électrons et des photons mous est considérable. Une surveillance constante de l'installation a rendu ces mesures très reproductibles, tant que les sources étaient de bonne qualité, et a permis de découvrir des effets que des expériences de courte durée ne peuvent pas faire apparaître. Ainsi, on a pu mettre en évidence une variation du taux de comptage dans le compteur proportionnel due aux variations de la pression atmosphérique. On a constaté par ailleurs que la précision des comptages sur des sources préparées par pesée d'une goutte de solution est en général beaucoup plus faible que lorsque la source est préparée par électrolyse. Nous espérons que la comparaison en cours d'une solution de  $^{54}\text{Mn}$  permettra d'éclaircir ce point qui nous préoccupe.

Des spectres d'impulsions dans le compteur proportionnel obtenus avec des sources de  $^{56}\text{Fe}$  ont permis de déterminer les seuils de détection dans le méthane et dans le mélange argon-méthane (10 % de  $\text{CH}_4$  en volume). Ces renseignements seront publiés dans une description détaillée de l'ensemble de comptage N° 3.

### *Préparation et mesure de sources radioactives*

Les anciennes sources étalons de  $^{60}\text{Co}$  préparées par le Bureau Central de Mesures Nucléaires (Euratom) en 1962 ont été remesurées. En combinant ces résultats avec vingt-trois autres, obtenus avec les mêmes sources depuis le début de 1966 et répartis sur 2 114 jours, on obtient pour la période radioactive du  $^{60}\text{Co}$  la valeur calculée suivante :

$$T_{1/2} = (1\,924,8 \pm 1,0) \text{ d.}$$

Ces étalons sont maintenant remplacés par quinze sources plus récentes de  $^{60}\text{Co}$  et neuf sources de  $^{54}\text{Mn}$  qui sont mesurées périodiquement et qui nous serviront d'étalons de laboratoire.

Un grand nombre de sources électrolytiques ont été préparées pour distribution dans le cadre de l'action « Questionnaire ». Chaque source a été mesurée un grand nombre de fois en intercalant des mesures de sources étalons. Seules les sources ayant donné des résultats suffisamment cohérents ont été distribuées.

La préparation de sources de  $^{54}\text{Mn}$ , ainsi que l'influence de diverses méthodes de séchage et de divers agents mouillants, ont été étudiées avec un soin particulier. Ces expériences se poursuivent.

Les sources de  $^{241}\text{Am}$  peuvent être mesurées par la méthode  $4\pi\alpha-\gamma$  si le taux de comptage  $\gamma$  n'est pas trop faible. L'efficacité  $\alpha$  n'intervient dans les résultats que lorsque les sources sont peu actives et lorsque la méthode de coïncidences n'est pas applicable. Or, la rondelle d'acier dans laquelle on fixe le support de la source absorbe un certain nombre de particules  $\alpha$  qui, pour une épaisseur de quelques dixièmes de millimètre, n'est

pas négligeable. Cependant, en mesurant l'activité massique d'une série de sources dont l'épaisseur des rondelles s'échelonnait de 0,1 à 1 mm, nous n'avons enregistré aucune perte. Cela montre que les particules  $\alpha$  absorbées par la rondelle parcourent une distance suffisante dans le gaz pour être comptées.

Pour satisfaire des demandes récentes, nous avons rédigé un rapport sur la préparation de sources électrolytiques et la technique du « sandwich » (voir Rapports internes, p. 83).

### *Problèmes de la micropesée*

Les microbalances employées couramment pour déterminer la masse d'une goutte de solution radioactive utilisée dans chaque source jouent un rôle capital dans les comparaisons internationales de mesures d'activité massique. A la suite de discussions amorcées par les travaux du Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants à Saclay (Rapport CEA-R-4169), la Section II du C.C.E.M.R.I. a chargé une commission spéciale d'étudier le problème de l'exactitude des pesées. Au cours de deux réunions qui se sont tenues au B.C.M.N. (Euratom, Belgique) en novembre 1971 et au B.I.P.M. en mars 1972, cette commission a discuté à fond les divers aspects du problème et a reconnu la nécessité d'effectuer des comparaisons de masses entre plusieurs laboratoires. En outre, les quatre membres de la commission ont fait une étude plus ou moins complète de leurs propres balances.

a) *Comparaisons de masses.* — Pour les comparaisons de masses, le B.C.M.N. a fabriqué six jeux de masses en acier inoxydable (20, 50, 100 mg). Les étalonnages et les comparaisons dans six laboratoires utilisant tous des balances Mettler du type M 5 ont été effectués selon le schéma représenté à la figure 7. Les méthodes et procédés à suivre ont été fixés en détail par la commission et expliqués dans des formulaires appropriés. Les résultats de ces comparaisons seront exposés dans le prochain Rapport.

b) *Étude des balances Mettler M 5 et H 15.* — La balance microanalytique M 5 du B.I.P.M. a fait l'objet d'une étude détaillée et minutieuse dans le but de déterminer l'écart-type d'une pesée, la sensibilité de la balance et la régularité de son échelle optique, et d'étalonner les masses incorporées. Les divers contrôles effectués et leurs résultats sont donnés dans un rapport interne (Rapport BIPM-72/5) et se résument comme suit : l'échelle optique est assez linéaire, sauf dans les domaines de 2,5 à 5,5 mg et de 10,5 à 13,5 mg, où les écarts atteignent 3 à 4  $\mu$ g. Ces écarts s'expliquent probablement par une usure des couteaux, ce qui n'a rien de surprenant après onze ans d'utilisation de cette balance.

Des sources radioactives ( $^{241}\text{Am}$ ) ont été placées près des couteaux et du plateau pour éliminer des charges électriques. La sensibilité est restée inchangée, mais la tendance du fléau à « coller », observée quelquefois, a disparu. De nombreux contrôles de la sensibilité ont montré que l'écart-type d'une pesée est beaucoup plus petit quand le conditionnement d'air du local est arrêté pendant les opérations. Cette différence a été nettement diminuée par le montage d'une protection en forme de toit au-dessus de la balance.

Les masses incorporées ont été étalonnées très soigneusement par comparaison à des masses étalons du B.I.P.M. De l'ensemble de ces nom-

breuses mesures on déduit un écart-type pour une pesée de 2,9  $\mu\text{g}$ . Compte tenu de l'âge de la balance, cette valeur est encore très proche de celle indiquée par le constructeur (2  $\mu\text{g}$ ).

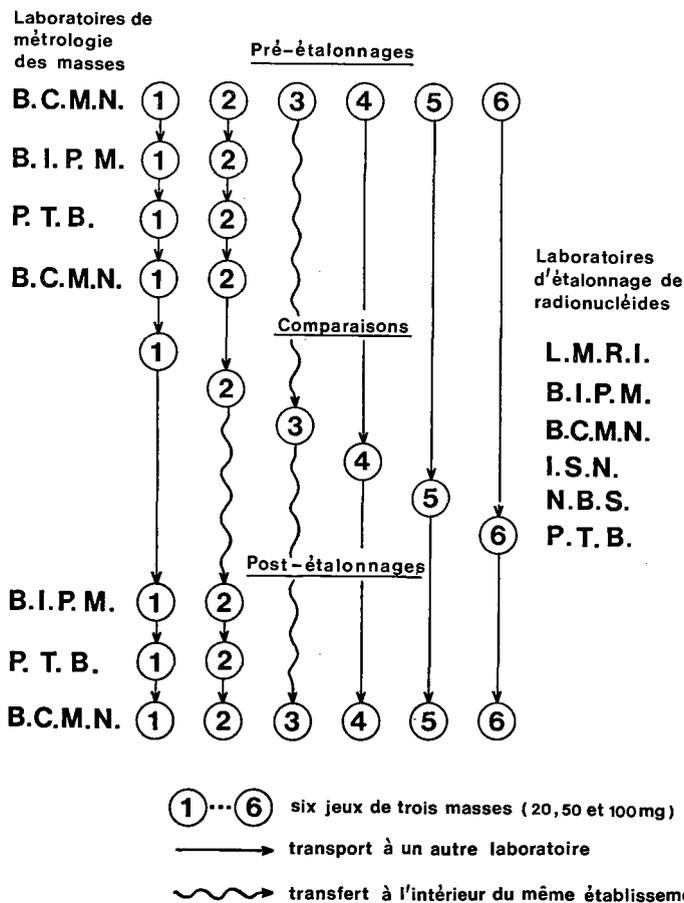


Fig. 7. — Organisation des comparaisons de six jeux de masses.

B.C.M.N.: Bureau Central de Mesures Nucléaires, Euratom, Geel, Belgique  
 I.S.N.: Institut des Sciences Nucléaires « Boris Kidrič », Vinca, Yougoslavie  
 L.M.R.I.: Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants, Saclay, France  
 N.B.S.: National Bureau of Standards, Washington, D.C., U.S.A.  
 P.T.B.: Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Allemagne  
 B.I.P.M.: Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, France

La macrobalance H 15, bien que dix fois moins sensible et utilisée surtout pour déterminer des facteurs de dilution, a fait l'objet d'une étude analogue.

#### Phénomènes aléatoires et statistiques de comptage (J. W. Müller)

Les travaux de cette année concernant la description exacte des problèmes statistiques qui se posent en relation avec l'étalonnage de sources

radioactives ont été principalement consacrés à l'étude de radiations qui sont corrélées dans le temps. En effet, la désintégration du type « mère-fille » est une généralisation naturelle du cas classique des coïncidences qui s'impose si la vie moyenne de l'état intermédiaire n'est plus négligeable par rapport au temps de résolution de l'électronique utilisée.

Un certain nombre d'autres problèmes ont également retenu notre attention et sont exposés ci-après.

a) *Distribution d'intervalles entre impulsions corrélées*

Supposons que l'on dispose d'une série d'impulsions provenant d'une désintégration du type « mère-fille » avec vie moyenne  $T$  de l'état intermédiaire et que l'on n'arrive pas à distinguer les impulsions d'après leur origine. Les efficacités de détection pour les impulsions mères et filles sont désignées par  $\varepsilon_m$  et  $\varepsilon_f$ , respectivement. Pour un taux de comptage  $\varrho$  de la source on peut montrer que, dans ces conditions, la densité pour l'intervalle de temps  $t$  entre impulsions successives est donnée par

$$f(t) = \frac{1}{\alpha + \beta} \left[ (\alpha + \beta e^{-t/T})^2 + \frac{\beta}{T} e^{-t/T} \right] \cdot \exp \{ -\alpha t - \beta T(1 - e^{-t/T}) \},$$

où  $\alpha = \varrho(\varepsilon_m + \varepsilon_f - \varepsilon_m \varepsilon_f)$  et  $\beta = \varrho \varepsilon_m \varepsilon_f$ .

Si l'intervalle de mesure est beaucoup plus grand que la vie moyenne  $T$ , le taux de comptage des paires mère-fille est donné par  $\beta$  et celui des impulsions non corrélées par  $\alpha - \beta$ .

Pour des cas limites on en déduit

— avec  $T = \infty$  :  $f_\infty(t) = \varrho_{\text{ex}} e^{-\varrho_{\text{ex}} t}$ , où  $\varrho_{\text{ex}} = \alpha + \beta$ ,

— avec  $T = 0$  :  $f_0(t) = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \left[ \alpha e^{-\alpha t} + \frac{\beta}{\alpha} \delta(t) \right]$ .

La déviation de la densité  $f(t)$  d'une simple exponentielle, forme caractéristique pour l'absence de corrélations, dépend de la durée de vie  $T$  de l'état intermédiaire et celle-ci peut donc en être déduite.

Pour le rapport  $R(t) \equiv f_T(t)/f_\infty(t)$ , on trouve par exemple à l'origine

$$R(0) = 1 + \frac{\beta/T}{(\alpha + \beta)^2},$$

tandis que dans la limite  $t \gg T$  ce rapport est

$$R(t) = \left( \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \right)^2 \cdot e^{\beta t},$$

ce qui permet de déterminer  $\beta$ , le taux des paires.

Remarquons que l'influence d'un mouvement propre (avec taux expérimental  $b$ ) peut être aisément prise en considération si l'on ajoute  $b$  au taux des impulsions non corrélées, en définissant maintenant  $\alpha$  par

$$\alpha = \varrho(\varepsilon_m + \varepsilon_f - \varepsilon_m \varepsilon_f) + b.$$

Pour plus de détails on consultera le Rapport BIPM-72/3.

b) *Effet de deux temps morts cumulatifs en série*

C'est très récemment seulement que nous avons étudié de plus près le problème des pertes apportées par deux temps morts du type cumulatif

(ou non étendu) à un processus de Poisson, comme il peut être réalisé par une série d'impulsions (avec taux de comptage  $\varrho$ ) provenant d'une source radioactive. Ce manque d'intérêt immédiat était dû à notre conviction qu'on devrait s'attendre à un résultat à peu près semblable à celui qui résultait d'une étude similaire pour le cas de deux temps morts non cumulatifs, étude effectuée il y a quelques années déjà (Rapport BIPM-106). Or, à notre surprise, le résultat est très différent et mérite notre attention parce qu'il montre un comportement assez curieux et sans doute inattendu.

Désignons les deux temps morts cumulatifs par  $\tau_1$  et  $\tau_2$  (fig. 8) dont le rapport  $\gamma \equiv \tau_1/\tau_2$  est compris entre 0 et 1. A l'aide de formules déter-



Fig. 8. — Dispositif schématique pour les deux temps morts en série.  $\varrho$  et  $r$  désignent respectivement les taux de comptage initial et final.

minées auparavant (Rapport BIPM-112), on obtient pour la densité  $f_1(t)$  des intervalles de temps  $t$  entre impulsions successives après passage du premier temps mort  $\tau_1$ :

$$f_1(t) = \sum_{j=1}^{\infty} U(t - j \tau_1) \cdot A_j(t),$$

où

$$A_j(t) = \frac{\varrho [-\varrho(t - j \tau_1)]^{j-1}}{(j-1)!} \cdot e^{-j\varrho\tau_1}$$

et  $U$  est la fonction échelon unité.

Le taux de comptage est alors égal à  $\varrho_1 = \varrho \exp(-\varrho\tau_1)$ .

L'influence du deuxième temps mort  $\tau_2$  consiste à éliminer toutes les impulsions dont la distance par rapport au précurseur est inférieure à  $\tau_2$ . Les pertes supplémentaires  $p$  sont donc égales, en valeur relative, à

$$p = \int_0^{\tau_2} f_1(t) dt = \sum_{j=1}^J \int_{j\tau_1}^{\tau_2} A_j(t) dt = - \sum_{j=1}^J \frac{1}{j!} \cdot [-x(1-j\gamma)]^j \cdot e^{-j\gamma x},$$

avec  $x \equiv \varrho\tau_2$  et où  $J$  est le plus grand nombre entier au-dessous de  $\tau_2/\tau_1$ .

On obtient ainsi pour le taux de comptage  $r$  à la sortie

$$r = \varrho_1(1 - p) = \varrho e^{-\gamma x} \cdot \sum_{j=0}^J \frac{[-x(1-j\gamma)]^j}{j!} \cdot e^{-j\gamma x}.$$

Il est intéressant de comparer  $r$  au taux de comptage

$$r_0 = \varrho \exp(-\varrho\tau_2)$$

que l'on aurait en l'absence du premier temps mort ( $\gamma = 0$ ), car cela nous permet de déduire son influence. Si nous posons  $r = r_0(1 + D)$ , la grandeur

$D$  donne le changement relatif dû à la présence de  $\tau_1$  :

$$D = e^{x(1-\gamma)} \sum_{j=0}^J \frac{[-x(1-j\gamma)]^j}{j!} \cdot e^{-j\gamma x} - 1.$$

On peut montrer que  $D$  est toujours positif pour  $0 < \gamma < 1$ , et la figure 9 en donne quelques valeurs pour  $x = \varrho \tau_2$  entre 0,05 et 0,5. Mais cela signifie

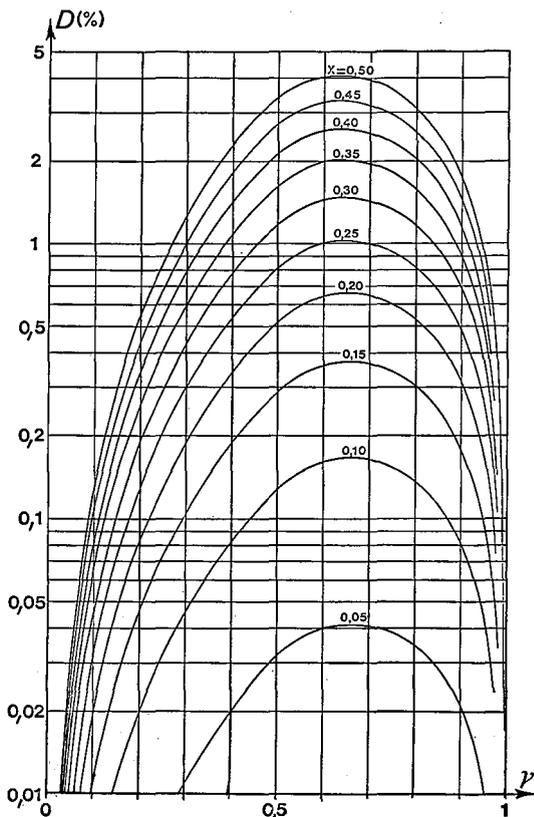


Fig. 9. — Influence  $D$  du premier temps mort cumulatif sur le taux de comptage.

que — contrairement à ce que l'on pourrait penser — la présence de  $\tau_1$  ne fait pas diminuer mais plutôt augmenter le taux  $r$  à la sortie du dispositif. Cet effet surprenant, mais bien vérifié par quelques mesures préliminaires, s'explique par la déformation apportée par un temps mort cumulatif à la distribution des intervalles : cette déformation est telle que les pertes produites maintenant par  $\tau_2$  sont tellement réduites que même l'effet combiné des deux temps morts reste inférieur à celui que  $\tau_2$  seul aurait sur une distribution exponentielle des intervalles.

Pour le cas le plus intéressant où  $\gamma$  est petit, une valeur approchée de  $D$  est donnée par

$$D_0 = \frac{1}{2} (\gamma x)^2,$$

estimation qui est légèrement par défaut. La figure 10 indique l'écart relatif  $\delta$  par rapport à la valeur exacte, défini par

$$D = D_0 (1 + \delta).$$

On trouvera plus de détails sur ce problème dans le Rapport BIPM-72/9.

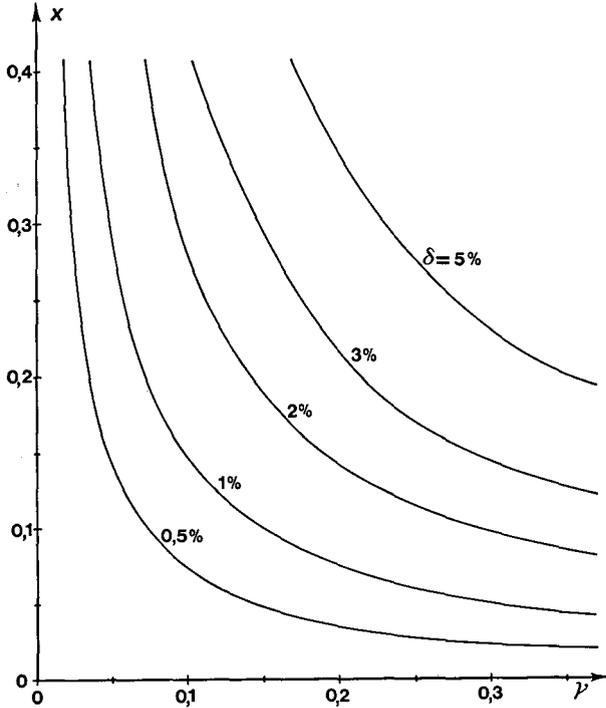


Fig. 10. — Correction  $\delta$  à ajouter à  $D_0$  pour obtenir  $D$ .

En complément de ces travaux qui font appel à des méthodes utilisées en statistiques mathématiques, mentionnons brièvement les trois études suivantes :

— Un modèle simple permettant de déterminer de manière quantitative l'influence du comportement statistique des pertes discrètes d'énergie (« straggling ») qu'une particule subit en pénétrant une cible d'épaisseur finie. On détermine la déformation qui en résulte pour la courbe de résonance nucléaire et en particulier le décalage apparent de sa position exacte, utilisée parfois pour l'étalonnage précis d'accélérateurs du type Van de Graaff (Conférence sur les Masses atomiques, septembre 1971, voir Publications extérieures, p. 82).

— Un calcul qui a permis de déterminer la forme limite de la densité d'intervalles pour un temps mort  $\tau$  cumulatif, qui se révèle de la forme  $f(t) \sim \exp(-\varrho t)$ , pour  $t \gg \tau$ , où  $\varrho$  est le taux de comptage original (Rapport BIPM-72/7).

— Une nouvelle méthode, fondée sur le principe du maximum de vraisemblance, pour déterminer l'énergie maximale d'un spectre de parti-

cules alpha où l'on ne dispose que d'un petit nombre de traces sur la plaque photographique (Rapport BIPM-72/6, avec D. J. Gorman; voir aussi le paragraphe suivant).

**Spectrométrie alpha** (D. J. Gorman, A. Rytz, P. Bréonce)

Un grand nombre d'émetteurs  $\alpha$ , parmi lesquels se trouvent la plupart des corps les plus connus, ont déjà fait l'objet de mesures absolues d'énergie au B.I.P.M. La méthode et l'installation pour ces mesures étant maintenant au point, il paraît hautement désirable de continuer ces expériences afin d'obtenir le plus grand nombre de résultats possible. En effet, nos mesures ont suscité un vif intérêt parmi les spécialistes de spectroscopie  $\alpha$  et de systématique des masses atomiques.

*Mesure absolue de l'énergie de particules  $\alpha$ ; nouveaux résultats.*

Un important travail a été fait pour mesurer l'énergie des particules émises par deux radionucléides ( $^{232}\text{U}$  et  $^{240}\text{Pu}$ ) qui nous ont été offerts par le Lawrence Berkeley Laboratory et qui n'avaient encore jamais été mesurés de manière absolue.

Le  $^{232}\text{U}$  était initialement exempt de ses descendants; ceux-ci ont cependant réapparu et ont produit un fond de plus en plus gênant. Cinq sources ont été préparées et utilisées plusieurs fois chacune. Le nombre de poses effectuées était de dix-sept. La qualité inégale des sources provoquait une forte dispersion des résultats dont l'interprétation n'était pas facile et demandait une analyse minutieuse. Le  $^{240}\text{Pu}$ , d'autre part, a une période si longue (6 540 années) que le fond naturel n'était plus négligeable puisque les poses avaient une durée allant jusqu'à 13 jours.

Un diaphragme placé à 75 mm devant la plaque photographique a apporté une amélioration considérable. Le faible nombre de particules observées a montré la nécessité d'utiliser un traitement statistique plus élaboré (voir Rapport BIPM-72/6). Ces mesures ont fait l'objet d'une Note présentée à l'Académie des Sciences de Paris (voir Publications extérieures, p. 82). Les résultats sont résumés dans le tableau XII.

TABLEAU XII  
*Énergies  $\alpha$  du  $^{232}\text{U}$  et du  $^{240}\text{Pu}$*

Émetteur $\alpha$	$E_\alpha$ (en keV)	Écart-type (en keV)	Nombre de plaques	Nombre de sources	
$^{232}\text{U}$	$\alpha_0$	5 320,30	0,14	4	1
	$\alpha_{58}$	5 263,54	0,09	4	1
$^{240}\text{Pu}$	$\alpha_0$	5 168,30	0,15	4	3
	$\alpha_{45}$	5 123,43	0,23	2	2

Aux écarts-types indiqués s'ajoute une erreur systématique dont la limite supérieure peut être estimée à 0,1 keV.

*Topographie du champ d'induction magnétique du spectromètre et calcul des termes correctifs*

Le champ du spectromètre n'étant pas complètement homogène, sa valeur et sa direction mesurées le long d'une trajectoire semicirculaire varient d'un endroit à l'autre. Il en résulte des corrections dont certaines

peuvent être déterminées une fois pour toutes, car elles varient peu en valeur absolue. Ces corrections sont données dans le tableau XIII pour différentes valeurs du champ et du rayon de la trajectoire; elles sont exprimées en millièmes de la valeur de l'énergie correspondante ou, ce qui revient au même, du diamètre de la trajectoire  $2 \varrho_0$  :

$$2 \varrho = 2 \varrho_0 + a - \lambda' - 2 g + h,$$

où  $a$  est la « correction de Hartree »,  $\lambda'$  la correction pour le gradient du champ,  $g$  la correction de Hartree de second ordre et  $h$  la correction de Hartree différentielle. Seul le terme  $a$  doit être mesuré avant et après chaque exposition.

TABLEAU XIII

*Corrections dues aux composantes horizontales du champ d'induction magnétique, exprimées en millièmes de l'énergie des particules  $\alpha$*

Champ (en T)	Rayon (en cm)						
	36,8	39,0	41,0	42,5	43,4	45,4	47,0
$\lambda'$	0,17	0,22					3,0
$\frac{\lambda'}{\varrho}$	0,9 0,8 0,6		0,27	1,2			
$2 \frac{g}{\varrho}$	1,0 0,9 0,8 0,7 0,6	$\approx 0$ 0,4 3 2 5			$\approx 0$ 0,4 3 3 6	$\approx 0$ 0,2 3 3 9,6	
$\frac{h}{\varrho}$	1,0 0,9 0,8 0,7 0,6	3 4 1 2 0,3			3 3 1 3 1	4 3 3 3 2	

On peut se rendre compte de l'exactitude de ces corrections quand on mesure l'énergie des particules d'un même émetteur  $\alpha$  dans des champs magnétiques de valeurs différentes. Nous avons donc remesuré l'énergie des deux raies principales du  $^{212}\text{Bi}$  dans un champ de 0,8 T et comparé ces résultats aux anciens, obtenus à 0,9 T. Pendant cinq des dix mesures, un diaphragme interceptait les particules dont l'orbite, trop éloignée du demi-cercle moyen, passait par une région du champ où le gradient est important. Cependant, l'absence d'un effet significatif a permis de considérer ces dix résultats comme équivalents. Les valeurs moyennes sont résumées dans le tableau XIV et comparées aux résultats obtenus par B. Grennberg en 1969. L'accord pour les raies  $\alpha_0$  est parfait. Quant à  $\alpha_{40}$ , il semble que la précision du résultat de 1969 ait été surestimée. La séparation entre  $\alpha_0$  et  $\alpha_{40}$  étant plus nette dans les mesures récentes, la différence d'énergie  $\Delta E_\alpha$  est obtenue avec une exactitude bien meilleure. Après correction pour le recul, cette différence est maintenant en bon accord avec l'énergie du premier état excité du  $^{208}\text{Tl}$ , déterminée par les électrons de conversion (voir tableau XIV) et dont l'erreur systématique ne dépasse probablement pas 5 eV.

TABLEAU XIV

Comparaison des mesures d'énergie  $\alpha$  du  $^{212}\text{Bi}$

Désignation de la raie	Champ d'induction magnétique			
	$B = 0,8 \text{ T}$ Moyenne arithmétique et écart-type de la moyenne (en keV)			$B = 0,9 \text{ T}$ Résultats de 1969
	avec diaphragme	sans diaphragme	Moyenne	
$\alpha_0$	6 090,065 0,065	6 090,108 0,043	6 090,087 0,037	6 090,06 0,08
$\alpha_{40}$	6 051,030 0,029	6 051,051 0,050	6 051,040 0,028	6 050,77 0,07
Comparaison : $\Delta E_\alpha \left( 1 + \frac{m_\alpha}{m_{208}} \right)$	.....		39,797 0,035	40,05 0,08
	$E_\gamma$ (Zhernovoi <i>et al.</i> , 1957) 39,854			

*Travaux préparatoires pour des expériences futures*

Les mesures d'énergies  $\alpha$  seraient très incomplètes si aucun effort n'était fait pour étudier et améliorer la qualité des sources. L'état dans lequel se trouve l'évaporateur actuel ne permet pas d'effectuer les modifications nécessaires.

Le Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de Masse à Orsay (Mr R. J. Walen) nous a fait don d'un évaporateur neuf complet, de construction très perfectionnée. Il servira d'abord à la préparation des sources de  $^{148}\text{Gd}$ , substance très précieuse qu'il faudra récupérer au maximum. Plus tard, cet évaporateur sera utilisé pour étudier les meilleures conditions de préparation des divers échantillons.

Les mesures prévues avec le  $^{210}\text{Po}$  demandent des précautions spéciales pour éviter une contamination excessive du spectromètre. Nous avons préparé une enveloppe du porte-source qui ne laisse qu'un passage minimal aux particules  $\alpha$ . En outre, une sorte de chambre intérieure protégera les parois de la chambre à vide contre les projections d'agglomérats d'atomes actifs spécialement à craindre avec cet élément.

*Compilation de valeurs recommandées d'énergies  $\alpha$*

Le vif intérêt suscité par le rapport provisoire d'une telle compilation (Rapport BIPM-72/4) a confirmé l'utilité du travail considérable déjà effectué. Des modifications et des extensions importantes seront nécessaires, mais les réactions favorables sont très encourageantes.

**Mesures neutroniques** (V. D. Huynh, L. Lafaye, P. Bréonce)

**Source de neutrons  $\text{D(d,n)}^3\text{He}$**

Après la construction d'une plate-forme en caillebotis (aluminium) à 3 m du sol dans le hall expérimental, nous avons redéterminé la contribution des neutrons diffusés et remesuré le débit de fluence (par détection des

particules  $^3\text{He}$  et par détection des neutrons) avec l'accélérateur SAMES posé sur cette plate-forme.

*Importance des neutrons diffusés ambiants*

On détermine la contribution des neutrons diffusés ambiants en mesurant la fluence des neutrons en fonction de la distance détecteur-cible. Autrement dit, si l'on trace la droite représentant le nombre de neutrons comptés (normalisé au nombre de protons) en fonction de l'angle solide du détecteur, cette droite doit passer par l'origine des coordonnées si la contribution des neutrons diffusés ambiants est négligeable. Sinon, le résidu sur l'axe des ordonnées permet d'estimer l'importance de cette contribution.

On trouve expérimentalement que la droite passe effectivement par zéro lorsque l'accélérateur SAMES est posé sur la plate-forme, tandis qu'avec l'accélérateur posé sur le sol en béton on avait un résidu qui donnait une contribution de neutrons diffusés ambiants  $f_n$  comme suit :

Distance détecteur-cible (en cm)	8	10	12	16
$f_n$ (en %)	1,5	2,3	3,2	5,4

*Comparaison des mesures de débits de fluence*

Avec les nouvelles valeurs de neutrons diffusés (contribution négligeable de neutrons diffusés ambiants), nous avons effectué quelques mesures de débits de fluence par comptage des  $^3\text{He}$  ( $\Phi_{\text{He}}$ ) et par comptage des neutrons ( $\Phi_n$ ) (voir Rapport 1971, p. 65). Les résultats expérimentaux obtenus (avec un faisceau de deutons de 100 keV, 2  $\mu\text{A}$ ) confirment ceux des anciennes mesures; ils sont résumés dans le tableau XV.

TABLEAU XV

a) Observation des  $^3\text{He}$  à 90° (cible à 45°)

Distance scintillateur-cible (en cm)	Charges intégrées (en $\mu\text{C}$ )	Efficacité $\epsilon$	$\Phi_{\text{He}} \times 10^7$	$\Phi_n \times 10^7$	$\frac{\Phi_n - \Phi_{\text{He}}}{\Phi_{\text{He}}}$ (en %)
8	20 000	0,0924	1,574	1,640	+ 4,2
8	20 000	0,0922	1,668	1,717	+ 3,0
8	20 000	0,0917	1,745	1,806	+ 3,5
10	20 000	0,0918	1,121	1,169	+ 4,3
10	20 000	0,0921	1,149	1,185	+ 3,2

b) Observation des  $^3\text{He}$  à 150° (cible à 90°)

8	20 000	0,0888	3,262	3,282	+ 0,6
10	20 000	0,0886	2,167	2,181	+ 0,6

c) Observation des  $^3\text{He}$  à 120° (cible à 45°)

8	22 000	0,0909	2,134	2,181	+ 2,1
8	22 000	0,0896	2,069	2,158	+ 4,3
8	22 000	0,0899	1,879	1,932	+ 2,8

d) Observation des  $^3\text{He}$  à 120° (cible à 90°)

8	18 000	0,0902	1,554	1,550	— 0,3
8	20 000	0,0897	1,874	1,879	+ 0,3
8	16 000	0,0898	1,163	1,161	— 0,2

Mesure de l'énergie moyenne de la réaction  $D(d, n)^3\text{He}$

Nous rappelons que le débit de fluence dans la direction du détecteur de neutrons, mesuré à partir du comptage des  $^3\text{He}$ , est donné par la relation suivante (méthode des particules associées) :

$$\Phi_{\text{He}}(n) = N_{\text{He}} \frac{\Omega_n}{\Omega_{\text{He}}} \frac{k_{\text{He}}}{k_n}$$

où

$\Phi_{\text{He}}(n)$  est le nombre de neutrons par seconde arrivant sur le détecteur de neutrons,

$N_{\text{He}}$  est le nombre des  $^3\text{He}$  par seconde comptés par la jonction,

$\Omega_n/\Omega_{\text{He}}$  est le rapport des angles solides des deux détecteurs dans le système du laboratoire,

$k_{\text{He}}$  et  $k_n$  sont les facteurs de conversion des angles solides du système du laboratoire au système du centre de masse respectivement pour les  $^3\text{He}$  et pour les neutrons. Ces facteurs sont déterminés par la cinématique de la réaction; autrement dit, ils dépendent de l'énergie moyenne de la réaction.

On voit que la précision de mesure de débit de fluence dépend de celle de la détermination de l'énergie moyenne de la réaction, qui est calculée habituellement à partir de la section efficace de réaction et du pouvoir d'arrêt des deutons dans l'hypothèse d'une distribution uniforme des atomes de deutérium dans la cible. Dans notre cas, avec une énergie incidente de deutons de 100 keV, le calcul donne une énergie moyenne de la réaction de 73 keV.

Afin d'avoir une idée de l'incertitude sur cette dernière valeur calculée, nous avons effectué une mesure de l'énergie moyenne des deutons d'après

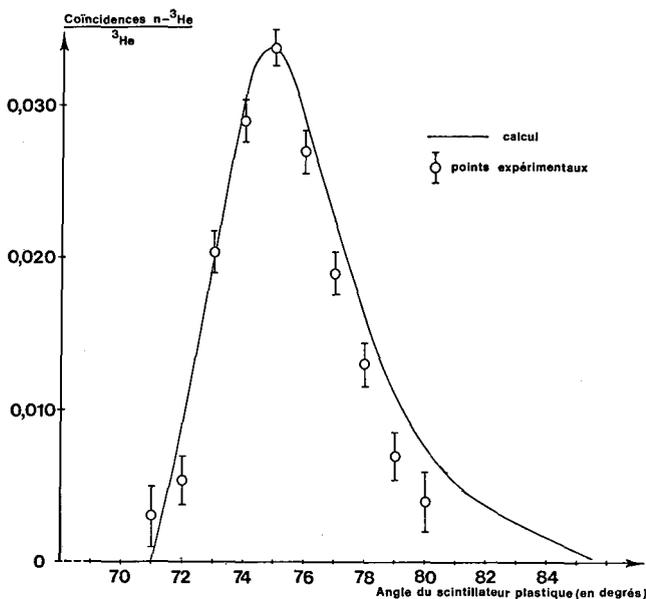


Fig. 11. — Distribution angulaire des neutrons en coïncidence avec les particules  $^3\text{He}$ . Jonction à  $90^\circ$ ; énergie des deutons incidents: 100 keV.

la distribution en bonne résolution angulaire (de l'ordre du degré) des neutrons en coïncidence avec les particules  $^3\text{He}$ . Un petit détecteur de neutrons comportant un scintillateur hydrogéné de 1 cm de diamètre et 1 cm d'épaisseur, accolé à un photomultiplicateur, a été monté pour cette mesure. La figure 11 montre les résultats d'une telle confrontation expérience-calcul. L'accord entre les points expérimentaux et la courbe calculée est satisfaisant, notamment pour la position du pic de la distribution. Le désaccord qui se manifeste pour les grands angles provient de la perte des  $^3\text{He}$  produits en profondeur par les deutons dont l'énergie est inférieure à 50 keV, car ces particules  $^3\text{He}$  sortant de la cible sont de faible énergie et, par suite, sont absorbées par l'écran de VYNS aluminé placé devant la jonction.

On peut donc admettre qu'à  $\pm 5$  keV près l'énergie moyenne des deutons contribuant au rendement de la réaction est égale à celle qui est donnée par le calcul, c'est-à-dire 73 keV. En effet, le spectre de la distribution calculée doit être décalé d'un degré vers les grands angles si l'énergie moyenne est diminuée de 10 keV.

Le tableau suivant donne une idée de l'incertitude sur la mesure de débit de fluence due à une erreur de  $\pm 5$  keV sur l'énergie moyenne de la réaction selon l'angle d'observation des  $^3\text{He}$  :

Angle d'observation des $^3\text{He}$	$\left[ \frac{\Delta(k_{\text{He}}/k_n)}{(k_{\text{He}}/k_n)} \right]$
90°	0,3 %
120	1,1
150	1,7

#### *Essais d'augmentation du courant cible*

Nous avons travaillé jusqu'ici avec un courant cible de 2  $\mu\text{A}$  et une énergie de 100 keV. Le taux d'émission de la source est de  $\approx 1,2 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ . Une telle source est trop faible pour pouvoir participer à la prochaine comparaison internationale de mesures de débits de fluence de neutrons rapides monocinétiques; il est donc nécessaire d'augmenter le courant cible.

Malheureusement, pour un courant cible plus élevé le rendement de la cible ne reste pas constant, mais décroît très rapidement à cause de l'échauffement de la cible au point d'impact du faisceau. On est donc obligé de refroidir efficacement la cible avec le souci de ne pas introduire une fraction supplémentaire importante de neutrons diffusés. Nous avons réalisé un système de refroidissement dont le principe est le suivant (*fig. 12*).

A l'aide d'azote comprimé on établit une légère pression dans un réservoir rempli d'azote liquide pour faire monter celui-ci dans un réchauffeur où il est vaporisé. Ce réchauffeur est constitué par une petite enceinte en laiton autour de laquelle sont enroulés un ruban chauffant de 180 W et un ruban d'amiante. La sortie de cette enceinte est reliée à un tube d'aluminium de 4 mm de diamètre et de 1,60 m de longueur. L'extrémité libre de ce tube se trouve à environ 10 cm de la face arrière de la cible. Ainsi, la cible est refroidie par le jet d'azote gazeux dont la température est légèrement inférieure à 0 °C. Une thermistance placée à la sortie du jet d'azote permet d'en contrôler la température et de couper le chauffage lorsqu'elle devient trop élevée.

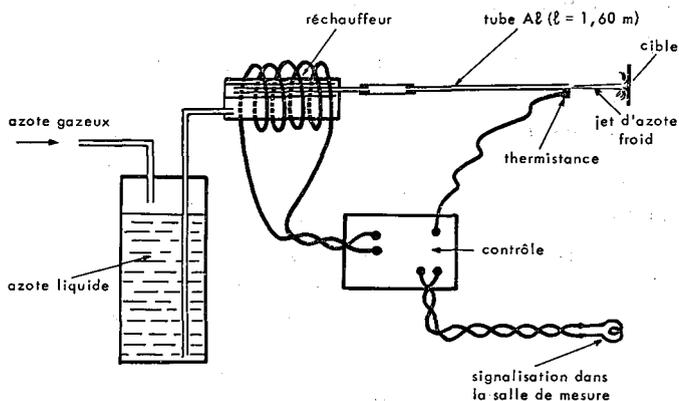


Fig. 12. — Système de refroidissement de la cible.

Les premiers essais effectués avec un tel système de refroidissement de la cible sont satisfaisants. En effet, avec une ancienne cible Ti-D (fabrication du Centre d'Études Nucléaires, Saclay), on atteint l'équilibre (c'est-à-dire un rendement pratiquement constant) après 5 à 6 heures de bombardement pour un courant cible de 100  $\mu\text{A}$ . A ce moment-là, le rendement a décréu seulement d'environ 25 %. D'autre part, un courant cible de 200  $\mu\text{A}$  peut être utilisé sans rompre l'équilibre déjà atteint (rendement double de celui de 100  $\mu\text{A}$ ).

Dans le but d'augmenter le taux d'émission de la source, nous avons travaillé avec une énergie incidente des deutons ( $E_d$ ) de 140 keV, au lieu de 100 keV, car la section efficace de la réaction  $D(d, n)^3\text{He}$  est environ deux fois plus élevée dans ce cas.

Voici les résultats expérimentaux obtenus concernant les taux d'émission  $Q$  de la source à l'équilibre :

Cible	$E_d$ (en keV)	Courant cible (en $\mu\text{A}$ )	$Q$ (en $\text{s}^{-1}$ )
Ti-D	140	100	$\approx 2,1 \times 10^7$
Ti-D	140	200	$\approx 3,7 \times 10^7$
Polyéthylène deutéré	140	100	$\approx 1,7 \times 10^7$

#### Mesure de débit de fluence à fort courant cible

a) *Par détection de particules chargées.* — Au fur et à mesure que l'on augmente le courant cible, l'effet d'empilement des deutons diffusés devient de plus en plus important et le spectre des particules  $^3\text{He}$ , qui ont une énergie de 600 à 900 keV selon l'angle d'observation, est de moins en moins bien isolé jusqu'à ce qu'il soit masqué complètement par le spectre de deutons diffusés. Il n'est donc pas possible de mesurer le débit de fluence des neutrons par comptage des  $^3\text{He}$ . Heureusement, les protons donnés par la réaction associée  $D(d, p)^3\text{H}$ , qui ont une énergie de  $\approx 3$  MeV, donc encore très bien isolés, permettent de résoudre le problème si l'on connaît le rapport  $^3\text{He}/\text{H}$ . Ce rapport, voisin de 1, est généralement bien déterminé lorsqu'on travaille avec un courant cible faible.

En pratique, il faut mettre un écran de VYNS aluminé suffisamment

épais devant la jonction pour arrêter les deutons diffusés et une partie des particules  $^3\text{He}$ ; cet écran ne doit produire qu'une perte négligeable de protons. Nous avons également placé la jonction à 20 cm de la cible, au lieu de 10 cm, pour diminuer son fort taux de comptage.

b) *Par détection de neutrons.* — On est obligé d'admettre la valeur de l'efficacité du plastique scintillant,  $\varepsilon$ , mesurée avec un courant cible faible. Le rapport des taux de comptage de neutrons et de protons permet de fournir une indication sur la fidélité de cette valeur de  $\varepsilon$ .

c) *Résultats expérimentaux.* — Nous avons vérifié que le rapport des nombres de neutrons et de protons comptés ( $N/H$ ) reste constant à long terme, quelle que soit l'intensité du courant cible utilisée. En outre, un long compteur du type De Pangher (NRC-PLC N° 2), placé à 2 m de la cible dans la direction du faisceau incident, est utilisé comme moniteur de neutrons pour contrôler la reproductibilité des mesures. Nous résumons les résultats expérimentaux dans le tableau XVI ( $E_d$ ,  $I_c$ ,  $LC$  et  $\theta_n$  désignent

TABLEAU XVI

1) *Observation des protons à 90°*

$E_d = 100 \text{ keV}$					$E_d = 140 \text{ keV}$				
Date	$I_c$ (en $\mu\text{A}$ )	$\theta_n$ (en degrés)	$LC/H$	$N/H$	Date	$I_c$ (en $\mu\text{A}$ )	$\theta_n$ (en degrés)	$LC/H$	$N/H$
1971-10-07	40	77		13,82	1971-10-29	40	77		14,00
10-13	40	77		13,88	10-29	100	77		13,80
10-22	10	77		13,97	1972-03-16	100	77		13,88
1972-02-23	10	77		13,91	03-17	200	77		13,93
02-29	10	77		13,92	05-12	200	77	0,525	13,96
03-03	10	77		13,87	05-15	200	77	0,526	13,89
03-14	100	77		13,81	05-16	200	77	0,533	13,96
03-15	50	77		13,90	1971-12-23	10	73		14,21
03-15	100	77		13,74	12-27	10	73		14,23
03-16	50	77		13,71	1972-03-16	100	73		14,22
03-16	150	77		13,73	03-17	200	73		14,25
04-28	100	77		13,79	03-20	200	73		13,99
05-17	100	77	0,494	13,70	03-21	200	73		14,20
1972-03-15	100	73		14,13	03-22	200	73		14,20
05-17	100	73	0,495	14,07	05-12	200	73		14,36
					05-15	200	73	0,530	14,32
					05-16	200	73	0,530	14,20

2) *Observation des protons à 120°,  $E_d = 100 \text{ keV}$*

Cible inclinée à 45°					Cible inclinée à 90°				
Date	$I_c$ (en $\mu\text{A}$ )	$\theta_n$ (en degrés)	$LC/H$	$N/H$	Date	$I_c$ (en $\mu\text{A}$ )	$\theta_n$ (en degrés)	$LC/H$	$N/H$
1972-06-19	100	49	0,462	16,59	1972-05-31	100	49	0,469	16,25
06-20	100	49	0,461	16,61	06-01	100	49	0,470	16,33
06-20	100	49	0,459	16,59	06-01	100	49	0,472	16,31
06-21	100	49	0,460	16,62	06-02	100	49	0,469	16,27
Moyenne	.....	.....	0,460	16,60	Moyenne	.....	.....	0,470	16,29

respectivement l'énergie incidente des deutons, le courant cible, le taux de comptage du long compteur, l'angle de détection des neutrons).

On voit que les rapports  $N/H$  et  $N/LC$  sont respectivement de 2 % et de 4 % plus élevés lorsque la cible est inclinée à  $45^\circ$  que lorsqu'elle est perpendiculaire à la direction du faisceau (*fig. 13*). Cela semble indiquer que le faisceau a été dévié (en moyenne de l'ordre de  $4^\circ$  dans le sens de diminution de l'angle de détection des neutrons) de sa direction initiale avant de produire la réaction. C'est précisément l'hypothèse que nous avons émise précédemment (Rapport 1971, p. 69) pour tenter d'expliquer le désaccord de + 3,1 % entre les fluences mesurées respectivement par comptage des neutrons et par comptage des  $^3\text{He}$ . Il reste à éclaircir quel est le phénomène physique qui conduit à cette déviation seulement dans le cas où la cible est inclinée à  $45^\circ$ , puisque le calcul de l'effet de diffusion multiple coulombienne des deutons dans la cible (atomes de Ti) ne permet pas de confirmer cette hypothèse.

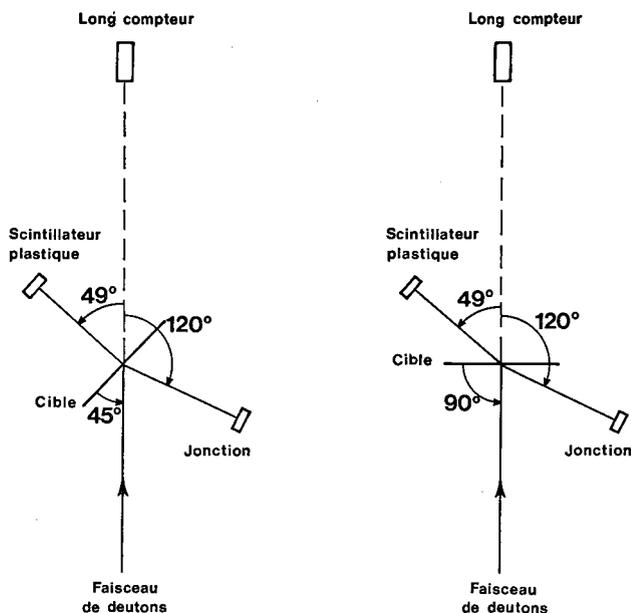


Fig. 13. — Disposition géométrique des détecteurs pour la mesure de débits de fluence.

### Divers

*Modernisation des appareils électroniques.* — La majeure partie des appareils électroniques à lampes est maintenant remplacée par des appareils transistorisés construits à notre atelier d'électronique, à savoir : deux préamplificateurs à faible bruit de fond, deux amplificateurs, un circuit de coïncidences, trois sélecteurs d'amplitude à une bande avec temps mort associé, un intégrateur de charges, une alimentation de 300 V pour la jonction. Deux ensembles de quatre échelles de comptage chacun ont aussi été construits en vue d'une acquisition automatique des données.

*Installation d'un écran d'eau de protection.* — Lorsque l'accélérateur fonctionne sous une tension de 140 kV et avec un courant cible de  $200 \mu\text{A}$ ,

il y a environ deux doses (1 dose  $\triangleq$  100 millirems par semaine) au passage entre le hall expérimental et la salle des mesures (passage ouvert de 1,50 m de large). Pour protéger le personnel qui fait des expériences, on a installé un écran d'eau amovible de 0,50 m d'épaisseur, 2,10 m de haut et 1,60 m de long.

### Publications

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

Depuis octobre 1971 le B.I.P.M. a publié :

1° *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde*, 5<sup>e</sup> session (1970), avec 10 Annexes.

2° *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre*, 4<sup>e</sup> session (1970), avec 15 Annexes.

3° *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants* : Section II (Mesure des radionucléides), 1<sup>re</sup> réunion (1970).

4° *Comptes rendus des séances de la 14<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures* (octobre 1971), avec 3 Annexes.

5° *Comité Consultatif des Unités*, 3<sup>e</sup> session (1970).

6° *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures*, tome 39 (60<sup>e</sup> session, septembre-octobre 1971).

#### *Publications extérieures*

PELLETIER (E.), GIACOMO (P.), Contrôle et réalisation de revêtements multidielectriques présentant des caractéristiques spectrales imposées. *Nouv. Rev. d'Optique appliquée*, 3, N° 3, 1972, pp. 133-141.

PELLETIER (E.), KLAPISCH (M.), GIACOMO (P.), Synthèse d'empilements de couches minces. *Nouv. Rev. d'Optique appliquée*, 2, N° 5, 1971, pp. 247-254.

PELLETIER (E.), GIACOMO (P.), Contrôle optique pendant la préparation d'empilements de couches minces diélectriques. *Le Vide*, N° 157, 1972, pp. 1-9.

GIACOMO (P.), Longueur d'onde du laser asservi sur le méthane rapportée à la longueur d'onde étalon de la définition du mètre. In « Proc. of the Fourth Internat. Conf. on Atomic Masses and Fundamental Constants » (Sept. 1971), Plenum Press, London-New York, 1972, pp. 348-354.

GIACOMO (P.), Évaluation interférentielle des longueurs et des épaisseurs. In « Optique Moderne en Métrologie » (École d'Été, juillet 1971), Institut d'Optique, Orsay, 1971, pp. 8-1 — 8-23.

GIACOMO (P.), HAMON (J.), HOSTACHE (J.), CARRÉ (P.), Utilisation du comptage de franges pour les mesures de longueur de haute précision. *Metrologia*, 8, 1972, pp. 72-82.

GIRARD (G.) et MÉNACHÉ (M.), Sur le calcul de la masse volumique de l'eau. *C.R. Acad. Sci.*, 274-B, 1972, pp. 377-379.

GORMAN (D.J.), RYTZ (A.) et MICHEL (H.V.), Mesures absolues de l'énergie de particules  $\alpha$  émises par le  $^{232}\text{U}$  et le  $^{240}\text{Pu}$ . *C.R. Acad. Sci.*, 275-B, 1972, pp. 291-294.

MÜLLER (J.W.), Influence of straggling effects on the accurate measure-

ment of nuclear reaction energies. In « Proc. of the Fourth Internat. Conf. on Atomic Masses and Fundamental Constants » (Sept. 1971), Plenum Press, London-New York, 1972, pp. 64-75.

RYTZ (A.), GRENNBERG (B.) and GORMAN (D.J.), New alpha energy standards. In « Proc. of the Fourth Internat. Conf. on Atomic Masses and Fundamental Constants » (Sept. 1971), Plenum Press, London-New York, 1972, pp. 1-9.

SAKUMA (A.), Recent developments in the absolute measurement of gravitational acceleration. In « Proc. of the Int. Conf. on Precision Measurement and Fundamental Constants » (Gaithersburg, August 1970), N.B.S. Special Publication 343, 1971, pp. 447-456.

TERRIEN (J.), News from the Bureau International des Poids et Mesures. *Metrologia*, 8, 1972, pp. 32-36.

TERRIEN (J.) et DESVIGNES (F.), La Photométrie. Collection « Que sais-je? », N° 1467, Presses Universitaires de France, Paris, 1972, 128 pages.

### Rapports internes

Ces rapports constituent essentiellement des documents de travail; ils peuvent être fournis sur demande.

— Phénomènes aléatoires et statistiques de comptage, par J. W. Müller (Rapport BIPM-71/5, octobre 1971, 5 pages).

— L'influence du temps mort  $\tau_c$  sur les paires de coïncidences, par J. W. Müller (Rapport BIPM-71/6, novembre 1971, 9 pages).

— Préparation de sources électrolytiques et technique du « sandwich », par C. Colas, A. Rytz et C. Veyradier (Rapport BIPM-72/1, janvier 1972, 6 pages).

— Alpha spectrometry; progress report, par A. Rytz et D. J. Gorman (Rapport BIPM-72/2, février 1972, 6 pages).

— Intervalles entre impulsions corrélées, par J. W. Müller (Rapport BIPM-72/3, mars 1972, 5 pages) (\*).

— A compilation of recalibrated  $\alpha$ -particle energy and intensity values, par A. Rytz (Rapport BIPM-72/4, mars 1972, 16 pages).

— Étude d'une microbalance Mettler du type M 5, par A. Rytz et C. Colas (Rapport BIPM-72/5, avril 1972, 13 pages).

— Maximum-likelihood fit to points originating from different Poisson distributions, par D. J. Gorman et J. W. Müller (Rapport BIPM-72/6, mars 1972, 12 pages) (\*).

— On the limiting behaviour of the interval density for an extended dead time, par J. W. Müller (Rapport BIPM-72/7, mai 1972, 7 pages).

— Absorption saturée et asservissement de lasers, par P. Giacomo (Rapport BIPM-72/8, juin 1972, 9 pages).

— On the effect of two extended dead times in series, par J. W. Müller (Rapport BIPM-72/9, juin 1972, 7 pages).

— A general test for detecting dead-time distortions in a Poisson process, par J. W. Müller (Rapport BIPM-72/10, octobre 1972, 6 pages).

— Mémento des sous-programmes B.I.P.M., mis à jour périodiquement, par P. Carré et F. Lesueur (Rapport BIPM-71/3, dernière mise à jour: janvier 1972, au total 20 pages).

---

(\* ) Ce rapport est publié dans le *Recueil de Travaux du B.I.P.M.*, Volume 3.

— Traitement statistique des résultats de mesure (*suite*). Exposés faits au B.I.P.M. par J. W. Müller, notes prises et rédigées par P. Carré (Rapport BIPM-108, 144 pages, 24 pages d'exercices, à suivre).

— Sur les différentes tables de dilatation thermique de l'eau entre 0 et 40 °C, par M. Menaché et G. Girard (septembre 1972, 39 pages : texte français et anglais) (\*).

— Les Kilogrammes prototypes, par G. Girard (Rapport BIPM-72/11, octobre 1972, 5 pages).

### Certificats, Notes et Rapport d'étude

Du 1<sup>er</sup> septembre 1971 au 30 septembre 1972, 57 Certificats, 2 Notes et 1 Rapport d'étude ont été délivrés.

#### CERTIFICATS

1971

N°		
21.	Etalon de 1 ohm, N° 143 157 .....	Comité de la Qualité, de la Standardisation et de la Métrologie, Sofia, Bulgarie.
22.	Etalon de 0,1 ohm, N° 140 113 .....	Id.
23.	Etalon de 10 ohms, N° 88 326 .....	Id.
24.	Etalon de 100 ohms, N° 146 237 .....	Id.
25.	Etalon de 1 000 ohms, N° 108 984 .....	Id.
26.	Etalon de 10 000 ohms, N° 148 531 .....	Id.
27.	Etalon de 100 000 ohms, N° 129 368 .....	Id.
28.	Etalon de 1 ohm, N° 130 012 .....	Faculté Electrotechnique, Prague, Tchécoslovaquie.
29.	Etalon de 10 ohms, N° 129 884 .....	Id.
30.	Etalon de 100 ohms, N° 129 943 .....	Id.
31.	Etalon de 1 000 ohms, N° 130 081 .....	Id.
32.	Six étalons de force électromotrice, N <sup>OS</sup> 7594, 7595, 7596, 7597, 7598 et 7599 ....	Tekelec-Airtronic, Sèvres, France.
33.	Etalon de 1 ohm, N° 755 517 .....	National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud.
34.	Trois étalons de 1 ohm, N <sup>OS</sup> 1 753 639, 1 753 641, 1 756 653 .....	Service de la Métrologie des Pays-Bas, 's-Gravenhage, Pays-Bas.
35.	Etalon de 10 000 ohms, N° 198 .....	Id.
36.	Etalon de 10 000 ohms, N° 851 036 .....	Id.
37.	Six étalons de force électromotrice, N <sup>OS</sup> 66 087, 66 091, 66 124, 66 132, 67 045 et 67 049 .....	Id.
38.	Quatre étalons de force électromotrice, N <sup>OS</sup> 35 403, 35 405, 35 633 et 35 668 ....	Id.

(\*) Voir note page précédente.

1971 (suite)

N°		
39.	Règle de 1 m, N° 15 481, en acier au nickel .....	Department of Industry and Commerce, Dublin, Irlande.
40.	Boîte de résistance à décades, N° 214 826 .....	Junta De Energia Nuclear, Madrid, Espagne.
41.	Deux résistances de 1 442 000 ohms, N°s 2552-A et 2553-B .....	Id.
42.	Trois étalons de force électromotrice, N°s 31 162, 31 163 et 31 165 .....	Centre national d'Etudes Spatiales, Brétigny-sur-Orge, France.
43.	Deux étalons de force électromotrice, N°s 205 378 A et B .....	Id.
44.	Etalon de 10 000 ohms, N° 126 .....	Id.
45.	Deux étalons de force électromotrice, N°s 7877 et 7878 (addition) .....	Service Belge de la Métrologie, Bruxelles, Belgique.
46.	Deux étalons de 1 ohm, N°s 2398 et 2400 (addition) .....	Id.
47.	Trois étalons de force électromotrice, N°s 847, 849 et 850 (addition) .....	Institut de Recherche de la Défense Nationale, Stockholm, Suède.
48.	Règle de 1 m, N° OY2222, en acier au nickel .....	National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud.
49.	Trois masses de 10 g .....	Laboratoire National d'Essais du Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris, France.
50.	Cinq étalons de force électromotrice, N°s 1, 2, 3, 4, 5 .....	Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos-Aires, Argentine.
51.	Etalon de 1 ohm, N° 1 590 569 (addition) .	Id.
52.	Six étalons de force électromotrice, N°s 2722, 2723, 2724, 2725, 2726 et 2727 ....	Centre OTAN d'approvisionnement, Capellen, Luxembourg.

1972

1.	Quatre étalons de force électromotrice, N°s 1, 2, 3 et 4 .....	Metrix, Compagnie Générale de Métrologie, Annecy, France.
2.	Cinq calibres étalons, en acier de 125, 150, 175, 200 et 250 mm .....	Det Norske Justervesen, Oslo, Norvège.
3.	Quatre calibres étalons, en acier, de 250, 300, 400 et 500 mm .....	Id.
4.	Quatre étalons de force électromotrice, N°s 415 968 A et B et 453 093 A et B ....	Urad Pro Normalizaci, Prague, Tchécoslovaquie.
5.	Règle de 1 m, N° 10 230, en invar (addition) .....	Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire, Genève, Suisse.
6.	Deux étalons secondaires d'intensité lumineuse, N°s 63 et 311 (Tc 2357 K) (addition) .....	Bureau Fédéral des Poids et Mesures, Wabern, Suisse.
7.	Etalon de 1 ohm, N° 76 080 (addition) ....	Office National des Mesures, Budapest, Hongrie.
8.	Etalon de 10 ohms, N° 679 RE4 .....	Institut d'Optique, Orsay, France.
9.	Etalon de 1 000 ohms, N° 613 RE6h .....	Id.

1972 (suite)

N°		
10.	Etalon de 1 ohm, N° M.3084 (addition) ....	Centre National d'Etudes Spatiales, Brétigny-sur-Orge, France.
11.	Trois étalons de 1 ohm, N°s 1 753 639, 1 753 641 et 1 756 653 (addition) .....	Service de la Métrologie des Pays-Bas, 's-Gravenhage, Pays-Bas.
12.	Kilogramme, N° 72, en Nicral D .....	Ministère d'Economie Nationale, Athènes, Grèce.
13.	Kilogramme, É 69, en Immaculate V .....	Irlande.
14.	Quatre étalons de force électromotrice, N°s 1, 2, 3 et 4 (addition) .....	Metrix, Compagnie Générale de Métrologie, Annecy, France.
15.	Six étalons de force électromotrice, N°s 66 087, 66 091, 66 124, 66 132, 67 045, 67 049 (addition) .....	Service de la Métrologie des Pays-Bas, 's-Gravenhage, Pays-Bas.
16.	Quatre étalons de force électromotrice, N°s 35 403, 35 405, 35 633, 35 668 (addition) .....	Id.
17.	Quatre thermocouples platine/platine rhodié, N°s A, B, C, D .....	Id.
18.	Calibre étalon de 1 000 mm, en acier .....	Urad Pro Normalizaci, Prague, Tchécoslovaquie.
19.	Etalon de 10 000 ohms, N° 851 036 (addition) .....	Service de la Métrologie des Pays-Bas, 's-Gravenhage, Pays-Bas.
20.	Etalon de 10 000 ohms, N° 851 015 .....	Id.
21.	Etalon de 1 ohm, N° 1 624 034 (addition) .....	Bureau Fédéral des Poids et Mesures, Wabern, Suisse.
22.	Etalon de force électromotrice, N° 382 064 (addition) .....	Id.
23.	Quatre fils géodésiques de 24 m, N°s 656, 657, 658, 659 .....	Institut für Landes und Katastervermessung, Vienne, Autriche.
24.	Trois fils géodésiques de 24 m, N°s 660, 661, 662 .....	S.R.P.I.-Morin, Cachan, France.
25.	Mètre prototype N° 2 .....	Suisse.

NOTES D'ETUDE

1972

1.	Deux thermistances .....	Institut Universitaire de Technologie, Le Havre, France.
2.	Dilatabilité de dix longueurs de fil Invar de 24 m .....	Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire, Genève, Suisse.

RAPPORT

1972

1.	Ruban de 50 m, en invar, N° 505 A .....	National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud.
----	---	--

#### IV. — ACTIVITÉS ET RELATIONS EXTÉRIEURES

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

La publication par le B.I.P.M. à la fin de 1970 de la 1<sup>re</sup> édition de la brochure « Le Système International d'Unités (SI) », et les traductions en plusieurs langues de cette brochure ont grandement contribué à la diffusion et à la mise en application du SI dans les pays métriques. Cette diffusion s'est en outre étendue aux pays qui ont décidé ou envisagent d'adopter les mesures métriques (?). Une 2<sup>e</sup> édition de cette brochure, mise à jour et amendée, sera publiée en 1973.

Cette nouvelle et importante expansion du système métrique dans le monde a conduit le B.I.P.M. à fournir à certains pays des renseignements sur ses activités et sur les unités et les étalons des mesures physiques.

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

Le B.I.P.M. collabore, comme il se doit, aux travaux de commissions de normalisation, terminologie, unités de diverses organisations internationales et françaises : Commission Internationale de l'Éclairage, Unions Internationales de Physique Pure et Appliquée, de Chimie Pure et Appliquée, Commission Électrotechnique Internationale, Organisation Internationale de Normalisation (ISO/TC 12), Association Française de Normalisation, etc.

Il fait partie de l'Association « Common-Europe », dont le rôle est de promouvoir les échanges bénévoles de programmes pour petits ordinateurs IBM afin d'accroître l'efficacité ou la facilité d'utilisation de ces ordinateurs.

Le Directeur, qui a été élu l'un des vice-présidents de la Commission Internationale de l'Éclairage, a assisté à deux réunions de son Conseil d'Administration, à Paris en novembre 1971 et à Budapest en mai 1972.

Il a d'autre part participé aux travaux des organismes suivants :

— en février 1972, avec A. Sakuma, réunion à Paris au Bureau Central de l'Association Internationale de Géodésie où furent discutés des programmes de gravimétrie;

— en juin 1972, Conférence internationale de CODATA (Le Creusot, France) et réunion de son Groupe de travail des Constantes Fondamentales (au Pavillon de Breteuil).

— en août 1972, réunion (au Pavillon de Breteuil) de la Commission « Symboles, Unités, Nomenclature » de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée.

---

(?) MOREAU (H.), Les récents progrès du Système Métrique. *Comptes rendus des séances de la 14<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures* (1971), pp. 122-137.

Plusieurs membres du personnel (J. Terrien, P. Giacomo, A. Allisy, A. Rytz, J. Bonhoure) ont pris part aux réunions des Groupes de travail du Bureau National de Métrologie français.

### Voyages, Visites, Conférences, Exposés du personnel

Dans ce qui suit, le signe ++ ou + indique un déplacement effectué sur invitation d'un organisme international, national ou privé, et dont les frais ont été pris en charge par cet organisme, totalement (++) ou partiellement (+).

Le Directeur du B.I.P.M. a effectué les voyages suivants :

— en mars 1972, à Nancy<sup>++</sup> : conférence à la Société Française de Physique sur les Étalons des mesures physiques et le Bureau International des Poids et Mesures, et visite des laboratoires de l'Université de Nancy, en particulier le laboratoire de spectroscopie infrarouge du Prof. Hadni;

— en mars 1972, à Teddington : participation à la réunion préparatoire de la Conférence de Métrologie de l'Europe Occidentale qui est prévue au National Physical Laboratory en avril 1973; visite de quelques laboratoires du N.P.L. et entretiens avec le vice-président du C.I.P.M., Mr Dunworth;

— en mai 1972, à Budapest (à l'occasion de la réunion du Conseil d'Administration de la C.I.E.): entretiens avec Mr Honti, membre du C.I.P.M., sur l'utilisation de la fraction de la contribution hongroise payée en monnaie nationale;

— en septembre 1972 : à Buenos Aires pour l'inauguration de l'Instituto Nacional de Tecnologia Industrial, puis à Washington<sup>++</sup> pour la 14<sup>e</sup> Assemblée Générale et le cinquantenaire de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée; visite de divers laboratoires, en particulier le N.B.S. à Gaithersburg.

P. Giacomo et J.-M. Chartier sont allés au N.P.L. (Teddington) les 16 et 17 mars 1972 pour se documenter sur l'asservissement de lasers sur une raie d'absorption saturée de l'iode.

P. Giacomo et G. Leclerc se sont rendus du 18 juin au 3 juillet 1972 au N.R.C. (Ottawa), au N.B.S. (Washington) puis au N.B.S. (Boulder) où ils ont participé à la « Conference on Precision Electromagnetic Measurements »; P. Giacomo y a présenté un exposé sur « Longueur d'onde d'un laser asservi par absorption saturée rapportée à la radiation étalon du krypton »; ils ont ensuite assisté à l'« International Symposium on Algorithms used in Calculation of Atomic Time Scales ».

P. Giacomo a assisté à l'Assemblée Générale de l'U.R.S.I., à Varsovie, du 21 au 29 août 1972, au Symposium International de Métrologie<sup>+</sup>, à Bratislava, du 5 au 8 septembre 1972 et à la Conférence Générale de la Société Européenne de Physique, à Wiesbaden, du 3 au 6 octobre 1972.

A. Allisy a participé aux réunions suivantes à Vienne (Autriche):

— du 13 au 17 décembre 1971 : « Panel on national and international dose intercomparisons » (A.I.E.A.);

— du 8 au 13 mai 1972<sup>++</sup> : « Main Commission I.C.R.U. »

P. Carré a participé du 30 août au 1<sup>er</sup> septembre 1971 au séminaire

« Étalons de fréquence et métrologie » organisé par l'Université Laval à Québec.

Il a représenté le B.I.P.M. à la conférence intergouvernementale pour l'établissement d'un système mondial d'information scientifique (UNISIST) organisée par l'U.N.E.S.C.O. (Paris 4-8 octobre 1971).

P. Carré et J. Hamon ont visité le Bureau Fédéral des Poids et Mesures (Wabern) le 13 mars 1972 et la Société Genevoise d'Instruments de Physique les 14 et 15 mars.

P. Carré et F. Lesueur ont participé à Lyon, le 16 mars 1972, à la journée consacrée à la commande numérique, organisée dans le cadre des réunions périodiques d'utilisateurs de petits ordinateurs I.B.M.

A. Rytz a effectué les déplacements suivants :

— les 4 et 5 novembre 1971 au B.C.M.N. d'Euratom (Geel) et le 14 mars 1972 au B.I.P.M. participation, en tant que coordinateur, aux réunions de la commission de la section II du C.C.E.M.R.I. pour les problèmes de la micropesée;

— du 6 au 8 juin 1972++ : visite de plusieurs laboratoires de la P.T.B. (Braunschweig) et exposé sur « Magnetische Korrekturen bei der Absolutmessung von  $\alpha$ -Energien »;

— le 15 juin 1972 : visite de l'usine Mettler-Instrumente AG à Greifensee (Suisse) et discussion sur les problèmes de micropesée avec des représentants de cette société;

— le 16 juin : exposé à l'Institut de physique de l'Université de Zurich sur le même sujet qu'à la P.T.B.

A. Rytz et J. W. Müller ont participé à Herceg Novi (Yougoslavie), du 21 août au 1<sup>er</sup> septembre 1972, à la Première École d'été sur la métrologie des radionucléides et ont fait chacun une conférence, l'un sur « Alpha particle energy standards », l'autre sur « Dead-time problems ».

Avant de se rendre à Herceg Novi, J. W. Müller a séjourné à Budapest du 15 au 20 août où, sur invitation de l'Office National des Mesures (O.M.H.), il a visité les laboratoires de la section des rayonnements ionisants et fait une conférence sur « Die Korrelationsfunktion und ihre praktische Anwendung auf kernphysikalische Zählprozesse ».

Il s'est rendu du 14 au 16 juin 1972 à Madrid++, sur l'invitation de la Junta de Energia Nuclear, où il a donné deux conférences sur « Le comptage d'impulsions nucléaires considéré comme un processus de renouvellement » et « La fonction de corrélation : un nouvel outil pour étudier les statistiques de comptage ».

A. Sakuma s'est rendu à Luxembourg du 17 au 19 janvier 1972 et du 28 février au 1<sup>er</sup> mars 1972 pour assister aux « Journées Luxembourgeoises de Géophysique » où il a fait une conférence sur la mesure de  $g$  au B.I.P.M.

G. Girard a visité à Genève, les 13 et 14 septembre 1971, les installations de l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (C.E.R.N.) pour discuter des problèmes de mesures géodésiques en liaison avec l'implantation des grands accélérateurs.

Dans le cadre de l'information du personnel du B.I.P.M., les exposés suivants ont été présentés :

— par J. W. Müller : suite de la série, commencée en mai 1969, sur le

« Traitement statistique des résultats de mesure » (voir Rapports internes p. 83);

— par P. Giacomo et J.-M. Chartier, les 10 et 30 mai 1972 : Absorption saturée et asservissement de lasers;

— par P. Giacomo et J. Hamon, le 30 mai 1972 : Examen de surfaces planes; franges à  $\lambda/100$  et à  $5 \lambda$ ;

— par G. Basile (Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Turin), le 20 juin 1972 : Mesure de la constante réticulaire du silicium;

— par P. Carré, le 20 juin 1972 : Principe des microscopes photoélectriques du comparateur du B.I.P.M. et améliorations possibles.

### Visites et Stages au B.I.P.M.

Les visites de physiciens ou professeurs de toutes nationalités sont toujours très nombreuses. Environ quinze visites ont été organisées pour des groupes de chercheurs, d'ingénieurs ou d'étudiants. Nous ne citerons que les stages et visites qui ont une répercussion directe sur les travaux du B.I.P.M.

M<sup>lle</sup> M.-T. Niatel et M<sup>me</sup> M. Boutillon (Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale, Paris) et M<sup>lle</sup> A.-M. Roux (Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, Paris) ont poursuivi leur participation au travail du groupe des rayons X et  $\gamma$  de la section des rayonnements ionisants.

Mr P. Brun (Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, Paris) poursuit dans le groupe des rayons X et  $\gamma$  le stage qu'il avait commencé en décembre 1970.

MM. B. N. Taylor, V. E. Bower et T. F. Finnegan (N.B.S., Washington) sont venus discuter le 13 septembre 1971 du rattachement de  $V_{NBS}$  à  $V_{69-BI}$ .

MM. R. L. Barger et H. S. Boyne (N.B.S., Boulder) sont venus discuter du 13 au 18 septembre 1971 des mesures de longueur d'onde du laser asservi sur  $CH_4$ .

MM. Nicolau et Gruzniczki (Institut de Métrologie, Bucarest) ont visité le B.I.P.M. le 14 et le 16 septembre 1971; Mr Gruzniczki a fait un stage aux sections d'interférométrie et de mesure des longueurs du 29 novembre au 4 décembre, en même temps que Mr Bouchareine (Institut National de Métrologie, Paris).

MM. J. A. Barnes et D. Halford (N.B.S., Boulder), se sont spécialement intéressés aux problèmes communs aux étalons de longueur et de fréquence (17 septembre 1971).

MM. G. Cerutti et L. Cannizzo (Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Turin) ont fait plusieurs stages de longue durée depuis le 28 septembre 1971 à la section de gravimétrie pour la mise au point d'un gravimètre transportable.

Mr R. Loevinger (N.B.S., Washington) est venu le 7 octobre 1971 discuter des résultats des mesures d'exposition, de puissance et d'activité faites au B.I.P.M. et au N.B.S.

MM. A. Horsfield et B. W. Petley (N.P.L., Teddington) ont discuté, du 20 au 22 octobre 1971, de l'utilisation de l'effet Josephson pour la conservation du volt.

Mr Y. Sakurai (National Research Laboratory of Metrology, Tokyo) a fait un stage du 2 novembre au 25 décembre 1971 et s'est particulièrement intéressé aux mesures de longueurs à traits et à bouts, ainsi qu'à la mesure de  $g$  et aux mesures interférentielles. Il a participé à l'étude de la règle N° 4002.

Mr T. Plebansky (Polski Komitet Normalizacji i Miar, Varsovie) s'est particulièrement intéressé aux mesures de masses volumiques (18-19 novembre 1971).

Mr Phan Dao (Laboratoire National d'Essais, Paris) a fait un stage d'une dizaine de jours en janvier 1972 pour se familiariser avec nos techniques d'étalonnage de sources radioactives.

Mr R. Muijluijk (Service de la Métrologie des Pays-Bas, 's-Gravenhage) et Mr F. Bayer-Helms (P.T.B., Braunschweig) ont visité nos sections de mesure des longueurs et d'interférométrie (25 au 28 janvier 1972).

Mr G. H. Hofmeester (Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Bilthoven, Pays-Bas) a commencé, le 1<sup>er</sup> mars 1972, un stage d'un an dans le groupe des rayons X et  $\gamma$  de la section des rayonnements ionisants.

Mr V. E. Lewis (N.P.L., Teddington) a visité du 7 au 9 mars 1972 la section des rayonnements ionisants et fait le 8 mars un exposé sur « Comptages absolus par la méthode de corrélation ».

Mr M. J. Berger (N.B.S., Washington) est venu le 24 mars 1972 pour discuter de divers problèmes théoriques avec les membres du groupe des rayons X et  $\gamma$ .

Mr G. Basile (Istituto di Metrologia G. Colonnetti, Turin) a fait un stage de quatre mois du 6 mars au 6 juillet 1972, principalement pour se familiariser avec les mesures interférentielles.

A l'occasion de sa venue au B.I.P.M. pour participer du 3 au 5 mai 1972 à la réunion de la Section I du C.C.E.M.R.I., Mr G. Bengtsson (National Institute for Radiation Protection, Stockholm) a contrôlé l'étalonnage, effectué en 1970, d'une chambre de transfert pour la mesure de l'exposition dans un faisceau de rayons  $\gamma$  du <sup>60</sup>Co.

Mr W. van der Eijk (Bureau Central de Mesures Nucléaires d'Euratom, Geel) a visité les laboratoires des mesures de radionucléides le 24 mai 1972; il s'est intéressé aussi aux mesures de masses et à la mesure de  $g$ .

Mr Ulrich (Bureau Fédéral des Poids et Mesures, Wabern) a apporté le Mètre prototype suisse N° 2 le 30 mai 1972; du 30 mai au 2 juin, il a visité la plupart des sections du B.I.P.M.

Mr W. Kupper (Société Mettler, Greifensee, Suisse) a visité plusieurs de nos laboratoires les 21 et 22 juin 1972 et a discuté avec nous des problèmes de la micropesée.

MM. Dorenwendt, Lebowsky et Balhorn (P.T.B., Braunschweig) ont eu avec nous des échanges de vues sur les mesures de longueur d'onde et la mesure des règles divisées (22 et 23 juin 1972).

Mr Bonaudo (Istituto Termometrico Italiano, Turin) est venu se documenter, du 3 au 7 juillet 1972, sur le fonctionnement de notre manobaromètre interférentiel.

Mr T. Suzuki (International Latitude Observatory, Mizusawa, Japon) a commencé, le 11 août 1972, un stage de dix mois à la section de gravimétrie.

Mr E. Green (N.R.C., Ottawa) a apporté le 24 août 1972 le Kilogramme prototype canadien N° 50 et s'est intéressé aux mesures de masse volumique.

Mr A. Urcelay (Laboratorio de Normas Radiactivas, Mexico) a visité les laboratoires des mesures de radionucléides, le 8 septembre 1972, et s'est intéressé à plusieurs détails techniques.

Mr G. C. Lowenthal (Australian Atomic Energy Commission) a discuté avec nous, le 18 septembre 1972, différents problèmes de comparaisons de radionucléides.

Mr M. Ménaché (Institut Océanographique, Paris) a fait de nombreuses visites au B.I.P.M. pour discuter de sujets relatifs à la masse volumique de l'eau.

## 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 1971.

### Compte I. — Fonds ordinaires

RECETTES		francs-or
Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1971.....		1 705 698,88
Recettes budgétaires.....		2 477 400,40
Différences de change.....		47 882,17
Total.....		<u>4 230 981,45</u>

DÉPENSES		francs-or
Dépenses budgétaires.....		2 276 855,25
Versement au compte « Remboursements aux États ».....		36 447,00
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1971.....		1 917 679,20
Total.....		<u>4 230 981,45</u>

#### DÉTAIL DES RECETTES BUDGÉTAIRES

Versements de contributions :

		francs-or
au titre de l'exercice 1971.....	2 089 185,00	} 2 331 654,00
au titre des exercices antérieurs.....	175 298,00	
au titre de l'exercice 1972.....	67 171,00	
Intérêts des fonds.....		54 977,17
Taxes de vérification.....		2 828,62
Remboursements des taxes sur les achats.....		83 843,07
Recettes diverses.....		4 097,54
Total.....		<u>2 477 400,40</u>

DÉTAIL DES DÉPENSES BUDGÉTAIRES

Chapitres	Dépenses de l'exercice	Prévisions budgétaires	Économies	Dépassements
	francs-or	francs-or	francs-or	francs-or
<b>A. Dépenses de personnel :</b>				
1. Traitements.....	1 023 569,09	1 200 000	176 430,91	-
2. Allocations familiales.....	59 603,12	66 000	6 396,88	-
3. Sécurité sociale.....	61 867,67	58 000	-	3 867,67
4. Assurance-accidents.....	10 857,95	11 000	142,05	-
5. Caisse de Retraites.....	120 000	120 000	-	-
<b>B. Dépenses de fonctionnement :</b>				
1. Bâtiments (entretien).....	168 151,49	230 000	61 848,51	-
2. Mobilier.....	7 420,47	5 000	-	2 420,47
3. Laboratoires et ateliers.....	254 924,45	310 000	55 075,55	-
4. Chauffage, eau, énergie électrique.....	69 482,49	90 000	20 517,51	-
5. Assurances.....	3 167,17	5 000	1 832,83	-
6. Impressions et publications.....	28 257,40	35 000	6 742,60	-
7. Frais de bureau.....	39 044,72	40 000	955,28	-
8. Voyages.....	29 040,32	40 000	10 959,68	-
9. Bureau du Comité.....	12 000	12 000	-	-
<b>C. Dépenses d'investissement :</b>				
1. Laboratoires.....	304 794,39	300 000	-	4 794,39
2. Atelier de mécanique.....	11 600,30	20 000	8 399,70	-
3. Atelier d'électronique.....	13 113,98	15 000	1 886,02	-
4. Bibliothèque.....	14 238,42	18 000	3 761,58	-
D. Frais divers et imprévus.....	45 721,82	130 000	84 278,18	-
E. Utilisation de monnaies non convertibles.....	-	90 000	90 000	-
<b>Totaux.....</b>	<b>2 276 855,25</b>	<b>2 795 000</b>	<b>529 227,28</b>	<b>11 082,53</b>

**Compte II. — Caisse de Retraites**

RECETTES

	francs-or
Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1971.....	287 973,41
Intérêts des fonds.....	10 015,76
Retenues sur les traitements.....	52 865,95
Virement du Compte I.....	120 000,00
<b>Total.....</b>	<b>470 855,12</b>

DÉPENSES

	francs-or
Pensions servies.....	102 230,89
<b>ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1971.....</b>	<b>368 624,23</b>
<b>Total.....</b>	<b>470 855,12</b>

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

**RECETTES**

	francs-or
Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1971.....	8 663,59
Contribution d'entrée du Cameroun.....	13 100,00
<b>ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1971.....</b>	<b><u>21 763,59</u></b>

**Bilan**

**AU 31 DÉCEMBRE 1971**

	francs-or
Compte I « Fonds ordinaires ».....	1 917 679,20
Compte II « Caisse de Retraites ».....	368 624,23
Compte III « Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique ».....	<u>21 763,59</u>
<b>ACTIF NET.....</b>	<b><u>2 308 067,02</u></b>

Cet actif se décompose comme suit :

**a. Fonds déposés en banque :**

	francs-or
1° En monnaie française.....	884 471,15
2° » U. S. A.....	582 418,27
3° » suisse.....	785 108,75
4° » britannique.....	45 058,81
5° » hongroise.....	5 155,78
6° » polonaise.....	26 611,06

<b>b. Espèces en caisse.....</b>	<b><u>23 832,20</u></b>
<b>Total.....</b>	<b><u>2 352 656,02</u></b>

**A déduire :**

Provision pour remboursements aux États.....	<u>44 589,00</u>
<b>ACTIF NET.....</b>	<b><u>2 308 067,02</u></b>

---

## 13<sup>e</sup> RAPPORT

DU

COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Par A. F. DUNN, Rapporteur

---

Le Comité Consultatif d'Électricité (C.C.E.) s'est réuni pour sa treizième session au Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres, où il a tenu trois séances les jeudi 12 et vendredi 13 octobre 1972.

Étaient présents :

F. J. LEHANY, Membre du C.I.P.M., président du C.C.E.

Les délégués des laboratoires membres :

Conseil National de Recherches [N.R.C.], Ottawa (A. F. DUNN, Chef de la Section Électricité).

Conservatoire National des Arts et Métiers : Laboratoire Central des Industries Électriques [L.C.I.E.], Fontenay-aux-Roses (Ph. OLMER, Directeur général; J. BLOUET, Responsable du Département Métrologie; N. ELNÉKAVÉ, Chef de Service).

Electrotechnical Laboratory [E.T.L.], Tokyo (R. ISHIGE, Chief, Radio Electronics Section).

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris [I.E.N.], Turin (C. EGIDI, Conseiller en métrologie; E. ARRI, Chef du Département Métrologie électrique).

National Bureau of Standards [N.B.S.], Washington (C. H. PAGE, Chief, Electricity Division; H. M. ALTSCHULER, Senior Research Scientist, Electromagnetics Division).

National Physical Laboratory [N.P.L.], Teddington (A. E. BAILEY, Superintendent, Division of Electrical Science; G. H. RAYNER, Principal Scientific Officer).

National Physical Research Laboratory [N.P.R.L.], Pretoria  
(R. TURNER, Head, Precise Physical Measurement Division).  
National Standards Laboratory [N.S.L.], Chippendale (D. L.  
HOLLWAY, Leader, Radiofrequency and Microwave Section).  
Physikalisch-Technische Bundesanstalt [P.T.B.], Braunschweig  
(H. J. SCHRADER, Vizepräsident; W. CLAUSSNITZER, Leitender  
Direktor).

Le Directeur du B.I.P.M. (J. TERRIEN).

Assistaient aussi à la session : P. GIACOMO, sous-directeur du B.I.P.M. ;  
G. LECLERC et T. WITT (B.I.P.M.).

Absents : Deutsches Amt für Messwesen und Warenprüfung  
[D.A.M.W.], Berlin; Institut de Métrologie D.I. Mendéléév  
[I.M.M.], Leningrad.

Le Président et le Directeur du B.I.P.M. souhaitent la bienvenue  
aux participants, puis l'ordre du jour qui avait été envoyé aux membres  
le 8 juin 1972 est adopté.

Mr Dunn est nommé rapporteur, assisté de Mr Leclerc  
comme secrétaire.

### **1. Résultats des 12<sup>e</sup> comparaisons (1970) des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice. Organisation des prochaines comparaisons**

Mr Leclerc n'a aucun commentaire à ajouter au rapport sur la compa-  
raison des étalons nationaux de résistance (Document 72-1) <sup>(1)</sup>.

En ce qui concerne les réalisations de l'unité de force électromotrice  
(Document 72-2), il indique que des comparaisons bilatérales ultérieures  
entre le N.B.S. et quatre laboratoires, dont le B.I.P.M., en utilisant  
des enceintes thermorégulées transportables ont fait apparaître des  
incohérences : certaines de ces comparaisons confirment les résultats  
de la comparaison internationale, d'autres sont en désaccord de 0,5 à  
0,6  $\mu$ V. Ces divergences sont décevantes, car la sensibilité supposée  
de ces comparaisons bilatérales était 0,1  $\mu$ V, et elles demeurent inexpli-  
quées. En conséquence, Mr Leclerc souhaite que les laboratoires parti-  
cipants engagent dans la prochaine comparaison internationale, comme  
aux comparaisons antérieures, un groupe de piles nues qui seront compa-  
rées dans le bain d'huile à 20 °C du B.I.P.M., avec en plus, s'ils en ont  
la possibilité, un groupe de piles conservées dans une enceinte thermo-  
régulée.

Mr Leclerc propose également aux laboratoires d'envoyer au B.I.P.M.

---

<sup>(1)</sup> La liste des Documents de travail présentés à cette session est publiée dans  
*Comité Consultatif d'Électricité*, 13<sup>e</sup> session, 1972, Annexe E 1.

des thermomètres (à résistance ou à mercure) pour pouvoir contrôler la concordance entre les échelles de température utilisées par chaque laboratoire.

## 2. Enceintes thermorégulées pour le « transfert du volt »

Mr *Page* commente le Document 72-25 relatif au programme mis en œuvre aux États-Unis pour « transférer le volt » du N.B.S. aux autres laboratoires américains. Ce programme, fondé sur l'emploi de piles conservées dans des enceintes thermorégulées transportables, permet de contrôler les valeurs locales avec une précision d'environ  $1 \times 10^{-7}$ .

Mr *Page* fait aussi remarquer que si les comparaisons s'effectuaient assez rapidement, l'utilisation de piles non saturées permettrait de réduire l'influence possible des variations de la température ambiante; d'ailleurs, au N.B.S., on emploie conjointement des piles saturées et des piles non saturées pour contrôler le comportement du groupe primaire de référence au moyen de l'effet Josephson.

Mr *Schrader* dit qu'à la P.T.B. on envisage aussi l'utilisation de piles non saturées lors de la mise en œuvre de l'effet Josephson.

## 3. Comparaison internationale d'étalons de résistance de $10^4 \Omega$

### Date des prochaines comparaisons triennales

Plusieurs laboratoires souhaitent qu'une comparaison internationale d'étalons de résistance de  $10^4 \Omega$  soit effectuée par le B.I.P.M. Ces étalons jouent en effet un rôle essentiel dans la détermination absolue de l'ohm et sont maintenant de très bonne qualité.

Le B.I.P.M. est d'accord pour effectuer cette comparaison à la même époque que la comparaison triennale des étalons de  $1 \Omega$ . Le C.C.E. décide que la comparaison sera faite à  $20^\circ\text{C}$ . La P.T.B., le N.B.S., le N.S.L., le N.R.C., l'I.E.N. et le N.P.L. enverront des étalons pour participer à cette comparaison.

Les prochaines comparaisons triennales des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice auront lieu à partir du 3 janvier 1973 et dureront jusqu'au 15 avril environ. Les participants sont invités à faire parvenir leurs étalons voyageurs au B.I.P.M. avant le 10 décembre 1972 en ce qui concerne les piles nues et les résistances, et avant le 20 janvier 1973 en ce qui concerne les piles conservées dans des enceintes thermorégulées.

## 4. Comparaison circulaire d'étalons de capacité de $10 \text{ pF}$

Le troisième et le quatrième cycles de comparaisons sont terminés; le cinquième le sera prochainement. Les résultats obtenus (Document 72-17) prouvent que la mise au point d'un condensateur calculable du type Thompson-Lampard est une entreprise difficile et de longue

haleine qui n'est pas encore terminée dans tous les laboratoires. Ils montrent par ailleurs que les condensateurs voyageurs construits au N.B.S. sont d'une stabilité égale, sinon supérieure, à celle des meilleurs étalons de résistance de  $1 \Omega$  et qu'ils permettent de comparer les étalons représentatifs de l'unité de capacité à  $1 \times 10^{-7}$  près.

Le B.I.P.M. ayant proposé que la comparaison soit prolongée, plusieurs laboratoires (P.T.B., N.S.L., N.R.C., I.E.N., E.T.L., N.P.L.) annoncent leur intention de participer à de nouveaux cycles de comparaisons.

### 5. Déterminations absolues

Le C.C.E. a pris connaissance des travaux en cours sur la détermination des unités électriques absolues, en particulier en ce qui concerne le volt (N.B.S., E.T.L., N.S.L.), le condensateur calculable (N.B.S., L.C.I.E., N.P.L.), le coefficient gyromagnétique du proton (E.T.L., N.P.L.) (Documents 72-7, 10, 8, 22, 18, 15, 5).

#### 6.7. Contrôle de la permanence des étalons de référence de f.é.m.

##### Valeur de $2e/h$

L'effet Josephson est déjà utilisé pour maintenir constante la réalisation du volt conservée dans plusieurs laboratoires. La P.T.B., le N.B.S., le N.S.L., l'E.T.L. et le L.C.I.E. décrivent leurs installations et les procédés de contrôle qu'ils emploient (Documents 72-4, 6, 3, 14 et 21).

Au cours de la discussion qui s'engage ensuite, Mr *Schrader* insiste sur le fait qu'il n'appartient pas au C.C.E. de recommander une valeur pour la constante physique fondamentale  $e/h$ .

Le C.C.E. juge par ailleurs peu souhaitable de donner un nom spécial à une unité de force électromotrice qui serait réalisée à partir de l'effet Josephson. Il considère cependant qu'en extrapolant au 1<sup>er</sup> janvier 1969 les résultats obtenus depuis cette date par différents laboratoires, on peut donner dès maintenant une estimation de la relation entre  $V_{69-BI}$  (à la date du 1<sup>er</sup> janvier 1969) (Document 72-24) et la fréquence utilisée dans la mise en œuvre de l'effet Josephson, et il adopte la déclaration E-72 (p. 100).

#### 8. Comparaison internationale d'instruments de passage courant continu — courant alternatif

Mr *Page* signale qu'une comparaison d'instruments de transfert courant continu — courant alternatif est en cours entre le N.B.S., l'I.M.M., l'E.T.L. et le N.P.L. Les instruments sont actuellement à l'I.M.M. (Document 72-11).

La participation d'autres laboratoires serait bienvenue. Les laboratoires intéressés pourront prendre contact avec Mr *Page*.

### 9. Rapport du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences

Mr *Bailey* présente le rapport de ce Groupe de travail qui s'est réuni les 10 et 11 octobre 1972 sous la présidence de Mr *Lehany* (p. 101).

Le C.C.E. approuve les Recommandations et le programme de comparaisons présentés par ce Groupe et le remercie pour le travail qu'il a effectué.

### 10. Questions diverses

*Diffusion des résultats des comparaisons internationales.* — Mr *Turner* demande comment les laboratoires qui ne participent pas aux comparaisons internationales circulaires doivent procéder pour profiter des résultats de ces comparaisons. Il est convenu que ces laboratoires doivent se mettre en rapport avec le laboratoire pilote.

*Périodicité des comparaisons des étalons nationaux.* — En réponse à une question de Mr *Rayner*, le C.C.E. confirme la périodicité triennale des comparaisons des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice. Il décide que les comparaisons auront toujours lieu durant le premier trimestre de l'année et que les étalons voyageurs devraient parvenir au B.I.P.M. au début du mois de décembre précédant ce trimestre.

\* \* \*

Au nom de ses collègues, Mr *Page* remercie le Président pour la façon aimable et efficace avec laquelle il a dirigé les travaux de la 13<sup>e</sup> session du C.C.E.

Le *Président* remercie à son tour les membres du C.C.E. de leur fructueuse collaboration.

(Octobre 1972)

### Déclaration E-72 du C.C.E. (\*)

*Le Comité Consultatif d'Électricité,*

CONSIDÉRANT

— que l'effet *Josephson* permet de reproduire des échelons de potentiel électrique avec une haute précision,

— que plusieurs laboratoires utilisent ce procédé pour maintenir constante leur réalisation du volt,

---

(\*) Cette Déclaration a été approuvée par le C.I.P.M. à sa 61<sup>e</sup> session (octobre 1972).

— que l'on dispose ainsi de résultats permettant de rattacher la valeur des échelons de potentiel d'effet Josephson aux réalisations du volt conservées dans plusieurs laboratoires,

ESTIME d'après ces résultats qu'au 1<sup>er</sup> janvier 1969  $V_{69-BI}$  était égal, à un demi-millionième près, à l'échelon de potentiel qui serait produit par l'effet Josephson dans une jonction irradiée à la fréquence de 483 594,0 GHz.

## Appendice

### Rapport du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences

Le Groupe de travail s'est réuni au Pavillon de Breteuil à Sèvres, les 10 et 11 octobre 1972.

Étaient présents: MM. F. J. Lehany, Président; G. Almassy (I.R.T., Budapest), H. M. Altschuler (N.B.S.), A. E. Bailey (N.P.L.), H. Bayer (P.T.B.), J. Blouet (L.C.I.E.), C. R. Ditchfield (R.R.E., Malvern), C. Egidi (I.E.N.), D. L. Hollway (N.S.L.), R. Ishige (E.T.L.), P. O. Lundbom (R.I.N.D., Stockholm, représentant également l'U.R.S.I.), F. Pattenson (N.R.C.).

Assistaient aussi à la réunion: MM. J. Terrien, directeur du B.I.P.M., P. Giacomo, G. Leclerc et T. Witt (B.I.P.M.).

Absents: les représentants du D.A.M.W. (Berlin) et de l'I.M.M. (Leningrad).

L'ordre du jour provisoire, qui avait été adressé aux membres le 8 juin 1972, est accepté en y ajoutant le point I.8: Méthodes à adopter pour les futures comparaisons internationales.

#### I. État d'avancement et résultats déjà connus des comparaisons internationales

I.1. *Instruments de mesure des faibles puissances à la fréquence de 3 GHz* (Laboratoire pilote: N.B.S.). — Cette comparaison, qui a débuté en 1965, a été effectivement achevée en 1968. Le rapport définitif est donné dans le Document GT-RF/72-7B <sup>(1)</sup> et les conclusions ont été publiées dans *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques*, **19**, N° 4, April 1971).

I.2. *Paramètres diélectriques à la fréquence de 10 GHz* (Laboratoire pilote: N.B.S.; participants: N.B.S., N.R.C., I.M.P.R., [le N.P.L. s'est retiré]). — Les mesures sont achevées et un projet de rapport a été présenté (Document GT-RF/72-7C). Malgré des demandes réitérées, on n'a reçu aucun commentaire de l'I.M.P.R. sur ce projet de rapport. Le Groupe de travail décide que le laboratoire pilote doit achever la préparation du rapport définitif à partir du projet actuel.

I.3. *Instruments de mesure des faibles puissances à la fréquence de 10 GHz* (trois comparaisons).

a) Laboratoire pilote: E.T.L.; participants: E.T.L., N.B.S., I.R.T., D.A.M.W., I.M.P.R., auxquels sont venus s'ajouter ultérieurement le N.R.C. et l'I.E.N.

Le rapport définitif sur cette comparaison (Document GT-RF/72-5) a été présenté au Groupe de travail. La comparaison a été du type circulaire. Les mesures ont commencé en juin 1966 et se sont achevées en décembre 1971. Sur les dix étalons voyageurs engagés à l'origine, trois seulement ont achevé sans accident (perte ou dommages) le circuit complet des mesures.

b) Laboratoire pilote: I.M.P.R.; participants: I.M.P.R., E.T.L., N.R.C., N.S.L., I.E.N., L.C.I.E., P.T.B.

On n'a reçu aucun rapport de l'I.M.P.R. (Moscou) sur cette comparaison et aucun représentant de ce laboratoire n'est présent pour donner un rapport verbal en cours de réunion. Le L.C.I.E. signale avoir reçu et mesuré les étalons voyageurs de l'I.M.P.R.

---

<sup>(1)</sup> La liste des Documents de travail présentés à cette réunion est publiée dans *Comité Consultatif d'Électricité*, 13<sup>e</sup> session, 1972, Annexe E 1.

et de l'E.T.L. En l'absence de plus ample information le Groupe de travail ne peut étudier davantage cette comparaison.

c) Comparaisons parallèles restreintes.

1) Dans le Document GT-RF/72-10, le L.C.I.E. rend compte d'une comparaison de mesures de puissance à la fréquence de 10 GHz, qui a été faite entre le L.C.I.E., la P.T.B., le N.R.C. et l'O.M.H. (Hongrie). Il s'agit d'un rapport provisoire, car un certain nombre de corrections doivent encore être apportées aux résultats de l'O.M.H.

2) Dans le Document GT-RF/72-9, le R.R.E. rend compte d'une comparaison de mesures de puissance à la fréquence de 9 GHz, qui a été faite entre le R.R.E., le N.B.S. et le R.I.N.D.

Le N.B.S. précise que de la série des comparaisons internationales de puissance effectuées sur une période d'environ dix ans, il tire une conclusion importante: au cours de cette période l'accord entre les mesures faites dans différents pays s'est amélioré d'un facteur 10 environ.

I.4. *Tension à la fréquence de 1 GHz* (Laboratoire pilote: N.B.S.; participants: N.B.S., N.R.C., O.M.H., N.P.L., auxquels est venu s'ajouter l'E.Q.D. (Grande-Bretagne)). — Un rapport provisoire sur cette comparaison a été présenté (Document GT-RF/72-7D). Tous les laboratoires ont achevé leurs mesures et fourni leur rapport, sauf l'E.Q.D. qui devrait donner ses résultats très prochainement. Cette comparaison a été du type « en étoile » plutôt que du type circulaire.

I.5. *Affaiblissement à la fréquence de 30 MHz* (Laboratoire pilote: N.S.L.; participants: N.S.L., E.T.L., N.B.S., N.R.C., N.P.L., O.M.H.). — Un rapport verbal a été donné sur cette comparaison qui a été achevée depuis l'envoi du Document provisoire GT-RF/72-2. Les dernières mesures ont fait soupçonner un défaut de stabilité des étalons voyageurs; les mesures effectuées au laboratoire pilote après retour des étalons ont confirmé ce défaut et montré qu'il était de nature à jeter le doute sur les résultats. Bien que les premiers résultats aient montré un bon accord entre les laboratoires intéressés, la seule conclusion possible était l'annulation de la totalité de la comparaison; le défaut de stabilité provenait d'un affaiblisseur tampon utilisé dans toutes les mesures; les affaiblisseurs à comparer étaient apparemment indemnes.

I.6. *Affaiblissement à la fréquence de 10 GHz, sur guide d'ondes* (Laboratoire pilote: R.I.N.D.; participants: R.I.N.D., P.T.B., O.M.H., I.E.N., L.C.I.E., N.P.L., N.R.C., N.S.L., E.T.L.). — Un rapport officieux sur cette comparaison a été présenté; il donne les résultats obtenus jusqu'ici (Document GT-RF/72-8). La comparaison est presque achevée après deux ans de mesures. Chacun des neuf laboratoires participants a fourni des étalons voyageurs; deux ont été cassés.

I.7. *Affaiblissement jusqu'à la fréquence de 8 GHz, en coaxial* (Laboratoire pilote: N.P.L.; participants: N.P.L., N.B.S., N.R.C., R.I.N.D.). — Cette comparaison s'est achevée juste avant la réunion du Groupe de travail et un rapport provisoire a été présenté (Document GT-RF/72-6). Avec quatorze étalons voyageurs qui ont été mesurés à quatre fréquences dans quatre laboratoires, cette comparaison a nécessité plus de mille mesures. L'un des étalons voyageurs s'est révélé instable et les autres étaient en mauvais état à la fin de la comparaison circulaire.

I.8. *Méthodes à adopter pour les futures comparaisons internationales.* — Le paragraphe 2 du Document GT-RF/72-3, soumis par l'I.M.M., a constitué le point de départ de la discussion du Groupe de travail sur ce problème.

Le Groupe de travail pense que les comparaisons internationales récemment achevées ont été très utiles; elles ont en effet permis de faire progresser les techniques de mesures aux radiofréquences; elles ont fourni aux laboratoires des renseignements qui leur ont permis d'élaborer leurs programmes de recherches futures; elles ont enfin permis aux laboratoires nationaux de contrôler le fonctionnement de leurs étalons de référence. Le Groupe de travail adopte à ce sujet la *Recommandation* GT-RF 1.

Lors de sa précédente réunion (1968) le Groupe de travail avait recommandé que tous les résultats des comparaisons soient immédiatement communiqués à tous les laboratoires participants. L'expérience a montré depuis que cette façon de procéder présente des inconvénients. Le Groupe de travail adopte en conséquence la *Recommandation* GT-RF 2 qui modifie sa recommandation antérieure.

L'expérience de plusieurs comparaisons internationales récentes a montré qu'il est extrêmement important de fournir des étalons voyageurs suffisamment robustes pour résister aux rigueurs d'une longue série de mesures et de les éprouver complètement avant le début de la comparaison. Il est également très souhaitable que le fonctionnement des étalons soit contrôlé à intervalles fréquents par le laboratoire pilote. Ces considérations ont conduit le Groupe de travail à la conclusion que, tout en laissant toute latitude au laboratoire pilote d'organiser la comparaison de la façon qu'il juge la meilleure, il vaudrait généralement mieux que la circulation des étalons s'effectue suivant un schéma « en étoile » (retour des étalons au laboratoire pilote après leur mesure dans chaque laboratoire) ou un schéma « en pétales » (retour des étalons après passage dans deux laboratoires), plutôt que suivant un schéma circulaire, généralement utilisé jusqu'ici.

Le Groupe de travail est d'accord pour que les laboratoires de pays qui ne sont pas représentés au Groupe de travail ou de pays qui n'adhèrent pas à la Convention du Mètre, soient encouragés à prendre part aux comparaisons futures. Le représentant de l'U.R.S.I. préparera un rapport pour publication dans le Bulletin de l'U.R.S.I. en mettant l'accent sur ce point. Des lettres personnelles aux laboratoires dont on connaît l'intérêt pour ces travaux peuvent aussi être très utiles.

Certains membres du Groupe de travail expriment leur inquiétude au sujet des retards et des absences de communication qui se sont produits au cours des récentes comparaisons internationales. C'est un problème auquel les laboratoires pilotes doivent porter une attention particulière pour les comparaisons futures: ils devraient, dès le début d'un programme, proposer aux participants un calendrier pour les mesures et faire en sorte que tout changement éventuel fasse rapidement l'objet d'un accord et soit porté à la connaissance des participants.

## II. *Choix des fréquences auxquelles il est souhaitable d'effectuer les mesures et les comparaisons internationales dans le domaine des radiofréquences*

Afin d'éviter un travail trop important pour conserver les étalons à toutes les fréquences possibles, on préfère en Grande-Bretagne restreindre les étalonnages à un certain nombre de fréquences choisies selon les indications données dans le Document GT-RF/72-1. Toutes choses étant égales par ailleurs on a l'impression que cela pourrait également s'appliquer aux comparaisons internationales. Le Groupe de travail a pris note de ce document et en a tenu compte dans le programme des futures comparaisons.

## III. *Comparaisons à prévoir. Travaux futurs*

Le Groupe de travail établit un programme des comparaisons à entreprendre dans un proche avenir, en tenant compte des points énumérés dans la Recommandation GT-RF 4 de 1968, des propositions soumises par l'I.M.M. (Document GT-RF/72-3), par le N.B.S. (Document GT-RF/72-7A) et des propositions faites par les membres au cours de la réunion. La liste des comparaisons envisagées est donnée ci-après, avec les noms des laboratoires pilotes et des autres participants, que leur engagement soit ferme ou soumis à confirmation.

### *Programme des futures comparaisons*

#### *1. Comparaisons décidées*

Dans cette liste, les laboratoires pilotes sont en caractères gras et les laboratoires dont la participation est soumise à confirmation sont entre parenthèses.

Déphasage sur guide d'ondes WR 90 aux fréquences 9,0, 9,8 ou 10,0 et 11,2 GHz	}	<b>NBS</b> , <b>NSL</b> , <b>RRE</b> , ( <b>NRC</b> )
Affaiblissement à la fréquence de 7,0 GHz en coaxial		
	}	<b>NPL</b> , <b>PTB</b> , <b>RIND</b> , <b>NBS</b> , ( <b>IEN</b> )

Tension sur coaxial à la fréquence de 1 MHz	}	NPL, PTB, NBS, NSL
Puissance sur guide d'ondes WR 12 ou WR 15 à la fréquence de 65 GHz		
Puissance sur guide d'ondes WR 28	}	NRC, ETL, RRE, (NBS)
Puissance en coaxial (14 mm) à la fréquence de 6 GHz		
Champ électrique (75-150 MHz)	}	NBS, IEN
Gain d'un cornet à la fréquence de 10 GHz		
Affaiblissement aux basses valeurs à la fréquence de 10 GHz	}	PTB, NSL, IEN, RIND, RRE, OMH
Affaiblissement à la fréquence de 30 MHz		

Cette comparaison fait suite à la comparaison non concluante dont il a été question au paragraphe I.5. Elle comprendra un étalon voyageur de grand affaiblissement (80-100 dB) qui ne sera pas nécessairement mesuré par tous les participants.

Puissance surfacique	}	NSL, IEN, (NBS), (RIND), (NPL), (NRC)
Bruit (blanc) de température basse (77 K) à la fréquence de 4 GHz sur guide d'ondes		
	}	RRE, ETL

Puissance laser à ondes entretenues

Le NBS, l'ETL et le NPL expriment leur intérêt pour les comparaisons des puissances laser aux longueurs d'ondes de 632,8, 514 et 488 nm. L'ETL en sera le laboratoire pilote, bien qu'il ne soit pas encore équipé d'un laser à l'argon convenable. La comparaison aura lieu suivant un calendrier fixé et à des fréquences choisies par accord entre les participants.

## 2. Comparaisons ajournées

Les comparaisons suivantes sont considérées comme désirables, mais elles n'ont pu être organisées effectivement pour diverses raisons.

Bruit (blanc) en coaxial aux fréquences de 1 à 8 GHz	}	Le NBS, le NRC, le RRE et le NSL désirent y prendre part, mais n'auront pas les équipements nécessaires avant au moins deux ans. Chaque laboratoire informera les autres quand il sera prêt et donnera des renseignements sur son programme de recherche dès qu'il le pourra.
Champ magnétique (1-30 MHz)		
Puissance et énergie de laser en impulsion	}	Le NBS, l'ETL et le NPL expriment leur intérêt pour la comparaison des mesures de puissance et d'énergie sur des lasers à 1 060 nm (YAG-néodyme). Aucun laboratoire pilote n'est désigné, mais le Groupe de travail note que l'organisation dans un proche avenir d'une comparaison officieuse entre le NBS et le NPL est en bonne voie, tandis que l'ETL ne sera pas en mesure d'y participer avant quelque temps. La question est laissée en suspens.
Comparaison en coaxial 75 Ω		
	}	Le Groupe de travail note l'intérêt croissant pour les mesures précises en coaxial 75 Ω; d'ici à la prochaine réunion il pourrait bien être souhaitable d'organiser des comparaisons de mesures de ce type. Plusieurs laboratoires expriment le désir d'y participer.

### 3. Comparaisons non retenues

Les comparaisons suivantes sont proposées par les laboratoires cités; aucun autre laboratoire n'appuyant les propositions, il n'en est pas discuté plus avant. Il s'agit de :

— Facteur de surtension des bobines d'inductance aux fréquences de 1 à 50 MHz (NBS).

— Bruit (blanc) de température moyenne sur guide d'ondes WR 15 (58-64 GHz) (NBS).

— Affaiblissement sur guide d'ondes WR 12 (60-90 GHz) (NPL).

### IV. Questions diverses

*Connecteurs coaxiaux.* — Le Groupe de travail note qu'il existe plusieurs types de connecteurs coaxiaux pour ligne de 75  $\Omega$  et estime important que les connecteurs utilisés pour les mesures de précision soient autant que possible compatibles entre eux. Il n'incombe pas au Groupe de travail de formuler à ce sujet une recommandation officielle, mais les membres doivent à titre individuel porter cette question à la connaissance des organismes nationaux et internationaux de normalisation.

Il est convenu que dans la mesure du possible le Groupe de travail envisage de se réunir en 1975.

*Le Rapporteur,*  
A. E. BAILEY

*Le Président,*  
F. J. LEHANY

*Recommandations  
du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences  
présentées  
au Comité Consultatif d'Électricité*

Confirmation des objectifs des comparaisons internationales

RECOMMANDATION GT-RF 1 (1972) \*

*Dans le paragraphe III de sa Recommandation GT-RF 3 de 1968, le Groupe de travail reconnaissait que les comparaisons internationales avaient deux objectifs :*

*« 1° Établir l'état d'avancement dans l'exactitude des diverses mesures effectuées par les laboratoires ayant une position avancée dans ces domaines et faire progresser les techniques correspondantes.*

*« 2° Permettre ensuite aux autres laboratoires de contrôler l'exactitude de leurs mesures, en utilisant certains des instruments voyageurs ou en profitant des résultats obtenus avec ces instruments.*

*A la lumière de l'expérience acquise depuis 1968 le Groupe de travail confirme sa Recommandation :*

*« que ces autres laboratoires et les laboratoires participant à une comparaison sont invités à entrer en rapport afin que ce deuxième objectif soit atteint. »*

*Les laboratoires participant à une comparaison supplémentaire de ce type devront fournir un bref rapport au laboratoire pilote de la comparaison initiale et au B.I.P.M.*

Communication des résultats des comparaisons

RECOMMANDATION GT-RF 2 (1972) \*

*Dans sa Recommandation GT-RF 6 de 1968, le Groupe de travail recommandait que chaque laboratoire communique sans délai à tous les participants, ainsi qu'au B.I.P.M., les résultats des mesures qu'il a effectuées; l'expérience a montré que ce procédé avait des inconvénients.*

*Le Groupe de travail recommande maintenant que le laboratoire pilote d'une comparaison communique les résultats seulement au B.I.P.M. et à ceux des laboratoires qui ont déjà terminé leurs mesures.*

---

\* Cette Recommandation a été approuvée par le C.C.E. à sa 13<sup>e</sup> session (octobre 1972) et par le C.I.P.M. à sa 61<sup>e</sup> session (octobre 1972).

---

## 6<sup>e</sup> RAPPORT

DU

COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LA DÉFINITION DE LA SECONDE

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Par B. GUINOT, Rapporteur

---

Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (C.C.D.S.) a tenu sa 6<sup>e</sup> session au Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres, au cours de trois séances, les jeudi 6 et vendredi 7 juillet 1972.

Étaient présents :

J. V. DUNWORTH, Vice-président du C.I.P.M., Président du C.C.D.S.

Les délégués des laboratoires et organisations membres :

Bureau International de l'Heure [B.I.H.], Paris (B. GUINOT, Directeur).

Bureau des Longitudes, Paris (J. KOVALEVSKY, Astronome titulaire).

Comité Consultatif International des Radiocommunications [C.C.I.R.] de l'Union Internationale des Télécommunications, Genève (Ch. STETTLER, Ingénieur).

Conseil National de Recherches [N.R.C.], Ottawa (C. C. COSTAIN, Head, Time and Frequency Section).

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris [I.E.N.], Turin (S. LESCHIUTTA, Chargé du Département « Métrologie électromagnétique »).

Laboratoire de l'Horloge Atomique du C.N.R.S., Besançon, Orsay (M. ARDITI, Sous-directeur; C. AUDOIN, Maître de recherche).

Laboratoire Suisse de Recherches Horlogères [L.S.R.H.], Neuchâtel (Ch. MENOUD, Chef du Département « Chronométrie »).

National Bureau of Standards [N.B.S.], Boulder (J. A. BARNES, Chief, Time and Frequency Division).

National Physical Laboratory [N.P.L.], Teddington (A. E. BAILEY, Superintendent, Division of Electrical Science; J. McA. STEELE, Head, Radiofrequency and Microwave Group).

National Research Laboratory of Metrology [N.R.L.M.], Tokyo (Y. SABURI).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [P.T.B.], Braunschweig (G. BECKER, Leitender Direktor).

Radio Research Laboratories, Tokyo (Y. SABURI, Chief, Frequency Standards Division).

Royal Greenwich Observatory, Hailsham (H. M. SMITH, Chargé du Service « Time and Latitude »).

Union Astronomique Internationale [U.A.I.] (W. MARKOWITZ).

U. S. Coast Guard, Washington (C. E. POTTS, Ingénieur).

U. S. Naval Observatory [U.S.N.O.], Washington (G. M. R. WINKLER, Director, Time Service Division).

Les membres nominativement désignés :

J. BONANOMI, Directeur de l'Observatoire de Neuchâtel.

A. ORTE, Sous-directeur de l'Instituto y Observatorio de Marina, San Fernando.

Le directeur du B.I.P.M. (J. TERRIEN).

Assistaient aussi à la session : P. GIACOMO, sous-directeur du B.I.P.M. et P. CARRÉ (B.I.P.M.).

Absents : Commission Nationale de l'Heure, Paris; Deutsches Amt für Messwesen und Warenprüfung, Berlin; Institut des Mesures Physicotechniques et Radiotechniques de l'U.R.S.S., Moscou.

Le *Président* ouvre la séance; après avoir souhaité la bienvenue à toutes les personnes présentes, il évoque la mémoire de H. BARRELL, décédé le 16 février 1972. H. Barrell fut président du C.C.D.S. lors des 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> sessions (1963 et 1967), au moment du changement de définition de la seconde; sa compétence et son amabilité lui avaient attiré l'estime et l'amitié de tous ses collègues.

Le *Président* propose de confier la tâche de rapporteur à Mr Guinot; cette proposition est approuvée. On passe alors à l'examen des différents points de l'ordre du jour.

### 1. Progrès de l'instrumentation

Mr *Barnes* présente les travaux accomplis au National Bureau of Standards (Boulder). Aucune détermination absolue de la seconde n'a

été effectuée depuis quelques années et la mémoire des résultats antérieurs a été conservée par l'ensemble des étalons commerciaux qui fournissent le temps atomique du laboratoire, TA(NBS). Le nouvel étalon désigné par NBS-V commencera à fonctionner durant l'automne 1972. On espère qu'il conduira à une exactitude de  $1 \times 10^{-13}$ . Des expériences ont été entreprises sur un étalon passif à hydrogène, mais on ne peut pas encore prédire leur valeur. Les lasers stabilisés par absorption saturée dans le méthane ont actuellement une exactitude de  $1 \times 10^{-11}$ ; la comparaison de leur fréquence à celle de l'étalon à césium a été effectuée; comme, en outre, la longueur d'onde de ces lasers a été comparée à celle de la lampe à krypton 86, on a mesuré la vitesse de la lumière à  $1 \times 10^{-8}$  près.

Mr *Costain* rappelle que l'étalon à césium Cs III de 2,1 m du Conseil National de Recherches (N.R.C.) est utilisé deux fois par semaine pour étalonner les fréquences des étalons commerciaux; TA(NRC) est la seule échelle de temps qui repose sur une détermination absolue de la fréquence. Un nouvel étalon, Cs V, est en voie d'achèvement; sa longueur d'interaction est aussi de 2,1 m; son évaluation demandera encore un an au moins et l'on espère que son exactitude sera de l'ordre de  $1 \times 10^{-13}$ ; il se peut qu'il soit utilisé d'une façon continue (en horloge), mais il est trop tôt pour être fixé sur ce point. Les travaux ont été poursuivis sur les masers à hydrogène; l'effet de paroi a été déterminé par l'emploi d'une série de cinq ballons de quartz, revêtus de téflon, de diamètres variant de 10 à 16 cm.

Mr *Becker* estime que le défaut d'exactitude de l'étalon à césium CS1 construit à la Physikalisch-Technische Bundesanstalt (P.T.B.) est de  $4 \times 10^{-13}$ ; mais ses défauts de reproductibilité sont de l'ordre de  $1 \times 10^{-13}$ . Un nouvel étalon à faisceau réversible, CS2, est en préparation, mais demandera encore quelques années de travail. La décision a été prise de travailler à la P.T.B. sur les lasers stabilisés et la démultiplication de leur fréquence. On est en train d'améliorer un des deux masers à hydrogène de la P.T.B. dans le but de réaliser un étalon secondaire à grande stabilité à court terme et, si possible, à long terme.

A la suite de questions qui lui sont posées par MM. Barnes et Leschiutta, Mr *Becker* précise que l'évaluation de l'exactitude de CS1, grâce à la méthode de la modulation de la vitesse des atomes, tient compte d'un déphasage possible entre les deux champs de la cavité et que les étalons à faisceau réversible ne devraient pas être supérieurs à cet égard. CS2 n'est pas conçu pour un fonctionnement continu.

Mr *Steele* présente les travaux du National Physical Laboratory (N.P.L.). Les recherches sur le maser à hydrogène sont poursuivies, notamment à cause de l'utilité de cet instrument dans les expériences de radio-interférométrie à très longue base et sur la relativité; le défaut d'exactitude est inférieur à  $1 \times 10^{-12}$ . D'autre part, un nouvel étalon

à césium est en cours de construction; il devrait être en service dans deux ans.

Mr *Leschiutta* expose les recherches effectuées à l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris (I.E.N.) sur de nouveaux types d'étalons: au magnésium et à cellule au césium avec pompage optique.

Mr *Winkler*, de l'U.S. Naval Observatory (U.S.N.O.), rend compte de travaux effectués dans divers établissements des États-Unis d'Amérique. On a pu étudier à l'U.S.N.O. les nouveaux étalons à césium construits par la société Hewlett-Packard: dans une ambiance contrôlée, le défaut de stabilité n'est que  $1 \times 10^{-14}$  en dix jours. Les travaux sur le maser à hydrogène ont été poursuivis à l'Université Harvard, au Smithsonian Astrophysical Observatory (S.A.O.) (par Mr Vessot, en préparation aux expériences de radio-interférométrie à très longue base), à la National Aeronautical and Space Administration (N.A.S.A.) (par Mr Peters, Goddard Space Flight Center), au N.B.S. et au Jet Propulsion Laboratory (J.P.L.). Mr Peters a réussi à faire fonctionner un étalon à jet d'hydrogène qui est, par conception, exempt de l'effet de paroi. Enfin, Mr *Winkler* annonce le succès de l'expérience sur la relativité effectuée par MM. Hafele et Keating qui ont observé le décalage en temps d'horloges transportées autour de la Terre par rapport aux horloges fixes de référence; ce décalage de  $- 59$  ns pour le voyage vers l'Est et de  $+ 273$  ns pour le voyage vers l'Ouest est conforme à la théorie dans les limites des erreurs ( $\pm 20$  ns environ).

La réalisation de l'étalon à jet d'hydrogène soulève plusieurs questions et commentaires. D'après Mr *Barnes* on peut craindre un effet de cavité; l'instrument est néanmoins très intéressant. Mr *Becker* pense que l'estimation de l'effet Doppler du second ordre est difficile car les atomes sont encore plus rapides que dans le cas de l'étalon à césium. Mr *Audoin* souligne l'intérêt qu'il y a à comparer des étalons passifs et actifs utilisant le même atome.

Mr *Audoin* annonce que le Laboratoire de l'Horloge Atomique (L.H.A.) a construit deux masers à hydrogène qui sont en fonction. La stabilité à court terme est analogue à celle des masers à hydrogène de la N.A.S.A., du J.P.L. et du S.A.O. Des comparaisons avec l'ensemble des étalons à césium de l'Observatoire de Paris sur une période de dix jours ont montré que les fluctuations de fréquence n'excèdent pas  $1 \times 10^{-13}$  sur cette durée. Un autre maser à hydrogène est en cours de construction, en collaboration avec le Centre National d'Études des Télécommunications, à des fins purement métrologiques; il sera lié à l'Observatoire de Paris par faisceau hertzien ou laser. D'autre part, l'étude des lasers stabilisés par le méthane a été entreprise. En réponse à des questions de MM. Barnes et Becker sur l'effet de paroi des masers à hydrogène, Mr *Audoin* expose comment on peut envisager de maintenir la température de fonctionnement à laquelle cet effet s'annule.

## 2. Formation du Temps Atomique International (TAI)

Mr *Guinot* expose les travaux accomplis au Bureau International de l'Heure pour améliorer la pondération des échelles de temps et propose une nouvelle méthode de calcul de TAI.

Depuis la 5<sup>e</sup> session du C.C.D.S. (1970), le B.I.H. a continué à calculer le TAI selon les règles de « Mise en Pratique » qui avaient été énoncées. On rappelle que :

— TAI est la moyenne des TA(i) de sept laboratoires possédant au moins trois étalons à césium. Tous ces TA(i) ont reçu le poids 1, à l'exception de TA(USNO) qui a reçu le poids 2, en raison du nombre élevé de ses étalons.

— La durée de l'intervalle unitaire de TAI a été conservée aussi constante que possible, par un algorithme approprié.

— TAI est porté à la connaissance de ses usagers par la publication mensuelle de corrections aux échelles de temps locales.

Comme le B.I.H. dispose maintenant de plus de trois ans de données au niveau de précision actuel, on a pu entreprendre, suivant la Recommandation S 4 (1970), des études statistiques afin d'estimer la stabilité à long terme de TAI et, si possible, d'améliorer cette stabilité par une pondération convenable. On a pu aussi étudier la nécessité d'un recalage de la durée de l'intervalle unitaire de TAI, d'après les réalisations de la seconde du SI.

La *stabilité* à long terme de TAI a été estimée d'après les spectres de puissance des différences TAI — TA(i) (corrigées par une fonction linéaire du temps) et aussi d'après les variances d'échantillons de fréquence moyenne sur deux mois. La conclusion est que, dans la gamme des périodes de deux mois à deux ans, les échelles de temps (locales et TAI) sont affectées par un bruit de scintillation en fréquence (« frequency modulation flicker noise »). En un an, le changement probable de fréquence de TAI est de  $1 \times 10^{-13}$ . D'après ce qui a été dit de la stabilité de fréquence des étalons commerciaux, on se serait attendu à une meilleure stabilité de TAI et des TA(i). Il est surprenant de constater que des TA(i) établis avec le plus grand soin présentent une différence de fréquence qui a varié de presque  $1 \times 10^{-12}$  en deux ans.

Comme on pouvait supposer que la pondération *a priori* utilisée pour calculer TAI ne représentait pas les qualités réelles des TA(i), on a effectué plusieurs tentatives de pondération en fonction des résultats passés considérés sur un et deux ans. La stabilité ne s'est pas trouvée améliorée. On peut facilement comprendre pourquoi une pondération fondée sur les propriétés statistiques passées des échelles locales ne peut pas être recommandée, au moins pour le moment. Les TA(i) sont déjà calculés de sorte qu'ils aient la meilleure stabilité à long terme : les

irrégularités à court terme, de l'ordre de quelques mois pour fixer les idées, sont déjà filtrées. Seules subsistent les irrégularités à très long terme (au-delà d'un an, par exemple) dont l'analyse n'est pas possible durant un intervalle de trois ans. On peut s'assurer, par exemple, que si l'on prend un intervalle de deux ans et qu'on le déplace sur les trois ans disponibles, on observe des changements considérables des propriétés statistiques. Une autre raison de l'insuccès des pondérations est que les propriétés statistiques sont trop instables : elles changent avec le temps par suite des modifications de l'appareillage et des procédés de calcul. Un exemple typique (réel) est celui de l'un des laboratoires ayant cinq étalons à césium, mais qui n'en eut que deux en fonctionnement durant plusieurs mois par suite de pannes.

Cependant, lorsqu'on travaille sur les données des horloges individuelles, il est possible de pondérer avec succès, comme cela a été montré par plusieurs auteurs, au N.B.S. notamment. Au B.I.H. on a établi un algorithme qui est utilisable pour les horloges comparées par l'intermédiaire des impulsions de LORAN-C ou de télévision (ou toute autre méthode de précision analogue) et qui met l'accent sur la stabilité à long terme. Cet algorithme est fondé sur les fréquences moyennes mensuelles (ou bi-mensuelles de préférence) et il peut être utilisé pour des horloges de caractéristiques différentes et même, à la rigueur, pour une combinaison d'horloges individuelles et d'échelles de temps. Cet algorithme a été essayé sur un ensemble de huit horloges Hewlett-Packard comparées par la télévision ; on a constaté une bonne stabilité des poids affectés aux horloges ; cependant, il se produit occasionnellement des détériorations de poids, mais cela s'est toujours produit avant une panne majeure qui a nécessité une réparation de l'horloge.

Afin d'améliorer la stabilité, la proposition du B.I.H. est d'appliquer un algorithme comprenant des règles de pondération, non pas aux échelles locales, mais aux horloges individuelles. Les avantages d'un tel procédé seraient, d'après Mr Guinot, les suivants :

1. La plupart des échelles locales sont fondées sur un petit nombre d'horloges. Des irrégularités de TAI sont dues aux changements de fréquence de certains TA(i) qui ne peuvent pas être évités au niveau local, quand le nombre d'étalons en usage effectif devient inférieur à trois (ce qui arrive fréquemment). Dans un traitement global, de telles irrégularités seraient évitées.

2. Des étalons isolés peuvent être employés. Par exemple, au moins douze étalons à césium convenablement exploités et comparés aux impulsions de LORAN-C ou de télévision sont disponibles en Europe (non compris ceux des stations de LORAN-C).

3. Le traitement de tous les étalons serait uniformisé, décrit en détail et connu de tous. A présent, il est pratiquement impossible de comprendre comment TAI est calculé puisqu'il faudrait connaître les méthodes

de chaque laboratoire participant, méthodes qui ne sont pas toujours publiées.

4. Le calcul direct de TAI laisserait une entière liberté aux laboratoires pour établir leurs TA(i), d'après leurs propres critères, sans qu'ils aient à se préoccuper des critères adoptés pour TAI.

Mr *Guinot* ne s'attend à aucune difficulté de calcul. Les laboratoires pourraient envoyer au B.I.H. les moyennes sur cinq jours de leurs différences « TA(i) — horloge » [ou « TUC(i) — horloge » et TUC(i) — TA(i)]. Le B.I.H. continuerait à publier, comme il le fait à présent, les valeurs de TAI — TA(i) et TUC — TUC(i).

Cependant, même si la méthode proposée réduit sensiblement les défauts de stabilité, la dérive de fréquence de TAI ne sera pas négligeable en comparaison des défauts d'exactitude attendus des nouveaux étalons de laboratoire. Après quelques années, on peut s'attendre à ce que la dérive de TAI excède la limite d'exactitude d'un seul étalon de laboratoire. Dans ces conditions, Mr *Guinot* se demande s'il est justifié de conserver les sauts intentionnels de fréquence de TAI des règles de « Mise en pratique » de 1970. MM. Allan et Barnes, du N.B.S., ont montré, il y a quelques années, qu'il était possible d'assurer en même temps la stabilité à long terme et l'exactitude. Mr *Guinot* décrit succinctement une méthode qui ne détériore pas sensiblement la stabilité sur des intervalles de quelques années, mais qui l'améliore sur des intervalles plus longs tout en maintenant l'exactitude: en fait, l'exactitude apporte une stabilité parfaite sur un intervalle de temps infiniment long.

Les propositions de Mr *Guinot* donnent lieu à une longue et vive discussion.

Les membres du C.C.D.S. s'interrogent sur les causes des variations relatives de fréquence des TA(i). Mr *Becker*, en utilisant la reproductibilité à  $1 \times 10^{-13}$  près de l'étalon à césium CS1 de la P.T.B., a évalué les dérives en fréquence de chacune des échelles entre juin 1970 et mai 1972. Il est particulièrement remarquable que la dérive de l'échelle de l'U.S.N.O. soit de signe contraire à celle des autres laboratoires (sauf pour le N.R.C., mais la fréquence de ce laboratoire avait été changée intentionnellement à cause d'une évaluation nouvelle de son étalon à césium).

Aucune explication certaine ne peut être trouvée pour ces dérives, bien qu'on ait envisagé diverses possibilités comme le vieillissement des horloges dû en particulier au changement spontané du champ magnétique (Mr *Becker*), leur couplage, leur dépendance par rapport aux conditions d'ambiance. Cette discussion souligne l'intérêt des précautions prises pour assurer la meilleure stabilité et indépendance: les horloges à césium doivent être placées à l'abri des variations de température et d'humidité, à l'écart des champs magnétiques intenses ou variables, doivent être éloignées les unes des autres et même être alimentées par des batteries séparées (Mr *Winkler*). Il n'y a pas intérêt à ce que le

B.I.H. augmente le nombre d'horloges participantes, si les conditions d'utilisation ne sont pas satisfaisantes. Mr *Guinot* est bien d'accord sur ce dernier point et désire se réserver la possibilité de ne pas inclure dans ses calculs les horloges mal exploitées; une enquête sur les conditions d'emploi de chaque horloge doit précéder la mise en œuvre de la méthode de calcul d'après les horloges individuelles.

Des membres du C.C.D.S. se demandent s'il est fondé d'utiliser les données individuelles. L'objection principale, énoncée par Mr *Winkler* et soutenue par Mr *Becker*, est que le bruit introduit par les comparaisons de temps est bien plus considérable d'un laboratoire à l'autre qu'au sein du même laboratoire. Ce bruit pourrait masquer les qualités intrinsèques des futurs étalons de stabilité accrue. Néanmoins, Mr *Guinot* estime que la nature de ce bruit, qui provient d'erreurs bornées sur les différences de temps, permet tout de même d'assurer la stabilité à long terme; les effets de ce bruit pourront encore être atténués si, comme le propose Mr *Winkler*, le temps atomique n'est publié que tous les deux mois, puisque le B.I.H. pourra alors utiliser des fréquences moyennes bi-mensuelles.

A la demande de Mr *Winkler*, Mr *Guinot* précise qu'il n'envisage pas d'utiliser les données de toutes les horloges à césium commerciales et qu'il paraît raisonnable de faire contribuer au plus une centaine d'horloges bien exploitées à la formation de TAI. Il est possible d'inclure des masers à hydrogène et, d'une façon générale, toute horloge dont on peut présumer qu'elle n'a pas de dérive de fréquence. En réponse à Mr *Becker*, il rappelle que la méthode de calcul projetée permet d'accorder un poids supérieur aux étalons d'un type nouveau qui le mériteraient. Mr *Becker* demande comment une qualité très supérieure sera reconnue dans le cas d'un étalon unique puisque les moyens de comparaison feront défaut: c'est bien là un problème difficile, mais il ne peut pas être mieux résolu au niveau d'un laboratoire que dans une comparaison globale de tous les étalons.

Mr *Smith* se demande si l'on a réellement besoin d'une stabilité et d'une exactitude améliorées pour le TAI, sauf pour les recherches de certains physiciens présents à cette réunion. Aucune réponse précise ne lui est donnée, mais il semble que le rôle des physiciens et des astronomes soit de devancer les besoins techniques spécifiquement exprimés.

Plusieurs membres du C.C.D.S., dont MM. Bonanomi, Leschiutta, Steele, pensent qu'il faut donner au B.I.H. les moyens de poursuivre ses expériences et par conséquent lui fournir les données qu'il requiert sur les horloges individuelles. Cette opinion est acceptée. Mr *Winkler* demande que les formats de transmission des données soient précisés et souligne l'intérêt des envois de cartes et surtout de rubans perforés. Le *Président* invite Mr *Guinot* à établir un plan de travail du B.I.H.

pour l'amélioration du TAI. Ce plan est donné en Appendice (p. 118). Il a été adopté par le C.C.D.S.

Une question de procédure est soulevée par Mr *Markowitz*. Par quel moyen les recommandations du C.C.D.S. peuvent-elles être transmises au B.I.H. ? Plusieurs membres estiment qu'une grande liberté doit être laissée au B.I.H. et Mr *Guinot* rappelle que cette liberté est nécessaire pour profiter au plus vite des améliorations techniques. Mr *Smith* remarque que, dans le cas présent, c'est aux laboratoires qu'on devrait recommander l'envoi des données requises par le B.I.H. et que l'on devrait seulement exprimer le vœu que le B.I.H. continue à améliorer le TAI.

En conclusion de cette discussion, un comité de rédaction comprenant MM. Bonanomi, Guinot, Markowitz et Terrien est chargé d'établir la recommandation de l'envoi au B.I.H. des données sur les horloges individuelles. Après discussion et amélioration en séance, cette recommandation a été adoptée à l'unanimité (*Recommandation S 1 (1972)*, p. 117).

Passant à l'examen de l'*exactitude* de TAI, c'est-à-dire à la conformité de son intervalle unitaire à la seconde du SI, il est reconnu qu'il est trop tôt pour proposer un changement intentionnel de la durée de cet intervalle unitaire. On continuera donc à maintenir cette durée aussi constante que possible, au moins jusqu'à la mise en service des nouveaux étalons à césium de laboratoire qui sont en cours de construction.

Mr *Becker* explique pourquoi la définition de l'origine de TAI n'est pas satisfaisante. Il est dit, en effet, dans les règles de « Mise en pratique » de 1970, que TAI s'accorde approximativement avec le TU2 à 0 heure le 1<sup>er</sup> janvier 1958; or TAI n'a été défini qu'en 1971. Sans changer physiquement l'origine de TAI, il faudrait trouver une définition plus correcte, telle que l'une de celles qu'il propose (Annexe S 7) (\*). Mr *Bonanomi* appuie la proposition B de cette Annexe. Conformément à cette proposition, la définition correcte exige l'attribution d'une date à l'origine de TAI selon un calendrier adopté pour TAI.

Estimant que le problème du calendrier n'est pas encore suffisamment résolu, le C.C.D.S. décide de maintenir, dans la « Mise en pratique » de 1970, le texte concernant l'origine de TAI.

### 3. Calendrier lié au TAI

Mr *Becker* rappelle les propositions de la P.T.B. (Annexes S 3 et S 7) concernant le problème, non inscrit à l'ordre du jour, d'un calendrier pour TAI. Il souligne qu'une échelle de temps n'a pas d'existence si l'on ne fournit pas le moyen d'exprimer la date d'un événement dans

---

(\*) Les Annexes S mentionnées dans ce rapport sont publiées dans *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde*, 6<sup>e</sup> session, 1972.

cette échelle. La situation présente n'est certes pas satisfaisante. Certains utilisent un calendrier en ans, mois, jours, etc. pour TAI et pour TUC, par analogie avec le Temps Universel, d'autres un décompte décimal des secondes, d'autres, plus ou moins implicitement, un décompte en jours juliens atomiques. Malgré l'insistance de Mr *Becker* pour que le C.C.D.S. donne immédiatement son avis sur ce problème, on préfère en repousser l'examen. En effet, comme le soulignent MM. *Markowitz*, *Kovalevsky* et *Guinot*, ce problème est aussi du ressort de l'Union Astronomique Internationale. En particulier, la Commission 4 de l'U.A.I. a créé un groupe de travail sur les échelles de temps et les constantes astronomiques où l'on discute, entre autres, de la possible adoption du TAI en dynamique planétaire : si cette adoption a lieu, elle implique l'adoption d'un calendrier. Suivant Mr *Kovalevsky*, l'adjonction à ce groupe de travail de quelques nouveaux membres représentant le C.C.D.S. permettrait d'harmoniser les travaux.

Le C.C.D.S. décide de rédiger une recommandation qui attire l'attention sur ces problèmes et qui appelle la collaboration des organismes intéressés, de l'U.A.I. notamment. Cette recommandation est, par la suite, adoptée à l'unanimité (*Recommandation S 2* (1972), p. 117).

A la question de Mr *Becker*, le *Président* confirme expressément que cette recommandation implique l'usage des méthodes ci-dessus mentionnées pour exprimer les dates, jusqu'à un règlement définitif.

S'il apparaît nécessaire de désigner des représentants du C.C.D.S. dans des groupes de travail, le *Président* du C.C.D.S., en liaison avec les intéressés, en suggérera les noms.

#### 4. Aspect légal du TUC

Depuis l'adoption du Temps Universel Coordonné (TUC), on ne sait plus quelle doit être la base des temps légaux : est-ce TUC, ou le temps universel ? Pour Mr *Becker*, s'exprimant au nom de la République Fédérale d'Allemagne, ce problème est devenu particulièrement aigu depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1972, puisque l'écart entre le TUC (nouvellement défini à cette date) et le temps universel peut atteindre 0,7 s. La suggestion de Mr *Becker* est que la 15<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures en 1975 désigne TUC comme base des temps légaux et il désire que le C.C.D.S. exprime immédiatement son avis dans ce sens.

Le *Président* désire savoir si d'autres pays éprouvent des difficultés avec la base de leurs temps légaux : il ne s'en trouve aucun à la connaissance des membres du C.C.D.S. ; en pratique tous les pays se réfèrent à TUC, puisque seule cette échelle de temps est diffusée directement par les signaux horaires. Néanmoins, MM. *Bonanomi*, *Costain*, *Orte*, s'exprimant respectivement au nom de la Suisse, du Canada et de l'Espagne, préféreraient qu'une recommandation d'utiliser TUC soit adoptée.

Mr *Winkler*, bien qu'il soit d'accord sur le principe d'une telle recom-

mandation, trouve cependant qu'elle serait prématurée car de larges groupes d'utilisateurs ne sont pas encore assez informés.

Le *Président* rappelle que la prochaine Conférence Générale des Poids et Mesures n'aura lieu qu'en 1975; étant donné les réserves faites, on peut donc s'accorder encore deux ans pour réfléchir et préparer une recommandation sur la base des temps légaux, en tenant compte des avis exprimés par les divers utilisateurs et par l'U.A.I.

Pour le moment, le C.C.D.S. peut signaler que l'adoption du TUC comme base des temps légaux est un grand progrès et noter sa satisfaction de voir qu'il est déjà d'un usage très général. Cela fera l'objet d'une déclaration dont la rédaction sera arrêtée par correspondance et qui sera communiquée aux organisations intéressées.

### 5. Questions diverses

*Rôles respectifs des divers organismes s'occupant du temps.* — Ce problème, qui avait été porté à l'ordre du jour, s'est trouvé traité au cours des discussions précédentes. Il n'a pas fait l'objet d'un examen particulier. Mr *Stettler* annonce que le Groupe 7 du Comité Consultatif International des Radiocommunications se réunira en janvier 1974 et que l'Assemblée Plénière du C.C.I.R. aura lieu en juillet 1974.

En réponse à une question de Mr *Winkler*, Mr *Smith*, président du Comité de direction du B.I.H., rappelle que toutes les décisions concernant l'activité scientifique du B.I.H. doivent être prises par ce Comité et c'est donc par lui que doivent passer les recommandations. Il fait remarquer qu'aucune difficulté ne s'est jamais présentée car les membres de ce Comité de direction assistent presque tous aux réunions où il est question du temps.

*Étalons de fréquence optiques.* — Mr *Barnes* rappelle que la multiplication des hyperfréquences jusqu'au domaine optique apporte une connexion entre les mesures de temps, de longueur et de la vitesse de la lumière, et que ces matières devraient être examinées ultérieurement par un Comité Consultatif approprié.

*Désignation du Temps Atomique International.* — Notant les inconvénients de la traduction des sigles (Annexes S 3 et S 7), le C.C.D.S. souhaite que le Temps Atomique International soit désigné par TAI dans toutes les langues. Ce souhait sera communiqué au Comité Consultatif des Unités.

\*  
\* \*  
\*

Le *Président* remercie les membres du Comité Consultatif pour leur participation, et plus particulièrement MM. Becker et Winkler pour leur grande activité et Mr Guinot pour les travaux accomplis par le B.I.H.

(13 octobre 1972)

**Recommandations et Déclaration  
du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde  
présentées  
au Comité International des Poids et Mesures (\*)**

Envoi au Bureau International de l'Heure d'informations concernant les horloges individuelles

RECOMMANDATION S 1 (1972)

*Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde,*

CONSIDÉRANT que le Bureau International de l'Heure (B.I.H.) pourrait améliorer l'uniformité du Temps Atomique International (TAI) s'il recevait des informations plus complètes,

RECOMMANDE que les organismes s'occupant de l'établissement des échelles de temps fournissent au B.I.H., sur sa demande et dans la forme qu'il aura spécifiée, les résultats des comparaisons des horloges atomiques individuelles ainsi que tous les renseignements pertinents.

Conséquences de l'adoption du Temps Atomique International pour les échelles de temps utilisées pour la vie courante

RECOMMANDATION S 2 (1972)

*Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde,*

CONSIDÉRANT

1° que l'échelle de Temps Atomique International (TAI) implique un décompte des secondes à partir de son origine (en janvier 1958),

2° que les échelles de temps en usage pour la vie courante, qui sont basées sur la seconde du SI, continueront à faire intervenir les années, mois, jours, heures et minutes,

PROPOSE que ces questions soient étudiées en collaboration avec les organisations intéressées, en particulier l'Union Astronomique Internationale.

DÉCLARATION

Sur l'usage légal du Temps Universel Coordonné

*Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde,*

CONSIDÉRANT les recommandations du Comité Consultatif International des Radiocommunications et de l'Union Astronomique Internationale pour

---

(\*) Ces deux Recommandations et la Déclaration ont été approuvées par le Comité International des Poids et Mesures à sa 61<sup>e</sup> session (octobre 1972).

*un système amélioré du Temps Universel Coordonné (TUC) servant à la diffusion des signaux horaires,*

PREND NOTE que l'acceptation quasi universelle du TUC peut fournir une base solide à une recommandation future de la Conférence Générale des Poids et Mesures sur un système horaire acceptable internationalement.

## Appendice

### Plan de travail du Bureau International de l'Heure pour l'amélioration du Temps Atomique International

#### 1. Détermination courante du TAI

Pendant la durée des études mentionnées ci-après, TAI continuera à être établi par la méthode en vigueur à présent. Dans l'éventualité où d'autres échelles de temps locales deviendraient utilisables, elles seraient incorporées avec le poids unité.

#### 2. Préparation à l'emploi des données d'horloges individuelles

Ces opérations pourront se dérouler comme suit :

a) vers octobre 1972 : Enquête sur les conditions d'utilisation des horloges dans les services horaires (le B.I.H. se réserve la possibilité de n'utiliser que les horloges exploitées dans des conditions satisfaisantes). Demande par le B.I.H. des comparaisons d'horloges pour toute l'année 1972 dans un format spécifié (cartes perforées et bandes perforées pourront être utilisées).

b) fin 1972-début 1973 : Réduction des données des horloges avec la méthode dite « ALGOS » qui comporte une pondération des horloges d'après leur marche moyenne bi-mensuelle.

c) début 1973 : Étude comparative des résultats courants et des résultats d'ALGOS. Bilan sur les temps d'exploitation d'ALGOS.

d) avril-mai 1973 : Présentation des résultats de l'étude au Président du C.C.D.S., au Président du Comité de direction du B.I.H., ainsi qu'aux laboratoires concernés. Si la nouvelle méthode paraît améliorer TAI, ce qui est très probable d'après l'étude qui a déjà été faite, son adoption sera proposée avec application immédiate. Il semble ainsi possible que la nouvelle méthode soit adoptée dans un an environ.

#### Notes

— Le calendrier proposé est approximatif.

— Dans ce qui précède, on ne modifiera pas intentionnellement la durée de l'intervalle unitaire de TAI. On fera en sorte que cette durée ne soit pas modifiée lors du passage d'une méthode à l'autre.

— On proposera ultérieurement une méthode destinée à assurer simultanément la stabilité à moyen terme (quelques années) et l'exactitude.

— Dans la nouvelle méthode, les résultats seront présentés sous la même forme qu'à présent. C'est-à-dire qu'on donnera, de 10 jours en 10 jours, les valeurs de TAI — TA(i) et TUC — TUC(i). Mais ces résultats ne paraîtront que tous les deux mois. De plus, on fournira aux laboratoires concernés les fréquences moyennes (relatives à TAI) et les poids de chacune des horloges.

---

---

## 2<sup>e</sup> RAPPORT

DE LA SECTION I (Rayons X et  $\gamma$ , électrons)

DU

COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LES ÉTALONS DE MESURE  
DES RAYONNEMENTS IONISANTS

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Par H. O. WYCKOFF, Rapporteur  
assisté de G. H. HOFMEESTER

---

La Section I (Rayons X et  $\gamma$ , électrons) du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (C.C.E.M.R.I.) a tenu sa deuxième réunion au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 3, 4 et 5 mai 1972.

Étaient présents :

- W. A. JENNINGS (National Physical Laboratory [N.P.L.], Teddington), président de la Section I.
- A. ALLISY (Conservatoire National des Arts et Métiers [C.N.A.M.], Paris).
- G. BENGTSOON (National Institute for Radiation Protection [N.I.R.P.], Stockholm).
- A. BROSED (Junta de Energia Nuclear [J.E.N.], Madrid).
- W. H. HENRY (Conseil National de Recherches [N.R.C.], Ottawa).
- J. W. MOTZ (National Bureau of Standards [N.B.S.], Washington).
- Z. REFEROWSKI (Polski Komitet Normalizacji i Miar [P.K.N.M.], Varsovie).
- H. REICH (Physikalisch-Technische Bundesanstalt [P.T.B.], Braunschweig).
- A. SOMERWIL (Rijks Instituut voor de Volksgezondheid [R.I.V.], Utrecht).
- H. O. WYCKOFF, Président de l'I.C.R.U.

K. ZSDANSZKY (Országos Mérésügyi Hivatal [O.M.H.], Budapest).  
Le Directeur du B.I.P.M. (J. TERRIEN).

Invité: H. H. EISENLOHR (Agence Internationale de l'Énergie Atomique [A.I.E.A.], Vienne).

Absent: M. JUDINE (Institut de Métrologie D. I. Mendéléev [I.M.M.], Leningrad).

Assistaient aussi à la réunion: P. GIACOMO, sous-directeur du B.I.P.M.; A. RYTZ, J. W. MÜLLER et V. D. HUYNH du B.I.P.M.; M<sup>me</sup> M. BOUTILLON, M<sup>lles</sup> M.-T. NIATEL et A.-M. ROUX, en stage au B.I.P.M.; M<sup>lle</sup> D. GUÉGAN (B.I.P.M.); G. H. HOFMEESTER, en stage au B.I.P.M.

### 1. Rapports d'activité des laboratoires

Les membres exposent la situation dans leur laboratoire concernant les étalons d'exposition, les mesures de dose absorbée et les principaux travaux en cours d'exécution ou en projet (Annexe R (I) 2) <sup>(1)</sup>.

### 2. Mesures comparatives

#### a) Étalons d'exposition

Une liste des comparaisons organisées entre les laboratoires nationaux est donnée dans le tableau I. Les rapports sur les comparaisons 1 (BIPM-NBS) et 2 (BIPM-PTB) seront publiés dans *Metrologia* (voir aussi l'Annexe R (I) 3 pour ces deux comparaisons, ainsi que pour les comparaisons 3, 8, 9 et 10).

Une comparaison d'étalons d'exposition dans le domaine de 10 à 50 kV aura lieu dans un proche avenir entre l'Electrotechnical Laboratory (E.T.L.), Japon, et le B.I.P.M.

Plusieurs questions ont été soulevées concernant les détails des expériences effectuées dans les laboratoires participant aux comparaisons. Il n'a pas été possible d'y répondre de façon satisfaisante en raison du manque d'informations précises dans les rapports et de la non-participation à cette réunion des représentants de plusieurs laboratoires.

Il a été recommandé que:

— les laboratoires participants étudient soigneusement les bases de leur correction d'atténuation par les parois pour le rayonnement du <sup>60</sup>Co, afin de s'assurer qu'ils sont d'accord sur cette question;

— le N.B.S. fournisse des renseignements complémentaires prouvant que pour sa chambre ayant les parois les plus minces (chambre NBS-V-1) l'équilibre électronique est atteint pour le rayonnement du <sup>60</sup>Co;

— le R.I.V. mesure l'atténuation des parois de sa chambre sphérique.

---

<sup>(1)</sup> Les Annexes R (I) mentionnées dans ce rapport sont publiées dans *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants*, Section I (Rayons X et  $\gamma$ , électrons), 2<sup>e</sup> réunion, 1972.

TABLEAU I

*Comparaisons d'étalons d'exposition effectuées depuis 1970*

Laboratoires participants	Date	Document CCEMRI (I)	Rayonnement	
1 BIPM-NBS	1971	{ 72-5/II 72-6 72-9 72-9a }	<sup>60</sup> Co	Annexe R (I) 3
2 BIPM-PTB	1971	72-7	<sup>60</sup> Co	Annexe R (I) 3
3 BIPM-RIV	1972	72-8	<sup>60</sup> Co	Annexe R (I) 3
4 NBS-LMRI <sup>(a)</sup>	1971	72-5/III	<sup>60</sup> Co	
5 NBS-NPL (NPL-NRL <sup>(b)</sup> )*	1971 1970	72-5/IV 72-14	{ <sup>60</sup> Co, 2 MV, rayons X	
6 NPL-NRL- CXRL <sup>(c)</sup>	1970	72-14	{ 10 à 50 et 70 à 290 kV, rayons X	
7 IBK <sup>(d)</sup> -OMH (BIPM-OMH)*	1970 1971	72-15	{ <sup>60</sup> Co, <sup>137</sup> Cs 50 à 100 kV, rayons X	
8 BIPM-NIRP	1970		<sup>60</sup> Co	Annexe R (I) 3
9 BIPM-NIRP	1970		{ 10 à 50 kV, rayons X	Annexe R (I) 3
10 BIPM-BARC <sup>(e)</sup>	1971		<sup>60</sup> Co	Annexe R (I) 3
(BIPM-BARC)*	1971		{ 50 à 100 kV, rayons X	

Les comparaisons 6, 8 et 10 ont été effectuées non pas par comparaison directe des étalons des laboratoires concernés, mais par l'intermédiaire d'un instrument de transfert.

\* Il s'agit ici non pas d'une comparaison d'étalons mais d'un étalonnage, le laboratoire de référence étant cité en premier.

(a) LMRI Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants, Saclay, France

(b) NRL National Radiation Laboratory, Christ Church, Nouvelle Zélande

(c) CXRL Commonwealth X-Ray and Radium Laboratory, Melbourne, Australie

(d) IBK Institut « Boris Kidrič », Belgrade, Yougoslavie

(e) BARC Bhabha Atomic Research Centre, Bombay, Inde

Il semble utile de revoir la façon dont est déterminé le volume de la cavité, surtout dans le cas des chambres de petites dimensions. La technique communément utilisée pour de telles déterminations consiste à peser la masse d'eau nécessaire pour remplir la cavité. Des bulles d'air emprisonnées dans l'eau peuvent fausser les résultats.

Les électrons qui produisent l'ionisation dans la cavité ne sont pas émis de façon uniforme à partir de toutes les surfaces de la cavité; la plupart d'entre eux viennent de la région la plus proche de la source. Le centre effectif de mesure est donc plus près de la source que le centre géométrique de la cavité. Les corrections pour cet effet ne sont pas appliquées de façon uniforme.

Le problème de l'équilibre électronique a été soulevé également quand on mesure des rayons X de 2 MV avec la chambre NBS-VIII.

La Section pense qu'il convient d'étudier ces différentes questions. Les rapports sur ces études pourraient, avant leur publication, circuler parmi les membres de la Section pour commentaires.

#### b) Grain de $^{60}\text{Co}$

On a mesuré au N.B.S. par calorimétrie la puissance émise par un grain de  $^{60}\text{Co}$ , et au B.I.P.M. l'activité de ce même grain. Les résultats obtenus sont en bon accord. Les mesures de débits d'exposition faites par ces deux laboratoires avec ce même grain sont également en bon accord, mais les résultats obtenus ne sont pas compatibles avec les mesures de puissance et d'activité si l'on utilise les constantes admises. Les résultats devront être analysés et seront publiés dans *Metrologia* après avoir recueilli les commentaires des membres de la Section.

### 3. Comparaisons périodiques d'étalons d'exposition

Deux méthodes susceptibles d'assurer l'uniformité des étalons nationaux d'exposition sont discutées. L'une, suggérée à la Section par J. E. Burns (N.P.L.) et R. Loevinger (N.B.S.), consiste à organiser des comparaisons entre les différents laboratoires. Dans l'autre, les comparaisons ont lieu entre le B.I.P.M. et chacun des laboratoires nationaux. Les sources de rayonnement du B.I.P.M. sont reconnues comme étant les plus stables et, pour cette raison, la préférence est donnée à la seconde méthode.

Il est difficile de transporter sur les lieux de la comparaison les chambres d'ionisation à parois d'air fonctionnant dans le domaine de 50 à 250 kV, en raison de leurs dimensions et de leur masse. Il est convenu que, dans ce domaine, les comparaisons doivent être effectuées au moyen des instruments de transfert des laboratoires concernés. Ces instruments doivent toutefois être d'une qualité telle que l'exactitude de la comparaison n'en soit pas affectée de plus de 0,5 %. Pour vérifier la stabilité à long terme de leurs instruments de transfert, certains laboratoires représentés dans la Section mettent au point des références constituées par des sources radioactives à longue période et dont la géométrie est fixée. Il faut veiller soigneusement à ce que la géométrie des dispositifs ne varie pas au cours du temps, par exemple par suite de détérioration par le rayonnement.

Les chambres à parois d'air de faibles dimensions sont faciles à transporter; il est donc convenu que, pour les comparaisons dans le

domaine de 5 à 50 kV, chaque étalon national soit apporté au B.I.P.M. Dans le cas du  $^{60}\text{Co}$ , la comparaison des étalons peut se faire en apportant au B.I.P.M. soit l'étalon national, soit un instrument de transfert. Le B.I.P.M. ne pourra pas effectuer de comparaison dans le domaine de 50 à 250 kV avant le début de 1973.

La Section adopte finalement la *Recommandation* R (I)-1 (1972), p. 126, qui résume les conclusions auxquelles ont conduit les discussions sur l'organisation de comparaisons périodiques d'étalons d'exposition.

#### 4. Qualités de rayonnement

##### a) *Domaine de la radiothérapie*

Cette question est discutée à la suite d'une suggestion de J. E. Burns (N.P.L.) et de R. Loevinger (N.B.S.). Ayant constaté que les laboratoires nationaux n'utilisent pas actuellement une gamme commune de qualités de rayonnement, la Section estime souhaitable de fixer, pour les comparaisons, une liste des qualités de rayonnement qui couvriraient le domaine de la radiothérapie. Après une revue des qualités qui sont utilisées actuellement dans les laboratoires nationaux représentés à la réunion, la Section opère une sélection dans le domaine de la radiothérapie (tableau II). On a choisi les intervalles entre qualités pour que la réponse de bons instruments secondaires ne varie pas trop avec l'énergie. Ces qualités seront utilisées dans les comparaisons internationales d'étalons nationaux et leur emploi est conseillé pour l'étalonnage d'instruments secondaires. Il faut remarquer que c'est en effectuant les étalonnages avec ces qualités

TABLEAU II

##### *Qualités de rayonnement recommandées*

kV	Couche de demi-atténuation (CDA) (en mm)		Filtration approximative (en mm)		
	Al	Cu	Be	Al	Cu
10	≈ 0,036*		3		
30	0,18		3	0,2	
50	1,0		3	1	
50	2,3		3	4	
100	4,0	0,15		3,5	
135		0,50		1	0,27
180		1,0		1	0,45
250		2,5		1	1,8

\* Étant donné la difficulté de faire des mesures précises de CDA dans cette région, la qualité recommandée à 10 kV est déterminée par la transmission d'un filtre d'aluminium. Le B.I.P.M. possède un certain nombre de filtres (fabriqués par le N.B.S. et le N.R.C.) dont la transmission est bien connue pour le rayonnement à 10 kV du N.B.S. et du B.I.P.M. Ces filtres sont à la disposition des laboratoires nationaux d'étalonnage qui désirent ajuster leur qualité de rayonnement à 10 kV.

de rayonnement qu'on obtiendra la plus grande uniformité mondiale possible pour les mesures d'exposition.

#### *b) Domaine de protection contre les rayonnements*

Les qualités de rayonnement à utiliser dans ce domaine sont examinées rapidement, mais aucune recommandation n'est faite étant donné le grand nombre et la diversité des applications pour lesquelles les critères de choix sont souvent différents.

### **5. Correction d'humidité pour les chambres d'ionisation**

La Section examine ensuite quelle est la correction d'humidité qu'il convient d'appliquer (question posée par R. Loevinger, N.B.S.). Les corrections d'humidité déterminées au B.I.P.M. sont recommandées pour les chambres d'ionisation à parois d'air, mais il n'existe pas de détermination semblable pour les chambres à cavité. La P.T.B. et le R.I.V. sont intéressés par une détermination expérimentale de telles corrections.

### **6. Étalons de dose absorbée**

Il a été décidé, dans une première étape, de concentrer l'effort sur les étalons de dose absorbée pour le rayonnement du  $^{60}\text{Co}$ . Il est recommandé de ne pas perdre de vue que les techniques et les géométries choisies doivent être utilisables pour des mesures ultérieures avec des photons et des électrons d'énergies plus élevées. A cette fin, le fantôme devra être en graphite, de forme cylindrique (30 cm de diamètre et 20 cm de longueur), le faisceau de rayonnement ayant son axe perpendiculaire à la face plane et centré sur cette face.

Dans le cas du rayonnement du  $^{60}\text{Co}$ , le diamètre du faisceau sur la face d'entrée du fantôme sera de 10 cm et la distance source-détecteur d'environ 1 m. La dose absorbée sera déterminée à une profondeur correspondant à  $5 \text{ g/cm}^2$ .

Le B.I.P.M. sera en mesure d'entreprendre de telles comparaisons vers la fin de 1973. La P.T.B. et le N.B.S. espèrent être prêts à la même époque. Il est prévu que la P.T.B. et le N.B.S. utiliseront des calorimètres portatifs et le B.I.P.M. une méthode ionométrique. Comme dans le cas des mesures d'exposition, les laboratoires nationaux effectueront leur comparaison au B.I.P.M. Il faut noter que certaines techniques risquent de ne pouvoir être utilisées pour de telles comparaisons étant donné le faible débit d'exposition de la source du B.I.P.M. (actuellement  $5 \text{ R/min}$ ).

### **7. Instruments utilisés en radioprotection**

Les instruments utilisés à des fins de protection ont fait l'objet d'une brève discussion. Il est possible que l'on ait besoin à l'avenir de chambres

d'ionisation beaucoup plus petites et plus sensibles que celles qui existent actuellement. Une étape a été franchie dans cette direction avec les chambres d'ionisation qui fonctionnent en régime proportionnel.

### 8. Bourses de recherche au B.I.P.M.

En 1970, Mr Referowski a fait un stage de recherche de six mois au B.I.P.M. Cela a été rendu possible grâce au Service de Coopération Technique français.

La Section constate avec satisfaction que la recommandation qu'elle avait faite à sa première réunion (1970) a été suivie. Un autre boursier, Mr Hofmeester, effectue actuellement un stage de un an au B.I.P.M. grâce à une aide accordée par le Département de la santé publique du Gouvernement hollandais (Rijks Instituut voor de Volksgezondheid).

Mr *Eisenlohr* signale que l'A.I.E.A., de son côté, offre des bourses pour effectuer un travail dans le domaine des rayons X et  $\gamma$ .

### 9. Travaux de recherche récents effectués au B.I.P.M.

Le groupe chargé de la recherche dans le domaine des rayons X et  $\gamma$  expose brièvement les travaux effectués récemment au B.I.P.M. (Annexe R (I) 4); ces travaux concernent :

- la mesure expérimentale des coefficients d'atténuation de l'aluminium et du cuivre à une énergie de 1,33 MeV;
- les chambres à cavité;
- la fluence de photons dans un fantôme d'eau.

### 10. Résumé des principales conclusions

1. Comparaisons internationales périodiques d'étalons d'exposition : une recommandation est présentée au C.I.P.M. (voir p. 126).

2. Choix des qualités de rayonnement pour les comparaisons internationales d'étalons nationaux.

3. Accord sur la réalisation d'un fantôme et sur les conditions de son irradiation, en vue des comparaisons internationales de dose absorbée pour le rayonnement du  $^{60}\text{Co}$ . Les comparaisons débiteront vers la fin de 1973.

4. Discussion rapide des récentes comparaisons d'exposition qui ont eu lieu entre le B.I.P.M. et quelques laboratoires nationaux. La liste de ces comparaisons est donnée dans le tableau I. Une comparaison entre le B.I.P.M. et l'E.T.L. est prévue en 1972 dans le domaine des rayons X de 10 à 50 kV, au moyen d'un instrument de transfert.

5. Les mesures de puissance et d'activité d'un grain de  $^{60}\text{Co}$  effectuées au N.B.S. et au B.I.P.M. seront publiées dans *Metrologia* après distribution du rapport aux membres de la Section.

6. Les corrections d'humidité à appliquer aux chambres à cavité seront étudiées par la P.T.B. et le R.I.V.

7. Les problèmes posés par la mesure des débits d'exposition utilisés en radioprotection feront l'objet d'une étude ultérieure par la Section.

8. Un laboratoire national finance actuellement une bourse de recherche au B.I.P.M., conformément à une recommandation faite en 1970 par la Section.

9. La prochaine réunion de la Section I est prévue en automne 1974.

(Mai 1972)

**Recommandation**  
**du C.C.E.M.R.I. (Section I)**  
**présentée**  
**au Comité International des Poids et Mesures (\*)**

Organisation de comparaisons internationales périodiques d'étalons d'exposition

RECOMMANDATION R (I)-1 (1972)

*Le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants, Section I,*

RECONNAISSANT le besoin de comparaisons systématiques et périodiques des étalons d'exposition,

CONSIDÉRANT que le B.I.P.M. dispose de sources de rayonnement d'une haute stabilité et que de telles comparaisons entrent dans ses activités fondamentales,

RECOMMANDE que le B.I.P.M. organise des comparaisons périodiques d'étalons d'exposition pour les rayons X dans le domaine de 5 à 250 kV et pour le rayonnement photonique du  $^{60}\text{Co}$ , afin que tous les résultats se réfèrent à un même groupe d'étalons stables, ceux du B.I.P.M. On reconnaît que cette recommandation demandera au B.I.P.M. un effort pour qu'il mette son équipement en état d'accomplir cette tâche.

— Dans le domaine des rayons X de 5 à 50 kV, les instruments employés pour la comparaison devraient être des chambres d'ionisation à parois d'air.

---

(\*) Cette Recommandation a été approuvée par le Comité International des Poids et Mesures à sa 61<sup>e</sup> session (octobre 1972).

— Pour le rayonnement du  $^{60}\text{Co}$ , les instruments employés devraient être des chambres à cavité étalons ou des instruments de transfert appartenant aux laboratoires participants.

— Dans le domaine des rayons X de 50 à 250 kV, on devrait utiliser les instruments de transfert des laboratoires participants. Les qualités techniques des instruments de transfert devraient être suffisamment bonnes pour que l'incertitude des résultats d'une comparaison soit inférieure à 0,5 %.

Dans le domaine des rayons X de 50 à 250 kV et avec les filtrations qui seront spécifiées, la réponse des instruments de transfert en fonction de l'énergie des photons devrait être uniforme avec une tolérance maximale de  $\pm 2$  %.

— Une première comparaison pourrait avoir lieu en 1973 dans laquelle seront inclus des étalons de plusieurs laboratoires nationaux, notamment ceux de la *Physikalisch-Technische Bundesanstalt (Braunschweig)*, de l'*Országos Mérésügyi Hivatal (Budapest)*, du *National Physical Laboratory (Teddington)* et du *National Bureau of Standards (Washington)*.

---

## 2<sup>e</sup> RAPPORT (\*)

DE LA SECTION II (Mesure des radionucléides)

DU

COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LES ÉTALONS DE MESURE  
DES RAYONNEMENTS IONISANTS

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

---

La Section II (Mesure des radionucléides) du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (C.C.E.M.R.I.) a tenu sa deuxième réunion au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 5 et 6 septembre 1972.

Étaient présents :

- P. J. CAMPION (National Physical Laboratory [N.P.L.], Teddington), président de la Section II.
- A. H. W. ATEN, Jr. (Instituut voor Kernfysisch Onderzoek [I.K.O.], Amsterdam).
- A. P. BAERG (Conseil National de Recherches [N.R.C.], Ottawa).
- C. E. GRANADOS (Junta de Energia Nuclear [J.E.N.], Madrid).
- B. GRINBERG (Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants [L.M.R.I.], Centre d'Études Nucléaires de Saclay, Gif-sur-Yvette).
- W. B. MANN (National Bureau of Standards [N.B.S.], Washington).
- A. SPERNOL (Bureau Central de Mesures Nucléaires d'Euratom [B.C.M.N.], Geel).

---

(\*) Rapport résumé établi par le B.I.P.M. Le Rapport complet, rédigé par J. G. V. Taylor, est publié dans *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants*, Section II (Mesure des radionucléides), 2<sup>e</sup> réunion, 1972.

J. G. V. TAYLOR (Atomic Energy of Canada Limited [A.E.C.L.], Chalk River).

H. M. WEISS (Physikalisch-Technische Bundesanstalt [P.T.B.], Braunschweig).

A. WILLIAMS (National Physical Laboratory [N.P.L.], Teddington).

Le directeur du B.I.P.M. (J. TERRIEN).

Excusés : M<sup>me</sup> B. KARLIK (Institut für Radiumforschung und Kernphysik [I.R.K.], Vienne).

H. HOUTERMANS (Agence Internationale de l'Énergie Atomique [A.I.E.A.], Vienne), invité.

Absent : F. KARAVAËV (Institut de Métrologie D. I. Mendéléev [I.M.M.], Leningrad).

Assistaient également à la réunion : P. GIACOMO, sous-directeur du B.I.P.M.; A. ALLISY, A. RYTZ, J. W. MÜLLER, V. D. HUYNH; M<sup>lle</sup> GUÉGAN (B.I.P.M.).

La Section a d'abord discuté un rapport de A. Rytz décrivant les travaux effectués par le B.I.P.M. en collaboration avec plusieurs laboratoires sur la distribution de sources solides et de solutions aux laboratoires désireux de comparer leurs mesures avec celles du B.I.P.M. ou de recevoir des ampoules étalonnées. Des dispositions ont également été prises pour aider à la formation des personnes qui souhaitent faire des stages de plusieurs semaines dans des laboratoires hautement qualifiés.

La Section a ensuite discuté longuement plusieurs rapports préliminaires relatifs aux travaux décidés au cours de la 1<sup>re</sup> réunion (1970) et entrepris par des Groupes de travail comprenant des membres de la Section sous la responsabilité de coordinateurs. Ces rapports préliminaires sont :

1. Principes de la méthode des coïncidences, présenté par J. W. Müller.
2. Problèmes de la micropesée, présenté par A. Rytz.
3. Mesure du taux de désintégration dans le cas des nucléides à schéma de désintégration complexe, présenté par A. Williams.
4. Possibilité de comptage par scintillateurs liquides pour la métrologie des nucléides qui se désintègrent par émission de rayonnement de faible énergie, présenté par A. Williams.
5. Métrologie de nucléides à capture électronique pure, présenté par A. P. Baerg.
6. Mesures par coïncidences sur le <sup>203</sup>Hg, présenté par J. G. V. Taylor.

Le Président a présenté pour commentaires les projets de deux monographies : « Méthodes exactes pour la dilution et l'échantillonnage de solutions radioactives » et « Détection et estimation des impulsions secondaires ».

On a décidé de poursuivre les études dans les principaux domaines d'intérêt, c'est-à-dire :

- Principes de la méthode des coïncidences,
- Mesure du taux de désintégration dans le cas des nucléides à schéma de désintégration complexe,
- Techniques de référence pour le contrôle des radionucléides,
- Méthodes exactes de dilution et de préparation de solutions radioactives, etc.

En outre, la majorité de la Section partage l'opinion qu'il serait souhaitable que le B.I.P.M. établisse un système de référence sous la forme d'une chambre d'ionisation  $4\pi\gamma$ . Un tel système permettrait aux laboratoires nationaux de comparer rapidement et à tout moment leurs ampoules étalonnées de solutions de nucléides émetteurs de rayons  $\gamma$ , sur un plan international.

Finalement, il fut décidé d'étudier l'organisation de futures comparaisons internationales et de tous les problèmes qui se posent : choix des radionucléides à comparer, méthodes à utiliser, etc.

---

---

**1<sup>er</sup> RAPPORT (\*)**  
**DE LA SECTION III (Mesures neutroniques)**  
**DU**  
**COMITÉ CONSULTATIF**  
**POUR LES ÉTALONS DE MESURE**  
**DES RAYONNEMENTS IONISANTS (\*\*)**  
**AU**  
**COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES**

---

La Section III du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (C.C.E.M.R.I.) a tenu sa première réunion au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 5, 6 et 7 avril 1972.

Étaient présents :

R. S. CASWELL, Président de la Section III; National Bureau of Standards (N.B.S.), Washington.

E. J. AXTON, National Physical Laboratory (N.P.L.), Teddington.

G. von DROSTE, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (P.T.B.), Braunschweig.

K. W. GEIGER, Conseil National de Recherches (N.R.C.), Ottawa.  
Le Directeur du B.I.P.M. (J. TERRIEN).

Invités : R. JAHR (P.T.B.); J. L. LEROY, Centre d'Études Nucléaires (C.E.N.), Cadarache, France; H. LISKIEN, Bureau Central de Mesures Nucléaires (B.C.M.N.), Geel.

---

(\*) Rapport résumé établi par le B.I.P.M. d'après le Rapport rédigé par R. S. Caswell et publié dans *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants*, Section III (Mesures neutroniques), 1<sup>re</sup> réunion, 1972.

(\*\*) Par décision du Comité International des Poids et Mesures (1969), le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants est maintenant constitué de quatre Sections indépendantes.

Assistaient aussi à la réunion : P. Giacomo, sous-directeur du B.I.P.M.; A. Allisy, A. Rytz, J. W. Müller, V. D. Huynh, M<sup>lle</sup> D. Guégan (B.I.P.M.).

Membres excusés : M<sup>me</sup> I. JARITZINA, Institut de Métrologie D.I. Mendéléev (I.M.M.), Leningrad; E. TERANISHI, Electrotechnical Laboratory (E.T.L.), Tokyo.

Après avoir souhaité la bienvenue aux membres de la Section, Mr *Terrien* fait un bref exposé sur la nouvelle structure du C.C.E.M.R.I. constitué depuis 1969 de quatre Sections indépendantes qui ont remplacé les anciens Groupes de travail.

### 1. Étalonnage de sources neutroniques

Les membres de la Section exposent l'activité de leur laboratoire dans le domaine de l'étalonnage des sources neutroniques. Ces étalonnages sont effectués soit à la demande d'utilisateurs extérieurs, soit uniquement pour les besoins internes du laboratoire. La Section considère, bien que l'exactitude des étalonnages puisse être améliorée, que le travail dans ce domaine est actuellement moins urgent que dans le domaine de la mesure de débits de fluence de neutrons rapides.

### 2. Étalons de débit de fluence de neutrons thermiques

Les membres de la Section font des commentaires sur la situation actuelle et l'utilisation de leur étalon de neutrons thermiques. Le *Président* présente ensuite quelques remarques sur l'utilité des étalonnages effectués par les laboratoires nationaux.

### 3. Préparation de la comparaison internationale de débits de fluence <sup>(1)</sup> de neutrons rapides

Le but de la comparaison est de comparer des mesures de débits de fluence de neutrons faites dans les mêmes conditions que celles qui sont utilisées pour mesurer les sections efficaces.

Indépendamment du besoin qui existe dans le domaine de la mesure des sections efficaces étalons de neutrons (où l'intérêt réside particulièrement dans la gamme d'énergie inférieure à 1 MeV), les débits de fluence de neutrons rapides monochromatiques sont nécessaires pour étalonner les instruments utilisés en radioprotection et dans le domaine en expansion de la thérapie neutronique.

*Choix de la méthode de comparaison.* — Après un examen des différentes méthodes de comparaison envisagées, la Section a adopté la

---

(1) On emploie aussi le terme « flux surfacique » (en anglais : « flux density »).

méthode qui consiste à faire circuler un ou plusieurs instruments de transfert entre divers laboratoires ayant mesuré les débits de fluence de neutrons monocinétiques. Chaque laboratoire indiquerait le taux de comptage obtenu avec l'instrument de transfert par unité de débit de fluence de neutrons. Cette méthode a l'avantage de permettre à chaque participant d'effectuer la mesure dans les conditions de travail normales du laboratoire et est une comparaison directe de débits de fluence de neutrons. Elle a en revanche l'inconvénient de nécessiter des instruments de transfert bien conçus, simples et suffisamment stables.

Une autre méthode possible consisterait à irradier des échantillons communs normalisés avec des débits de fluence connus et à effectuer le comptage dans un seul laboratoire ou, s'il s'agit d'échantillons à courte période, à les mesurer dans chaque laboratoire avec des ensembles de comptage équivalents ou identiques. Les résultats fournis seraient des taux de comptage à saturation par unité de débit de fluence. Cette méthode a été retenue par la Section comme une possibilité si l'on ne trouve pas d'instruments de transfert adéquats.

*Énergies et sources à utiliser dans la comparaison.* — La comparaison à l'étude est envisagée comme une comparaison de débits de fluence de neutrons monocinétiques produits par des accélérateurs d'ions positifs.

Afin de ne pas trop charger la comparaison, tout en y incluant les énergies qui présentent un intérêt pour l'énergie nucléaire, la protection et la thérapie, les énergies suivantes sont retenues : 250 keV, 2,5 MeV et 14,8 MeV. Le tableau A donne la liste des énergies choisies, des laboratoires participants et les dates probables retenues pour la comparaison.

TABLEAU A

Énergie	BCM N	BIP M	CEN	ETL	IMM	NBS	NPL	NRC	PTB
250 keV	1972	—	1972	1972		1973	1972	1972	1974?
2,5 MeV	1973?	1972	1972	1973?	1973	1974	1972	1972	1974?
14,8 MeV	1972	—	1973	1972	1972	1974	1972	—	1974?

En ce qui concerne la question de la participation d'autres laboratoires, on laisse au Président de la Section la possibilité d'ajouter des participants à la liste ci-dessus, tout en veillant à ce que leur nombre demeure assez réduit.

*Instruments de transfert.* — Une revue est faite des différents instruments de transfert susceptibles d'être utilisés pour la comparaison. On discute ensuite de l'intérêt que peut présenter l'emploi de plusieurs instruments de transfert. Si l'on envisage d'utiliser deux instruments, il serait préférable qu'ils aient des caractéristiques de réponse spectrale différentes; par exemple, l'un d'entre eux pourrait être un détecteur de neutrons avec sphère modératrice et l'autre un détecteur utilisant la réaction directe. On pourrait, de cette façon, tirer au clair la question de la présence de neutrons diffusés et d'autres problèmes semblables.

Étant donné l'importance primordiale de l'instrument de transfert dans la comparaison, il a été décidé d'en faire une étude approfondie dans un premier stade et de commencer la comparaison quand les instruments jugés les plus adéquats auront été choisis.

*Méthodes avec modérateur.* — Les options suivantes (tableau B) sont envisagées pour le détecteur central de neutrons thermiques.

TABLEAU B

Détecteurs à étudier	Laboratoires
a) Tube à $\text{BF}_3$	BIPM
b) Scintillateur à cristal de LiI	éliminé (pas assez stable)
c) Verre scintillant au Li	CEN
d) Compteur proportionnel à $^3\text{He}$	BIPM
e) Scintillateur gazeux à $^3\text{He}$	BCMN
f) Film de Li sur détecteur à semi-conducteur	NPL

Les rapports sur les études des instruments de transfert doivent être adressés au Directeur du B.I.P.M. pour le 1<sup>er</sup> novembre 1972. Ils seront ensuite soumis aux membres de la Section qui voudront bien faire part de leurs commentaires pour le 1<sup>er</sup> décembre 1972. Une décision devra être prise par le Président de la Section après consultation des membres concernés, si possible avant le 1<sup>er</sup> janvier 1973, de façon que la comparaison puisse commencer en 1973.

*Comptage utilisant une réaction nucléaire.* — Étant donné que les caractéristiques des chambres à fission  $^{235}\text{U}(n,f)$  et  $^{238}\text{U}(n,f)$  sont en général excellentes dans tous les domaines, excepté celui de la sensibilité, on pense qu'elles pourraient être étudiées de façon plus approfondie.

La chambre à fission avec  $^{235}\text{U}$  est abandonnée pour les deux énergies les plus élevées (2,5 MeV et 14,8 MeV) à cause de sa sensibilité élevée aux neutrons thermiques. Il semble que la chambre à fission avec  $^{238}\text{U}$  convienne mieux comme instrument de transfert à ces énergies.

Le N.R.C. étudiera le compteur à  $^3\text{He}$  comme instrument de transfert à 250 keV.

Pour les neutrons de 14,8 MeV il serait préférable de prévoir deux méthodes de comptage utilisant les réactions nucléaires sans modérateur, par exemple  $^{56}\text{Fe}(n,p)$  et  $^{238}\text{U}(n,f)$ .

Le N.P.L. a accepté d'étudier la méthode de  $^{56}\text{Fe}(n,p)$  à 14,8 MeV. Afin d'envisager la possibilité d'un comptage  $\beta$ , il a été décidé que Mr Axton ferait circuler une feuille de  $^{60}\text{Co}$  (épaisseur 0,002 cm, surface 5 cm<sup>2</sup>, activité d'environ 200 coups par seconde) parmi les laboratoires participant à la comparaison à 14,8 MeV.

Le N.B.S. étudiera dans quelle mesure on peut augmenter l'efficacité d'une chambre d'ionisation à fission de Grundl, sans perdre les bonnes caractéristiques de stabilité et le bon rapport pic/vallée.

*Spectre de neutrons.* — Le spectre de neutrons devrait avoir une dispersion en énergie inférieure à  $\pm 5\%$  pour des neutrons de 250 keV et 2,5 MeV, et à  $\pm 2\%$  pour des neutrons de 14,8 MeV. Tous les laboratoires peuvent fournir au moins le spectre calculé d'après la cinématique classique.

*Analyse de la comparaison.* — La Section accepte avec reconnaissance l'offre du B.I.P.M. d'analyser les résultats de la comparaison. Chaque laboratoire participant devra établir un rapport détaillé de ses propres mesures. Ces documents serviront à la préparation d'un questionnaire qui permettra de présenter tous les résultats de façon cohérente et en facilitera l'analyse par Mr Müller.

*Calendrier de la comparaison.* — L'étude des instruments de transfert devrait être terminée pour la fin de 1972. La comparaison pourrait ainsi commencer au début de 1973. Le B.I.P.M. établira un calendrier concernant l'organisation de la comparaison qui convienne aux participants.

*Publication des résultats de la comparaison.* — Il a été suggéré que chaque laboratoire publie ses résultats dans *Metrologia* sous forme d'un bref compte rendu. Ces rapports seront suivis de l'analyse générale de la comparaison.

#### 4. Activité du B.I.P.M. dans le domaine des mesures neutroniques

Cette activité consiste d'une part à mesurer le taux d'émission des sources de neutrons Ra-Be( $\alpha$ ,n) et Ra-Be( $\gamma$ ,n) du B.I.P.M. avec le souci constant d'améliorer la précision, d'autre part à poursuivre les mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques produits par la réaction  ${}^2\text{H}(\text{d},\text{n}){}^3\text{He}$ . Par ailleurs, une comparaison des mesures du N.B.S. et du B.I.P.M. sur le taux d'émission de la source de neutrons Ra-Be( $\gamma$ ,n) NBS II a donné des résultats en excellent accord.

#### 5. Activités futures de la Section III

*Étalons de référence de kerma dans le domaine de la thérapie.* — Les étalons de référence de kerma et de dose absorbée feront sans doute plus tard partie du programme de la Section III. Ces problèmes sont actuellement sous la responsabilité de l'I.C.R.U., et la Section III pense qu'elle doit accorder la priorité à la comparaison des débits de fluence de neutrons rapides.

*Protection.* — La Section III pense qu'elle doit se tenir au courant des progrès qui seront effectués dans le domaine de la protection contre les rayonnements, mais qu'elle n'a pas à intervenir actuellement.

*Autres objectifs.* — Les membres de la Section se demandent s'il est prévu d'organiser des réunions ou des écoles d'été sur la mesure des

débits de fluence de neutrons; ce problème sera étudié de façon plus précise en janvier 1974.

\* \* \*

Cette 1<sup>re</sup> réunion de la Section III s'est terminée par une visite des laboratoires du B.I.P.M. et par un bref échange de vues sur les travaux en cours dans les laboratoires nationaux représentés à la réunion.

(Décembre 1972)

---

---

# 1<sup>er</sup> RAPPORT

DE LA SECTION IV (Étalons d'énergie alpha)

DU

COMITÉ CONSULTATIF  
POUR LES ÉTALONS DE MESURE  
DES RAYONNEMENTS IONISANTS (\*)

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Par A. RYTZ, Rapporteur

---

La Section IV (Étalons d'énergie alpha) du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (C.C.E.M.R.I.) s'est réunie au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 20 et 21 mars 1972.

Étaient présents :

K. SIEGBAHN, Membre du C.I.P.M., président du C.C.E.M.R.I. et de la Section IV.

Les membres de la Section :

F. ASARO, Lawrence Berkeley Laboratory, Berkeley.

R. J. WALLEN, Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de Masse du C.N.R.S., Orsay.

Le Directeur du B.I.P.M. (J. TERRIEN).

Invités : M<sup>me</sup> G. BASTIN-SCOFFIER, Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie de Masse du C.N.R.S., Orsay; B. GRENNBERG, Fysiska Institutionen, Uppsala.

---

(\*) Par décision du Comité International des Poids et Mesures (1969), le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants est maintenant constitué de quatre Sections indépendantes.

Assistaient également à la réunion: P. Giacomo, sous-directeur du B.I.P.M.; A. Allisy, A. Rytz, D. J. Gorman, J. W. Müller, V. D. Huynh (B.I.P.M.); M<sup>lle</sup> D. Guégan (B.I.P.M.).

Excusé: S. A. BARANOV, Institut d'Énergie Atomique I.V. Kourtchatov de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., Moscou.

Cette réunion est la première depuis que l'ancien Groupe de travail « Étalons d'énergie alpha » est devenu en 1969 la Section IV du C.C.E.M.R.I.

Après quelques mots de bienvenue de Mr Terrien, le *Président* fait quelques commentaires sur l'objet de cette réunion et indique que les nombreux résultats qui sont présentés permettront plus facilement de faire des recommandations quant aux futurs travaux à entreprendre.

### Travaux effectués au B.I.P.M. depuis Octobre 1968

Mr Rytz expose brièvement ces travaux qui ont fait l'objet d'un rapport interne du B.I.P.M. (1). Il donne quelques détails complémentaires sur le dispositif utilisé dans les mesures d'énergie  $\alpha$  et souligne l'importance de l'aide reçue des trois laboratoires représentés dans la Section IV. Ces laboratoires ont contribué de façon substantielle à augmenter le nombre et la qualité des résultats obtenus, grâce à diverses fournitures: substances radioactives de très haute pureté, appareillage, préparation d'échantillons, conseils judicieux et informations précieuses. Le B.I.P.M. exprime ses remerciements à ces trois laboratoires pour leur assistance.

### Travaux en cours au B.I.P.M. ou envisagés dans un proche avenir

Les travaux les plus récents concernent la mesure de l'énergie des particules  $\alpha$  émises par le  $^{232}\text{U}$  et le  $^{240}\text{Pu}$ . Ils sont présentés par Mr Gorman qui explique les difficultés rencontrées et donne des résultats provisoires. Des poses effectuées avec une même source de  $^{232}\text{U}$  ont fait apparaître une dérive de l'énergie extrapolée vers des valeurs plus faibles, ce qui peut être expliqué par un vieillissement de la source. Les statistiques médiocres obtenues avec les sources de  $^{240}\text{Pu}$  ont conduit à l'emploi d'une nouvelle méthode d'extrapolation décrite dans un rapport du B.I.P.M. (2) qui est distribué au cours de la réunion. Ces résultats très importants seront publiés dès qu'on aura terminé quelques mesures complémentaires susceptibles de modifier l'un des résultats obtenus pour le  $^{232}\text{U}$  avec un champ magnétique de 0,8 T. On rappelle que les résultats des mesures effectuées sur le  $^{212}\text{Bi}$  avec un champ de 0,8 T étaient supérieurs de 0,3 keV

---

(1) RYTZ (A.) and GORMAN (D. J.), Alpha spectrometry - Progress report, Report BIPM-72/2.

(2) GORMAN (D. J.) and MÜLLER (J. W.), Maximum-likelihood fit to points originating from different Poisson distributions, Report BIPM-72/6; *Recueil de Travaux du B.I.P.M.*, volume 3, 1971-1972, (article N° 22).

à ceux obtenus avec un champ de 0,9 T. Ces derniers résultats sont en accord avec ceux obtenus précédemment par B. Grennberg. Il est possible que l'écart observé soit dû à l'absence, pendant les mesures, d'un diaphragme dans la région où le gradient du champ est relativement élevé. Les mesures avec le  $^{212}\text{Bi}$  se poursuivent.

Conformément à l'opinion exprimée par les membres de la Section lors de la réunion d'octobre 1968 <sup>(3)</sup>, l'effort principal a porté sur la réalisation de bons étalons d'énergie dont les valeurs puissent être publiées rapidement. De ce fait, certaines expériences complémentaires envisagées en 1968 n'ont pas encore pu être effectuées. Ainsi, la préparation des sources n'a pas reçu toute l'attention souhaitée. C'est une des raisons pour lesquelles certaines discussions qui suivent se rattachent plus ou moins à ce sujet.

### *Forme des raies*

Dans l'évaluation des mesures d'énergie on suppose toujours que les particules  $\alpha$  qui quittent l'atome sont parfaitement monocinétiques. Un traitement théorique et approfondi de ce problème compliqué serait de la plus haute importance, car il existe actuellement très peu de travaux sur ce sujet. La preuve expérimentale de la largeur finie d'une raie est très faible. Comme l'a souligné Mr *Walen*, les raies  $\alpha$  possèdent toujours une queue qui est due à la détérioration de la surface produite par les particules  $\alpha$ . D'autre part, on a observé des électrons émis au cours d'une désintégration  $\alpha$ , mais le nombre et la vitesse des électrons éjectés ne sont pas connus. L'intensité des électrons K représente moins de  $1 \times 10^{-6}$  de celle des particules  $\alpha$ . L'application de la technique de coïncidences  $\alpha/e$  n'est peut-être pas nécessaire.

Mr *Asaro* mentionne quelques expériences qu'il a faites dans le but d'obtenir les raies les plus fines possibles. La limite semble se situer aux environs de 1 keV. Il est possible que l'énergie communiquée aux électrons de l'atome atteigne quelques centaines d'électronvolts.

L'extrapolation dans les mesures d'énergie devrait tenir compte d'une largeur de raie inhérente de 100, 200 ou 500 eV. Mise à part la forme exacte de la raie à choisir, ceci est un problème purement mathématique.

L'étude de la largeur naturelle de la raie doit être ajoutée à la liste des expériences intéressantes à envisager. Les conditions suivantes doivent être remplies :

- a) sources de très bonne qualité;
- b) vide excellent;
- c) spectromètre équipé de fentes et de diaphragmes adéquats, et champ très homogène.

---

<sup>(3)</sup> RYTZ (A.), Rapport du Groupe de travail pour les étalons d'énergie alpha, B.I.P.M. 10 janvier 1969, p. 8.

Il est possible que la dispersion du spectromètre du B.I.P.M. soit trop faible pour ce genre d'expérience, mais l'excellente homogénéité du champ devrait compenser cette difficulté. Mr *Asaro* envisage de refaire ses expériences à Berkeley. Une telle compétition serait un excellent stimulant pour les travaux du B.I.P.M.

Les conditions expérimentales pourraient être améliorées par la création d'un meilleur vide (piège à air liquide) dans le spectromètre et par certaines précautions prises lors de la préparation des sources. Les filaments de tungstène seraient supérieurs aux filaments de tantale. Un pré-chauffage est important. Un traitement de la surface des supports de sources (cuisson, bombardement ionique) devrait être essayé, ainsi que le montage d'un écran escamotable entre le filament et le support de source. Mr *Walen* a offert au B.I.P.M. un nouvel évaporateur, avec une cloche spéciale pour refroidissement à l'air liquide.

Bien que le  $^{244}\text{Cm}$  ait donné le plus petit écart-type pour les mesures d'énergie, cet émetteur ne semble pas convenir comme source pour les expériences de largeur de raie à cause de sa période de 18 ans. Le  $^{212}\text{Bi}$  serait sans doute plus approprié, mais ces sources devraient être préparées, contrairement à la technique employée jusqu'ici, par évaporation sous vide, ce qui nécessite une source forte de  $^{228}\text{Th}$ .

#### *Préparation des sources*

La méthode de préparation des sources peut fournir des informations précieuses. L'utilité des valeurs d'énergie publiées est diminuée si l'on ne donne pas d'indications précises sur la façon de les utiliser. Bien que les techniques de préparation des sources soient souvent compliquées et plutôt personnelles, on peut envisager de faire quelques recommandations. Les techniques doivent être aussi simples que possible. Ce qui serait encore plus utile, c'est une étude systématique de la valeur de l'énergie trouvée en fonction de l'âge ou de l'activité (extrapolation à zéro) de la source. D'autres renseignements seraient fournis par la comparaison de sources semblables conservées les unes dans un vide très poussé, les autres à l'air libre. Les informations existantes sont insuffisantes et contradictoires. Il est possible que le vieillissement observé avec le  $^{232}\text{U}$  soit un cas extrême. B. Grennberg mentionne une série de mesures faites avec des sources de  $^{242}\text{Cm}$  de qualité médiocre, et qui ont cependant toutes donné la même valeur extrapolée. Ainsi le  $^{232}\text{U}$  et le  $^{242}\text{Cm}$  présentent un accord qualitatif dans le changement de pente, mais pas dans le changement de la valeur extrapolée. L'activité ou l'activité massique peuvent influencer la valeur extrapolée dans certains cas. Mr *Walen* cite une série d'expériences anciennes faites par M. Haïssinsky, et qui montrent que le polonium disparaît complètement de la surface.

#### *Étude des atomes de recul*

Les atomes de recul provenant d'une désintégration  $\alpha$  peuvent avoir différentes charges. L'analyse des charges est difficile et nécessite des

sources en phase gazeuse. Cependant, l'observation de l'énergie et de la distribution de l'énergie des atomes de recul de sources  $\alpha$  ordinaires peut fournir des informations sur l'auto-absorption et l'épaisseur de la source. De telles expériences pourraient être faites utilement en liaison avec les déterminations absolues de l'énergie et donneraient de nouvelles indications sur les erreurs systématiques. Elles seraient grandement facilitées dans le cas du  $^{230}\text{U}$  qui émet des atomes de recul à désintégration relativement rapide par l'émission de quatre particules  $\alpha$  successives. Les « étoiles » qui en résultent seraient aisément reconnues dans l'émulsion. Il se peut que les pics de recul soient plus étroits que les pics  $\alpha$ . L'efficacité de la détection de recul devrait être déterminée. La charge + 3 est la plus appropriée pour séparer les particules  $\alpha$  et les atomes de recul. La séparation par accélération électrostatique est également possible.

#### Publication des résultats

Les résultats obtenus au B.I.P.M. ont déjà suscité un grand intérêt parmi les spécialistes de la spectrométrie  $\alpha$  et les personnes concernées par la systématisation des masses atomiques. La précision obtenue est comparable à celle (4 à 60 eV) des meilleures mesures par spectroscopie de masse (4) et bien supérieure à celle des mesures plus conventionnelles de différences de masses. Cependant, il semble que les publications existantes fournissent une diffusion suffisamment vaste des résultats, et le B.I.P.M. n'envisage pas de publication spéciale bien qu'en ce qui le concerne toutes les mesures aient été effectuées dans le même laboratoire. Seules pourraient être publiées quelques recommandations sur des détails expérimentaux. La question sera étudiée.

Étant donné la grande importance que présentent ces résultats dans les déterminations de masses atomiques, Mr *Terrien*, qui est membre de la Commission des masses atomiques de l'U.I.C.P.A., prendra contact avec A. H. Wapstra.

#### Compilation des valeurs recommandées d'énergie et d'intensité de particules alpha

Cette compilation (5) a été distribuée aux membres de la Section juste avant la réunion. Il s'agit actuellement d'un projet qui ne doit pas encore être cité en référence. La Section a manifesté un grand intérêt pour ce travail et a demandé à l'auteur de le publier dès que possible après y avoir apporté quelques améliorations (texte plus long, code de références plus simple, suppression de certaines données et introduction de nouvelles). Les valeurs d'énergies originales devraient toujours être

---

(4) SMITH (L. G.), Measurements of six light masses, *Phys. Rev.*, C 4, 1971, p. 22.

(5) RYTZ (A.), A compilation of recalibrated  $\alpha$ -particle energy and intensity values, Report BIPM-72/4.

citées explicitement. Par ailleurs, les mesures d'énergie  $\gamma$  devraient être utilisées quand le schéma de désintégration est bien connu, pour permettre d'arriver aux meilleures valeurs d'énergies  $\alpha$  correspondant aux transitions à des états excités. Une publication en deux étapes serait utile, car la première version permettrait de recevoir des commentaires et de nouvelles données. A. H. Wapstra sera aussi contacté au sujet de cette compilation. La publication de ce travail est envisagée dans *Nuclear Data Tables* ou *Nuclear Instruments and Methods*.

### Mesures d'énergies alpha dans un proche avenir

<sup>148</sup>Gd. — La première mesure absolue de l'énergie  $\alpha$  d'une terre rare revêt une importance particulière : très faible énergie, désintégration  $\alpha$  pure avec une seule raie.

Mr *Asaro* donne quelques détails sur la préparation de l'échantillon. Une cible d'isotopes légers d'euporium a été soumise pendant 1 600 h à un bombardement de protons dans le cyclotron de 88 in (2,24 m) du Lawrence Berkeley Laboratory. Des difficultés imprévisibles ont surgi lors de la séparation chimique qui, de ce fait, a pris plus de temps que prévu. On espère obtenir une activité totale de  $10^9$  désintégrations par minute et il devrait être possible d'envoyer assez rapidement au B.I.P.M. une source préparée sur un support adéquat. Un échantillon d'activité plus forte pourrait être envoyé ultérieurement pour permettre de préparer au B.I.P.M. des sources par évaporation dans le vide. Cela nécessitera une installation à vide perfectionnée et un équipement pour récupérer une partie de la substance. D'après Mr *Walen*, l'efficacité dans la préparation des sources atteint 50 à 60 % dans les meilleures conditions.

<sup>230</sup>U. — C'est un cas très intéressant pour les mesures absolues de toute une famille d'émetteurs  $\alpha$  et pour les expériences de recul. La courte période du <sup>230</sup>Pa demande que l'expérience soit préparée avec grand soin. Il faut une irradiation d'environ 12 h, que le B.I.P.M. devra demander directement à l'Institut de Physique Nucléaire à Orsay. Mr *Walen* s'occupera de la partie chimique.

<sup>239</sup>Pu. — La période du <sup>239</sup>Pu est proche de la limite de détection, mais l'expérience semble possible. Le fluorure est plus facile à évaporer que l'oxyde. Mr *Walen* s'enquerra de la disponibilité de cette substance.

<sup>243</sup>Am. — Il y a un problème de pureté. Mr *Walen* s'informerá.

<sup>252</sup>Cf. — Ce cas pose un problème de sécurité. Mr *Walen* se renseignera.

<sup>227</sup>Th. — Un échantillon de ce radionucléide permettrait de répéter les mesures des quatre substances filles dans des conditions bien meilleures que précédemment. Il est possible que Mr *Walen* puisse préparer cet échantillon.

$^{212}\text{Po}$ . — Les alphas à longs parcours n'ont jamais été mesurés avec une grande exactitude. Une telle expérience, qui fournirait par ailleurs un point de référence pour d'autres mesures, est hautement souhaitable. Elle nécessite de très fortes sources. Le B.I.P.M. a déjà acheté deux sources de  $^{228}\text{Th}$  à Amersham, mais elles sont devenues beaucoup trop faibles et ont perdu leur pouvoir émanateur. Il se peut que le Radiochemical Centre soit intéressé par une telle mesure et disposé à y contribuer. Le B.I.P.M. devrait prendre contact avec cet organisme.

$^{210}\text{Po}$ . — Bien que le  $^{210}\text{Po}$  ne soit pas un bon étalon d'énergie, il faut le mesurer à nouveau. Il est possible de réduire la contamination du spectromètre en protégeant la chambre à vide et en entourant le support de source d'un écran supplémentaire. Ces mesures présentent un intérêt particulier parce qu'elles peuvent être faites avec trois valeurs différentes du champ magnétique.

$^{208}\text{Po}$  et  $^{209}\text{Po}$ . — Ces deux radionucléides pourraient aussi être mesurés, mais il est trop difficile de les fabriquer à Orsay. Mr Asaro s'informerera.

#### Orientation du travail futur

Le programme de mesures absolues d'énergies du B.I.P.M. ne se limite pas nécessairement aux particules  $\alpha$ . Les valeurs exactes d'énergies des électrons de conversion et de rayons  $\gamma$  sont également très importantes pour la connaissance des énergies de liaison et de certaines constantes fondamentales.

Les énergies les plus importantes des électrons de conversion se situent au voisinage de 40 keV. L'électro-aimant du B.I.P.M. ne serait sans doute pas d'une grande utilité dans ce domaine d'énergie; il faudrait plutôt un spectromètre sans fer. Par contre, l'électro-aimant pourrait être employé pour les électrons plus rapides après adjonction d'un dispositif adéquat de mesure et de stabilisation du champ. Les mesures de rayons  $\gamma$  demandent, quant à elles, un spectromètre de diffraction à cristaux.

La Section ne désire pas qu'un programme soit établi immédiatement. Toutefois, elle demande que les problèmes soient étudiés, de sorte qu'elle puisse les discuter ultérieurement. Mr Rytz devra réfléchir à ces différentes questions et à l'appareillage nécessaire. La Section a pleinement conscience que les problèmes posés sont différents de ceux inhérents à la mesure des particules  $\alpha$ . Un travail relatif aux électrons de conversion et aux rayons  $\gamma$  constituerait un champ d'investigation totalement nouveau et les études devraient partir de zéro. Elles impliqueraient des contacts avec de nombreux laboratoires et une analyse minutieuse des besoins (personnel, locaux, appareils, temps, crédits).

### Conclusion

— Les résultats expérimentaux obtenus justifient l'effort déployé par le B.I.P.M. et la Section IV dont les recommandations auront, de ce fait, plus de poids. L'importance de l'aide apportée par les laboratoires extérieurs est reconnue et appréciée.

— Des mesures complémentaires seront effectuées avec le  $^{212}\text{Bi}$  pour essayer d'expliquer la dispersion des résultats obtenus avec différentes valeurs du champ magnétique.

— Étant donné la très grande précision atteinte, il n'est plus possible de méconnaître l'importance de la largeur des raies. La preuve de la largeur naturelle de la raie doit être recherchée au moyen de sources de  $^{212}\text{Bi}$  très propres, mesurées dans un meilleur vide avec des fentes et des diaphragmes appropriés. Un soin particulier doit être apporté à la préparation des sources et de la surface des supports. La largeur de la raie doit être incluse dans l'extrapolation.

— Il est très souhaitable d'effectuer une étude systématique de la dépendance de l'énergie extrapolée avec l'âge de la source et son activité.

— Il est possible d'estimer la qualité de la source d'après des mesures d'atomes de recul. De telles expériences sont prometteuses et devraient être tentées.

— Il n'est pas envisagé de faire une publication spéciale de l'ensemble des résultats obtenus au B.I.P.M. Cependant, quelques recommandations pourraient être publiées.

— L'importance des énergies  $\alpha$  pour les ajustements de masses atomiques est reconnue. Des contacts devraient être pris avec la Commission de l'U.I.P.P.A., spécialement en ce qui concerne la compilation qui devrait être publiée dès que les modifications proposées y auront été apportées.

— Une liste de dix émetteurs  $\alpha$  contenant les nucléides les plus prometteurs a été établie. On espère que la plus grande partie de ces émetteurs pourront être mesurés par le B.I.P.M. dans les trois années à venir.

— On a discuté brièvement l'extension des mesures d'énergies aux électrons de conversion et aux rayons  $\gamma$ . La Section ne désire pas établir un programme actuellement, mais demande que des études préliminaires soient entreprises.

\* \* \*

A l'issue de la réunion, les membres ont fait une courte visite du laboratoire de spectrométrie  $\alpha$  du B.I.P.M.

La prochaine réunion de la Section n'aura pas lieu avant 1974.

(Avril 1972)

---

## ANNEXE 1

---

### **Valeurs des efficacités lumineuses relatives spectrales en vision photopique [ $V(\lambda)$ ]**

Les tableaux ci-après reproduisent les valeurs de  $V(\lambda)$  [ $= \bar{y}(\lambda)$ ] qui ont été adoptées par la Commission Internationale de l'Éclairage (C.I.E.) en 1971 <sup>(1)</sup> et dont l'emploi est recommandé par le C.I.P.M. (Recommandation 1 (CI-1972); elles sont un perfectionnement des valeurs de 10 en 10 nm adoptées en 1933 par le C.I.P.M. et antérieurement en 1924 par la C.I.E.

---

(1) Publications CIE N° 18 (1970), p. 43, et N° 15 (1971), p. 93.

$\lambda$ (en nm)	$V(\lambda)$
360	0.000 003 917 000
61	0.000 004 393 581
62	0.000 004 929 604
63	0.000 005 532 136
64	0.000 006 208 245
365	0.000 006 965 000
66	0.000 007 813 219
67	0.000 008 767 336
68	0.000 009 839 844
69	0.000 011 043 23
370	0.000 012 390 00
71	0.000 013 886 41
72	0.000 015 557 28
73	0.000 017 442 96
74	0.000 019 583 75
375	0.000 022 020 00
76	0.000 024 839 65
77	0.000 028 041 26
78	0.000 031 531 04
79	0.000 035 215 21
380	0.000 039 000 00
81	0.000 042 826 40
82	0.000 046 914 60
83	0.000 051 589 60
84	0.000 057 176 40
385	0.000 064 000 00
86	0.000 072 344 21
87	0.000 082 212 24
88	0.000 093 508 16
89	0.000 106 136 1
390	0.000 120 000 0
91	0.000 134 984 0
92	0.000 151 492 0
93	0.000 170 208 0
94	0.000 191 816 0
395	0.000 217 000 0
96	0.000 246 906 7
97	0.000 281 240 0
98	0.000 318 520 0
99	0.000 357 266 7
400	0.000 396 000 0
01	0.000 433 714 7
02	0.000 473 024 0
03	0.000 517 876 0
04	0.000 572 218 7
405	0.000 640 000 0
06	0.000 724 560 0
07	0.000 825 500 0
08	0.000 941 160 0
09	0.001 069 880

$\lambda$ (en nm)	$V(\lambda)$
410	0.001 210 000
11	0.001 362 091
12	0.001 530 752
13	0.001 720 368
14	0.001 935 323
415	0.002 180 000
16	0.002 454 800
17	0.002 764 000
18	0.003 117 800
19	0.003 526 400
420	0.004 000 000
21	0.004 546 240
22	0.005 159 320
23	0.005 829 280
24	0.006 546 160
425	0.007 300 000
26	0.008 086 507
27	0.008 908 720
28	0.009 767 680
29	0.010 664 43
430	0.011 600 00
31	0.012 573 17
32	0.013 582 72
33	0.014 629 68
34	0.015 715 09
435	0.016 840 00
36	0.018 007 36
37	0.019 214 48
38	0.020 453 92
39	0.021 718 24
440	0.023 000 00
41	0.024 294 61
42	0.025 610 24
43	0.026 958 57
44	0.028 351 25
445	0.029 800 00
46	0.031 310 83
47	0.032 883 68
48	0.034 521 12
49	0.036 225 71
450	0.038 000 00
51	0.039 846 67
52	0.041 768 00
53	0.043 766 00
54	0.045 842 67
455	0.048 000 00
56	0.050 243 68
57	0.052 573 04
58	0.054 980 56
59	0.057 458 72

$\lambda$ (en nm)	$V(\lambda)$
460	0.060 000 00
61	0.062 601 97
62	0.065 277 52
63	0.068 042 08
64	0.070 911 09
465	0.073 900 00
66	0.077 016 00
67	0.080 266 40
68	0.083 666 80
69	0.087 232 80
470	0.090 980 00
71	0.094 917 55
72	0.099 045 84
73	0.103 367 4
74	0.107 884 6
475	0.112 600 0
76	0.117 532 0
77	0.122 674 4
78	0.127 992 8
79	0.133 452 8
480	0.139 020 0
81	0.144 676 4
82	0.150 469 3
83	0.156 461 9
84	0.162 717 7
485	0.169 300 0
86	0.176 243 1
87	0.183 558 1
88	0.191 273 5
89	0.199 418 0
490	0.208 020 0
91	0.217 119 9
92	0.226 734 5
93	0.236 857 1
94	0.247 481 2
495	0.258 600 0
96	0.270 184 9
97	0.282 293 9
98	0.295 050 5
99	0.308 578 0
500	0.323 000 0
01	0.338 402 1
02	0.354 685 8
03	0.371 698 6
04	0.389 287 5
505	0.407 300 0
06	0.425 629 9
07	0.444 309 6
08	0.463 394 4
09	0.482 939 5

$\lambda$ (en nm)	$V(\lambda)$
510	0.503 000 0
11	0.523 569 3
12	0.544 512 0
13	0.565 690 0
14	0.586 965 3
515	0.608 200 0
16	0.629 345 6
17	0.650 306 8
18	0.670 875 2
19	0.690 842 4
520	0.710 000 0
21	0.728 185 2
22	0.745 463 6
23	0.761 969 4
24	0.777 836 8
525	0.793 200 0
26	0.808 110 4
27	0.822 496 2
28	0.836 306 8
29	0.849 491 6
530	0.862 000 0
31	0.873 810 8
32	0.884 962 4
33	0.895 493 6
34	0.905 443 2
535	0.914 850 1
36	0.923 734 8
37	0.932 092 4
38	0.939 922 6
39	0.947 225 2
540	0.954 000 0
41	0.960 256 1
42	0.966 007 4
43	0.971 260 6
44	0.976 022 5
545	0.980 300 0
46	0.984 092 4
47	0.987 418 2
48	0.990 312 8
49	0.992 811 6
550	0.994 950 1
51	0.996 710 8
52	0.998 098 3
53	0.999 112 0
54	0.999 748 2
555	1.000 000 0
56	0.999 856 7
57	0.999 304 6
58	0.998 325 5
59	0.996 898 7

$\lambda$ (en nm)	$V(\lambda)$
560	0.995 000 0
61	0.992 600 5
62	0.989 742 6
63	0.986 444 4
64	0.982 724 1
565	0.978 600 0
66	0.974 083 7
67	0.969 171 2
68	0.963 856 8
69	0.958 134 9
570	0.952 000 0
71	0.945 450 4
72	0.938 499 2
73	0.931 162 8
74	0.923 457 6
575	0.915 400 0
76	0.907 006 4
77	0.898 277 2
78	0.889 204 8
79	0.879 781 6
580	0.870 000 0
81	0.859 861 3
82	0.849 392 0
83	0.838 622 0
84	0.827 581 3
585	0.816 300 0
86	0.804 794 7
87	0.793 082 0
88	0.781 192 0
89	0.769 154 7
590	0.757 000 0
91	0.744 754 1
92	0.732 422 4
93	0.720 003 6
94	0.707 496 5
595	0.694 900 0
96	0.682 219 2
97	0.669 471 6
98	0.656 674 4
99	0.643 844 8
600	0.631 000 0
01	0.618 155 5
02	0.605 314 4
03	0.592 475 6
04	0.579 637 9
605	0.566 800 0
06	0.553 961 1
07	0.541 137 2
08	0.528 352 8
09	0.515 632 3

$\lambda$ (en nm)	$V(\lambda)$
610	0.503 000 0
11	0.490 468 8
12	0.478 030 4
13	0.465 677 6
14	0.453 403 2
615	0.441 200 0
16	0.429 080 0
17	0.417 036 0
18	0.405 032 0
19	0.393 032 0
620	0.381 000 0
21	0.368 918 4
22	0.356 827 2
23	0.344 776 8
24	0.332 817 6
625	0.321 000 0
26	0.309 338 1
27	0.297 850 4
28	0.286 593 6
29	0.275 624 5
630	0.265 000 0
31	0.254 763 2
32	0.244 889 6
33	0.235 334 4
34	0.226 052 8
635	0.217 000 0
36	0.208 161 6
37	0.199 548 8
38	0.191 155 2
39	0.182 974 4
640	0.175 000 0
41	0.167 223 5
42	0.159 646 4
43	0.152 277 6
44	0.145 125 9
645	0.138 200 0
46	0.131 500 3
47	0.125 024 8
48	0.118 779 2
49	0.112 769 1
650	0.107 000 0
51	0.101 476 2
52	0.096 188 64
53	0.091 122 96
54	0.086 264 85

$\lambda$ (en nm)	$V(\lambda)$
655	0.081 600 00
56	0.077 120 64
57	0.072 825 52
58	0.068 710 08
59	0.064 769 76
660	0.061 000 00
61	0.057 396 21
62	0.053 955 04
63	0.050 673 76
64	0.047 549 65
665	0.044 580 00
66	0.041 758 72
67	0.039 084 96
68	0.036 563 84
69	0.034 200 48
670	0.032 000 00
71	0.029 962 61
72	0.028 076 64
73	0.026 329 36
74	0.024 708 05
675	0.023 200 00
76	0.021 800 77
77	0.020 501 12
78	0.019 281 08
79	0.018 120 69
680	0.017 000 00
81	0.015 903 79
82	0.014 837 18
83	0.013 810 68
84	0.012 834 78
685	0.011 920 00
86	0.011 068 31
87	0.010 273 39
88	0.009 533 311
89	0.008 846 157
690	0.008 210 000
91	0.007 623 781
92	0.007 085 424
93	0.006 591 476
94	0.006 138 485
695	0.005 723 000
96	0.005 343 059
97	0.004 995 796
98	0.004 676 404
99	0.004 380 075
700	0.004 102 000
01	0.003 838 453
02	0.003 589 099
03	0.003 354 219
04	0.003 134 093

$\lambda$ (en nm)	$V(\lambda)$
705	0.002 929 000
06	0.002 738 139
07	0.002 559 876
08	0.002 393 244
09	0.002 237 275
710	0.002 091 000
11	0.001 953 587
12	0.001 824 580
13	0.001 703 580
14	0.001 590 187
715	0.001 484 000
16	0.001 384 496
17	0.001 291 268
18	0.001 204 092
19	0.001 122 744
720	0.001 047 000
21	0.000 976 589 6
22	0.000 911 108 8
23	0.000 850 133 2
24	0.000 793 238 4
725	0.000 740 000 0
26	0.000 690 082 7
27	0.000 643 310 0
28	0.000 599 496 0
29	0.000 558 454 7
730	0.000 520 000 0
31	0.000 483 913 6
32	0.000 450 052 8
33	0.000 418 345 2
34	0.000 388 718 4
735	0.000 361 100 0
36	0.000 335 383 5
37	0.000 311 440 4
38	0.000 289 165 6
39	0.000 268 453 9
740	0.000 249 200 0
41	0.000 231 301 9
42	0.000 214 685 6
43	0.000 199 288 4
44	0.000 185 047 5
745	0.000 171 900 0
46	0.000 159 778 1
47	0.000 148 604 4
48	0.000 138 301 6
49	0.000 128 792 5
750	0.000 120 000 0
51	0.000 111 859 5
52	0.000 104 322 4
53	0.000 097 335 60
54	0.000 090 845 87

$\lambda$ (en nm)	$V(\lambda)$
755	0.000 084 800 00
56	0.000 079 146 67
57	0.000 073 858 00
58	0.000 068 916 00
59	0.000 064 302 67
760	0.000 060 000 00
61	0.000 055 981 87
62	0.000 052 225 60
63	0.000 048 718 40
64	0.000 045 447 47
765	0.000 042 400 00
66	0.000 039 561 04
67	0.000 036 915 12
68	0.000 034 448 68
69	0.000 032 148 16
770	0.000 030 000 00
71	0.000 027 991 25
72	0.000 026 113 56
73	0.000 024 360 24
74	0.000 022 724 61
775	0.000 021 200 00
76	0.000 019 778 55
77	0.000 018 452 85
78	0.000 017 216 87
79	0.000 016 064 59
780	0.000 014 990 00
81	0.000 013 987 28
82	0.000 013 051 55
83	0.000 012 178 18
84	0.000 011 362 54
785	0.000 010 600 00
86	0.000 009 885 877
87	0.000 009 217 304
88	0.000 008 592 362
89	0.000 008 009 133
790	0.000 007 465 700
91	0.000 006 959 567
92	0.000 006 487 995
93	0.000 006 048 699
94	0.000 005 639 396
795	0.000 005 257 800
96	0.000 004 901 771
97	0.000 004 569 720
98	0.000 004 260 194
99	0.000 003 971 739
800	0.000 003 702 900
01	0.000 003 452 163
02	0.000 003 218 302
03	0.000 003 000 300
04	0.000 002 797 139

$\lambda$ (en nm)	$V(\lambda)$
805	0.000 002 607 800
06	0.000 002 431 220
07	0.000 002 266 531
08	0.000 002 113 013
09	0.000 001 969 943
810	0.000 001 836 600
11	0.000 001 712 230
12	0.000 001 596 228
13	0.000 001 488 090
14	0.000 001 387 314
815	0.000 001 293 400
16	0.000 001 205 820
17	0.000 001 124 143
18	0.000 001 048 009
19	0.000 000 977 057 8
820	0.000 000 910 930 0
21	0.000 000 849 251 3
22	0.000 000 791 721 2
23	0.000 000 738 090 4
24	0.000 000 688 109 8
825	0.000 000 641 530 0
26	0.000 000 598 089 5
27	0.000 000 557 574 6
28	0.000 000 519 808 0
29	0.000 000 484 612 3
830	0.000 000 451 810 0

## NOTICES NÉCROLOGIQUES

---

### HARRY BARRELL

(1901-1972)

---

Harry Barrell, membre honoraire du Comité International des Poids et Mesures et ancien président du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde, est mort après une brève maladie à son domicile à Hampton Hill, Middlesex, le 16 février 1972 à l'âge de 71 ans.

Il avait fait toute sa carrière au National Physical Laboratory, Teddington, où il était entré en décembre 1923 après avoir terminé ses études à l'Imperial College of Science de l'Université de Londres et y avoir fait quelques recherches en spectroscopie. Au N.P.L., il fut chargé d'un important projet qui était sur le point de débiter : la détermination du mètre en fonction de la longueur d'onde de la radiation rouge du cadmium. Il travailla sur ce projet en collaboration avec feu J. E. Sears\*, qui était alors Superintendent de la Metrology Division du N.P.L. Ce travail s'acheva avec succès en 1933 par la publication de la valeur de « Sears et Barrell ». En liaison avec des travaux similaires entrepris à la Physikalisch-Technische Reichanstalt, Berlin (1933), et au Japon (1927), leur travail apportait une preuve confirmant la possibilité pratique d'utiliser une unité naturelle de longueur représentée par une longueur d'onde lumineuse comme l'avaient démontré quelques années auparavant au B.I.P.M. d'abord Michelson et Benoît et ensuite Benoît, Fabry et Perot. Tout en poursuivant ses travaux sur la mesure du mètre en longueurs d'onde de la raie rouge du cadmium, H. Barrell établissait une relation empirique entre l'indice de réfraction de l'air et sa température, sa pression et sa composition chimique.

Tout à fait en dehors de ses travaux scientifiques qui conduisirent finalement à l'adoption d'un étalon défini par une longueur d'onde au lieu de l'étalon matériel de longueur, le Mètre prototype international, H. Barrell montrait un grand intérêt dans l'application pratique de la définition de la longueur par une longueur d'onde; à cet effet, c'est essentiellement à lui que l'on doit la mise au point en 1937 de l'interféromètre pour calibres du N.P.L. qui permettait d'étalonner des calibres à bouts plans directement en fonction des longueurs d'onde des radiations du cadmium, et cela en grand nombre à des fins industrielles. Dans une version modifiée, cet interféromètre est fabriqué couramment et a rencontré un succès énorme; il est employé dans de nombreux pays dans le monde entier.

---

\* J. E. Sears fut président du Comité International des Poids et Mesures de 1945 à 1954.

A la déclaration de la Seconde Guerre Mondiale en 1939, H. Barrell fut affecté au Groupe technique de la Metrology Division du N.P.L. pour prendre part à la vérification des calibres employés dans la production et le contrôle des munitions. En 1942, il s'intéressa à l'utilisation des palpeurs pneumatiques à haute pression et, à la suite de travaux expérimentaux couronnés de succès, il fut chargé de la conception de diverses machines à étalonner fondées sur ce principe et qui ont été largement utilisées dans l'industrie durant la dernière partie de la guerre. L'expérience qu'il acquit dans les principes et la pratique de la construction mécanique de précision pendant et après la période de guerre lui fut particulièrement précieuse lorsqu'il devint Superintendent de la Metrology Division du N.P.L. en 1953. C'était l'époque où cette Division se développait considérablement pour devenir, sous le nom de Standards Division, la plus importante du N.P.L. avec pour mission de s'occuper des unités fondamentales et des mesures précises de masse, de longueur, de temps, des grandeurs électriques et de température.

Lorsque peu après 1945 on disposa d'isotopes purs, H. Barrell étudia leur rayonnement optique en utilisant des techniques interférométriques qu'il avait mises au point. A la suite de ce travail, et étant donné la renommée que lui avaient valu ses travaux antérieurs sur la raie rouge étalon du cadmium, il fut invité à devenir membre du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre lorsque ce Comité fut créé en 1952; en 1954, il fut élu membre du Comité International des Poids et Mesures après la démission et peu avant le décès de J. E. Sears.

Il joua un rôle important dans les discussions qui conduisirent à la nouvelle définition du mètre par la longueur d'onde d'une radiation du krypton 86 et à son adoption par la 11<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures en 1960. Plus tard, il fut nommé président du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde et il s'occupa des discussions qui conduisirent à l'adoption par la 13<sup>e</sup> Conférence Générale en 1967 de la définition actuelle de la seconde à partir d'une transition hyperfine de l'atome de césium 133.

Lorsqu'il prit sa retraite du N.P.L., H. Barrell démissionna du Comité International qui le nomma membre honoraire en 1966; il continua à assister aux réunions du Comité International jusqu'en 1970. Il accepta aussi l'invitation qui lui fut faite de rester au N.P.L. comme conseiller du Directeur et prit une part active à la création du British Calibration Service, une tâche pour laquelle sa grande expérience le désignait tout particulièrement. Il donnait également ses conseils pour l'organisation des bureaux d'étude et des ateliers du N.P.L. et continuait à porter un vif intérêt à la formation des jeunes appelés à y travailler.

A ses qualités scientifiques et techniques, H. Barrell ajoutait des qualités personnelles très réelles. Toujours consciencieux et modeste, il portait un intérêt vraiment humain à chacun des membres de son personnel et il était toujours prêt à rendre service dans toute la mesure du possible. En 1962, il fut nommé Commandeur de l'Ordre de l'Empire Britannique. Ses nombreux amis conserveront longtemps sa mémoire.

---

# RICHARD VIEWEG

(1896-1972)

Par U. STILLE

---

Felix qui potuit rerum cognoscere  
causas. (Virgile, *Les Géorgiques* II,  
490)

Richard Vieweg, Professeur Dr. rer. techn. Dr.-Ing. E.h., ancien Président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt (P.T.B.), est mort le 20 octobre 1972 pendant un séjour de repos dans la Forêt-Noire, un jour après la clôture de la 61<sup>e</sup> session du Comité International des Poids et Mesures.

Fils d'un pasteur, R. Vieweg est né le 25 avril 1896 à Topfseifersdorf, situé en Saxe sur l'Erzgebirge. Il fit ses études classiques à la Fürstenschule, à Meissen, collègue qu'il quittait en 1914 après avoir obtenu le baccalauréat.

Après la Première Guerre mondiale, à laquelle il prit part, il étudia de 1918 à 1922 la physique et les mathématiques aux Écoles Polytechniques de Charlottenburg et de Dresde. En 1923, il obtint le grade de docteur rer. techn. et entra à la Physikalisch-Technische Reichsanstalt (P.T.R.) comme « wissenschaftlicher Hilfsarbeiter ». En 1927, il fut nommé Regierungsrat et on lui confia la section des hautes tensions de la P.T.R. En 1935, R. Vieweg fut appelé à la chaire de physique technique à l'École Polytechnique de Darmstadt, où il fut chargé du rectorat pendant les dures et laborieuses années de la reconstitution en 1946/47. En 1951, il accepta la présidence de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt (P.T.B.) comme neuvième président de la P.T.R./P.T.B. L'École Polytechnique de Braunschweig le nomma professeur titulaire en 1952. Après son activité de dix ans à Braunschweig, il prit sa retraite et retourna à sa maison à Darmstadt; en même temps l'École Polytechnique de Darmstadt le nomma professeur titulaire.

L'œuvre scientifique de R. Vieweg est très étendue et comprend plus de 250 publications, y compris vingt livres et recueils qu'il a publiés en qualité d'auteur, de rédacteur (par exemple le manuel « Kunststoffe » de douze volumes prévus) ou de co-auteur.

Ses intérêts scientifiques et ses champs d'activité principaux touchaient le domaine de la physique technique et de l'électrotechnique — par exemple les propriétés des matières isolantes électriques ou les problèmes de frottement et de lubrification des éléments de machine —, les mesurages de

précision, le réglage et le contrôle automatique ainsi que les bases de la métrologie, le domaine de la physique, de la technologie et des essais des matières plastiques. Pourtant, il ne se bornait pas seulement à ces sujets comme spécialiste, mais il voyait toujours les relations et l'interdépendance des sciences naturelles avec une vue perspicace des développements à venir dans les recherches fondamentales et les applications techniques.

A côté de ces travaux, R. Vieweg a développé un champ d'activité personnel, nouveau en systématique et étendu, avec ses publications et discours sur l'histoire de la métrologie. Au cours de ses voyages, spécialement à l'étranger, il a collectionné un grand nombre de documents — en partie d'une antiquité millénaire — sur la signification culturelle et historique de la métrologie et des poids et mesures. C'est à bon droit qu'il est estimé une des meilleures autorités dans ce domaine particulier.

C'est bien en accord avec son esprit ouvert, procédant de son éducation, de sa formation intellectuelle et de son inclination pour l'humanisme et la culture antique, que beaucoup de ses essais, publications solennelles et discours ont été consacrés à des problèmes d'aspects amples et complexes, comme la politique de l'enseignement et de la recherche, la rationalisation et l'automatisation, la normalisation nationale et internationale, l'histoire de la métrologie et de la technique.

R. Vieweg fut élu membre du Comité International des Poids et Mesures (C.I.P.M.) en 1952. Il en devint vice-président en 1954 et président en 1960.

De 1952 à 1961 R. Vieweg a présidé le Comité Consultatif d'Électricité. C'est à cette époque que les premières discussions ont eu lieu sur l'application de la détermination du coefficient gyromagnétique du proton  $\gamma_p$  pour le contrôle de la conservation de l'ampère par l'ajustage, dans des solénoïdes, de l'intensité du champ magnétique en utilisant la résonance du proton et sa fréquence de précession, ainsi que sur l'application du condensateur à capacité calculable comme étalon de capacité qui nécessite seulement le mesurage d'une longueur et la connaissance de la vitesse de la lumière dans le vide. Ces deux méthodes permettaient de réaliser et de contrôler les unités électriques dites « absolues » avec une précision bien supérieure à celle qui est fournie par la balance de courant et l'inductance calculable.

En conséquence, un Groupe de travail pour les méthodes et les résultats de mesure de  $\gamma_p$  était constitué et le Bureau International des Poids et Mesures (B.I.P.M.) fut chargé d'organiser, en liaison avec quelques laboratoires nationaux, une comparaison internationale d'étalons de capacité.

En outre, une extension des activités du C.C.E. aux mesures et étalons de mesure dans le domaine des radiofréquences était préparée.

Son élection comme président du C.I.P.M. pour la période de 1960 à 1964 signifiait pour R. Vieweg un devoir particulier auquel il se dévouait avec une initiative infatigable et une grande ingéniosité, et pour lequel il exploitait toute son expérience, ses intuitions et utilisait son grand talent organisateur. C'est certainement lui qui a donné au Comité International et au Bureau International des Poids et Mesures une impulsion décisive au moment le plus opportun, et c'est grâce à lui que ce centre international de la métrologie fondamentale joue maintenant pleinement son rôle.

Le permis de construire les bâtiments nécessaires pour établir au

B.I.P.M., selon la résolution 1 de la 11<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures (C.G.P.M.), une nouvelle Section pour des étalons de mesure des rayonnements ionisants a pu être accordé définitivement par les autorités compétentes après des efforts tenaces de deux ans et demi. Grâce à la préparation parfaite des plans de construction et des équipements physiques nécessaires, à la participation active de tous et aux conseils donnés par le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants et ses quatre Groupes de travail, les deux bâtiments étaient achevés, l'équipement scientifique installé en majeure partie et le travail scientifique commencé au moment de la 12<sup>e</sup> C.G.P.M. en octobre 1964. Après des négociations très difficiles, la 12<sup>e</sup> C.G.P.M. a approuvé pour la période de 1965 à 1968 un budget s'accroissant progressivement, la partie fixe de la dotation annuelle se montant pour 1968 à 1 750 000 francs-or; une troisième dotation exceptionnelle d'un montant de 850 000 francs-or était également allouée au B.I.P.M. pour compléter les travaux de génie civil et l'équipement de la Section des étalons de mesure des rayonnements ionisants.

Pendant la période de la présidence de R. Vieweg on a commencé plusieurs travaux importants dans les sections du B.I.P.M., notamment le programme de recherche pour la mesure de l'accélération locale due à la pesanteur, qui a conduit à des succès remarquables et à des conséquences d'importance mondiale.

C'est aussi durant cette période que fut adopté l'étalon de fréquence fondé sur la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'atome de césium 133, cette transition étant elle-même adoptée en 1967 pour définir la seconde, unité de base de temps du Système International d'Unités. D'autres décisions étaient également prises concernant le Système International d'Unités, la poursuite des études approfondies sur le coefficient gyromagnétique du proton afin d'établir la valeur précise de cette constante étant donné son intérêt spécial pour la reproductibilité de l'ampère, ainsi que les recherches importantes pour la révision de l'Échelle Internationale Pratique de Température.

Après la 12<sup>e</sup> C.G.P.M., dont la préparation et le succès de son déroulement sont dus particulièrement à R. Vieweg, il se retira de la présidence du C.I.P.M. et n'accepta pas une proposition d'assumer de nouvelles charges, comme la vice-présidence. Il resta membre du C.I.P.M. jusqu'à 1965, date à laquelle il fut nommé membre honoraire.

R. Vieweg a en outre œuvré pour la création de la revue internationale *Metrologia* qui contribue au développement de la collaboration entre le B.I.P.M. et les laboratoires nationaux et tient tous les intéressés informés des progrès métrologiques dans le monde.

D'autres activités de R. Vieweg dans le cadre international, dont les accomplissements et les succès produisent encore aujourd'hui des effets, méritent une mention spéciale. Ce sont par exemple la réintégration de l'électrotechnique allemande dans la Commission Électrotechnique Internationale; son aide active pour l'adhésion de la Deutsche Physikalische Gesellschaft à l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée; sa coopération essentielle à l'Organisation Internationale de Métrologie Légale, dans le Comité International de laquelle il fut membre actif, puis honoraire; ses initiatives, ses conseils et la stimulation qu'il déployait

en faveur de l'introduction des unités métriques et de la fondation ou de l'agrandissement des instituts métrologiques nationaux (par exemple en Espagne et en Suisse) et son assistance bilatérale ou multilatérale aux pays en voie de développement (Égypte, Inde, Iran); sa contribution décisive à la réalisation de l'INTERKAMA (Internationaler Kongress mit Ausstellung für Messtechnik und Automation) qui a eu lieu pour la cinquième fois en 1971.

Aussi, beaucoup de décorations, distinctions et honneurs, dont il ne faisait guère mention, ne tardaient pas à lui être accordés : docteur honoris causa, membre des académies des sciences allemandes et étrangères, membre honoraire d'organisations nationales et internationales, hautes décorations, plaquettes de mérite, médailles d'honneur et commémoratives de notre pays et de l'étranger.

Selon ses maximes et sa manière de vivre, R. Vieweg était ouvert à tout argument objectif. Pourtant, il suivait aussi sa conviction acquise et affirmée et la défendait *fortiter in re, suaviter in modo* sans se laisser déconcerter par des opinions et argumentations opposées, qu'il s'agisse de problèmes scientifiques, d'exigences objectives ou de questions d'attitude personnelle.

La carrière de R. Vieweg fut exceptionnellement riche d'une productivité multiple et d'un succès largement répandu. Il réunissait dans sa personnalité en un harmonieux équilibre le chercheur créatif, le professeur d'enseignement universitaire, le maître de l'art de la coopération et des œuvres scientifiques dans plusieurs langues, l'organisateur consciencieux, et surtout le stimulateur et le promoteur prédestiné d'un laboratoire accomplissant des tâches d'une haute responsabilité pour l'intérêt de l'industrie et de l'économie nationales et internationales. Dans les dix années qu'il a consacrées à la P.T.B. comme président, il a donné la forme, la structure et le visage au laboratoire national de la République Fédérale d'Allemagne.

Mentionnons encore que tous ceux qui ont travaillé avec lui gardent une profonde reconnaissance et un fidèle souvenir pour R. Vieweg qui était leur ami, leur collègue, leur supérieur toujours prêt à porter assistance et bon conseil dans toutes difficultés.

La P.T.B. voyait et vénérât R. Vieweg comme son *pater familias*.

Par la mort de R. Vieweg, la physique, la technique et la métrologie allemandes ont perdu une de leurs personnalités les plus distinguées et éminentes, fécondes et couronnées de succès, et nous savons que le Comité International des Poids et Mesures déplore la perte d'un président exceptionnellement actif dont l'action fut décisive et durable.

---

# INDEX

- Accélération due à la pesanteur  
détermination absolue de  $g$  (variation observée; valeurs 1971-72; amélioration appareil de mesure), 44
- Balances  
Mettler M5 et H15, 67  
NBS-2, 43  
Rueprecht, 42  
Stanton, 42
- Bâtiments  
chauffage, 24, 32  
Grand Pavillon (ravalement façades), 24, 32  
Observatoire (aménagement pièces dans combles), 32
- Budget 1973, 25
- Caisse de prêts au personnel, 24
- Certificats, Notes d'étude, 84
- Comités Consultatifs  
composition (CCPR), 22  
Définition Seconde, 16; 6<sup>e</sup> rapport, 106  
Électricité, 18; 13<sup>e</sup> rapport, 96  
Photométrie et radiométrie, 22  
Rayonnements Ionisants:  
Section I, 20; 2<sup>e</sup> rapport, 119  
Section II, 21; 2<sup>e</sup> rapport, 128  
Section III, 21; 1<sup>er</sup> rapport, 131  
Section IV, 20; 1<sup>er</sup> rapport, 137  
réunions futures, 22  
Thermométrie, 22
- Comité International, 7  
bureau du, 13  
démission (L.M. Branscomb), 12  
élection (E. Ambler), 11, 12  
membres honoraires : décès (H. Barrell, 12, 151; R. Vieweg, 8, 153); élection (L.M. Branscomb), 12  
rapport du Secrétaire, 12
- Commission administrative, suppression, 23
- Comparaisons internationales  
débits de fluence de neutrons rapides, préparation comparaison, 132  
étalons  
capacité électrique 10 pF, 57, 98  
d'exposition, 58, 120, 122, 126  
nationaux  $\Omega$  et V, 97  
instruments dans domaine radiofréquences, 101  
instruments de passage c.a.-c.c., 99  
masses (100, 50, 20 mg), 43, 67  
sources  $^{60}\text{Co}$  et  $^{54}\text{Mn}$ , 64  
Comparateur photoélectrique et interférentiel, 34  
Comptes, 13, 93  
Contributions en monnaies non convertibles, 24  
Convention du Mètre, préparation centenaire, 13
- Déclarations (voir Recommandations)  
Dépôt des Prototypes métriques, visite, 26  
Documentation, 87
- Échelles de temps (voir Temps)  
Effet Josephson, 20, 99; déclaration, 100; mise en œuvre, 56  
Efficacités lumineuses relatives spectrales, 22; valeurs, 145
- Électricité  
Comité Consultatif, 18, 96  
effet Josephson, 20, 99, 100; mise en œuvre, 56  
enceintes thermorégulées transportables, 98; comportement en fonction  $t$  ambiante, 53  
enceinte thermorégulée pour conservation étalons f.é.m., 54  
étalons  
capacité 10 pF, comparaison internationale, 57, 98  
nationaux  $\Omega$  et V, comparaisons, 97  
résistance  $10^4 \Omega$ , comparaison future par BIPM, 98  
installations de mesure, 52, 57  
instruments dans domaine radiofréquences, comparaisons internationales, 101  
instruments de passage c.c.-c.a., 99  
rattachement  $V_{\text{NBS}}$  à  $V_{69\text{-BI}}$ , 52  
unités, déterminations absolues, 99
- Étalons  
atomiques de fréquence, travaux et recherches sur, 107  
électriques (voir Électricité)  
d'énergie  $\alpha$ , 20, 73, 137  
d'exposition, 58  
longueur  
à bouts, 35, 37  
à traits, 34  
N<sup>os</sup> 3 et 4 pour mesure  $g$ , 37

- Fils et rubans géodésiques, 38
- Gravimétrie, 26, 29, 44
- Groupe de travail  
 Grandeurs aux radiofréquences, 18;  
 rapport, 101
- Interféromètre Tsugami, 35, 39
- Interférométrie  
 étude planéité miroirs, 41  
 lampe à Hg 198 ( $\lambda$ ), 39  
 lasers, 38
- Kilogrammes prototypes (N<sup>os</sup> 37, 53,  
 É-69), 43
- Lasers ( $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$  et 633 nm), 38
- Longueurs, 34
- Masses, 41  
 comparaison internationale, 43, 67
- Masses volumiques eau et air, 27
- Mercure 198, lampe à (interféromètre  
 Tsugami), 39
- Mesures neutroniques  
 Comité Consultatif (Section III), 21,  
 131  
 source de neutrons D(d, n) <sup>3</sup>He  
 contribution neutrons diffusés, 76  
 courant cible, augmentation, 78  
 énergie moyenne de la réaction, 77  
 mesures débits de fluence, 76; à  
 fort courant cible, 79; de neutrons  
 rapides, préparation comparaison  
 internationale, 132
- Mètre prototype N<sup>o</sup> 2 (Suisse), 34
- Notices  
 historique, 5  
 nécrologiques (H. Barrell), 151;  
 (R. Vieweg), 153
- Organismes internationaux et nationaux,  
 travaux en liaison avec, 87
- Personnel du BIPM, 9, 31  
 caisse de prêts, 24  
 départ, 31  
 engagements, 31  
 nominations, 23, 31  
 retraite (R. Hanocq), 23, 31  
 traitements, 24
- Photométrie et radiométrie, valeurs de  
 $V(\lambda)$ , 22, 145
- Publications  
 du BIPM, 82  
 extérieures, 82  
 rapports internes, 83
- Questions administratives, 23
- Radionucléides  
 Comité Consultatif (Section II), 21,  
 128
- ensemble (N<sup>o</sup> 3) de comptage par  
 coïncidences  $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$ , 66  
 phénomènes aléatoires et statistiques  
 de comptage, 68  
 problèmes de la micropesée, 67  
 sources radioactives <sup>60</sup>Co et <sup>54</sup>Mn  
 comparaison, 64  
 préparation et mesure, 66  
 questionnaire 1971, 63  
 spectrométrie  $\alpha$  (<sup>232</sup>U, <sup>240</sup>Pu; correction  
 pour topographie du champ du  
 spectromètre), 73; 137
- Rapport du directeur, 23, 31
- Rayonnements ionisants (voir Mesures  
 neutroniques, Radionucléides, Rayons  
 X et  $\gamma$ )
- Rayons X et  $\gamma$   
 Comité Consultatif (Section I), 20, 119  
 comparaison mesures d'activité et  
 d'exposition, 59  
 dose absorbée dans fantôme graphite,  
 61  
 étalons de dose absorbée, 124  
 étalons d'exposition, 58, 120, 122,  
 126; correction d'humidité, 124  
 rayonnements, qualités, 123
- Recommandations et déclarations  
 C.C.D. Seconde, 117  
 C.C.Électricité, 100  
 C.C.E.M. Rayonnements Ionisants (Sec-  
 tion I), 126  
 Comité International, 29  
 Groupe de travail radiofréquences, 105
- Réseau Gravimétrique International Uni-  
 fié 1971 (IGSN-71), 26, 29
- Spectrométrie  $\alpha$ , 20, 73, 137
- Système gravimétrique de Potsdam,  
 remplacement, 26
- Temps  
 atomique international (TAI), 16;  
 formation, 110; calendrier lié au,  
 114; adoption du sigle TAI, 116;  
 plan de travail du BIH pour l'amé-  
 lioration du, 118  
 universel coordonné (TUC), 17; aspect  
 légal, 115, 117
- Thermométrie, 22  
 kelvin et degré Celsius, emploi, 28  
 $t$  thermodynamique point congélation  
 Au, 47
- Unités  
 électriques, déterminations absolues,  
 99  
 kelvin et degré Celsius, emploi, 28  
 noms dans les diverses langues, 28
- Visites et stages au BIPM, 90
- Voyages, visites, conférences et exposés  
 du personnel du BIPM, 88
- $V(\lambda)$ , valeurs de, 22, 145

---

# TABLE DES MATIÈRES

---

## COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

61<sup>e</sup> Session (Octobre 1972)

---

	Pages
Notice historique sur les organes de la Convention du Mètre .....	5
Liste des membres du Comité International .....	7
Liste du personnel du Bureau International .....	9
Ordre du jour de la session .....	10
<b>Procès-verbaux des séances, 17-18 octobre 1972</b> .....	<b>11</b>
Ouverture de la session; quorum; ordre du jour .....	11
Membres honoraires du C.I.P.M. (Rappel du décès (février 1972) de H. Barrell. Nomination de L. M. Branscomb) .....	12
<i>Rapport du Secrétaire du C.I.P.M.</i> (Membres du Comité: démission (L. M. Branscomb); élection (E. Ambler). Réunions de Comités Consultatifs et d'un Groupe de travail. Bureau du C.I.P.M. Indications financières) .....	12
Centenaire de la Convention du Mètre (Échange de vues sur un projet de programme pour la commémoration du centenaire de la Convention du Mètre et du B.I.P.M.) .....	13
<i>Comités Consultatifs</i> : Rapports, activités; composition, réunions futures:	
<i>Définition de la Seconde</i> (6 <sup>e</sup> session) (Commentaires sur l'établissement du Temps Atomique International en liaison avec le Bureau International de l'Heure. Temps Universel Coordonné. Recommandations) .....	16
<i>Électricité</i> (13 <sup>e</sup> session) et <i>Groupe de travail pour les grandeurs aux radio-</i> <i>fréquences</i> (Commentaires sur les Recommandations du Groupe de travail concer- nant les comparaisons internationales. Discussion du rapport du C.C.E.: compa- raisons internationales; enceintes thermorégulées pour les étalons du volt; utilisation de l'effet Josephson pour la réalisation du volt; déclaration du C.C.E. relative à la valeur de la « fréquence Josephson » correspondant à $V_{69-117}$ ) .....	18
<i>Rayonnements Ionisants</i> :	
1 <sup>re</sup> réunion de la Section IV (Étalons d'énergie $\alpha$ ) .....	20
2 <sup>e</sup> réunion de la Section I (Mesure des rayons X et $\gamma$ ) (Programme des comparaisons à effectuer) .....	20

2 <sup>e</sup> réunion de la Section II (Mesure des radionucléides) .....	21
1 <sup>re</sup> réunion de la Section III (Mesures neutroniques) (Préparation d'une comparaison internationale des mesures de flux surfacique de neutrons ther- miques) .....	21
Approbation des rapports et des recommandations des Comités Consultatifs ...	22
Adoption de la <i>Recommandation 1</i> (CI-1972) relative à l'emploi des valeurs des efficacités lumineuses relatives spectrales en vision photopique [ $V(\lambda)$ ] adoptées par la Commission Internationale de l'Éclairage en 1971.....	22
Situation des travaux du Comité Consultatif de Thermométrie depuis sa session de 1971 .....	22
Composition et réunions futures des Comités Consultatifs: Définition du Mètre; Photométrie et Radiométrie (Décès de G. A. W. Rutgers; nomination de K. Yoshié comme expert) .....	22
<i>Rapport du Directeur et travaux du B.I.P.M.</i> (Présentation du rapport: voir détails plus loin) .....	23
<i>Questions administratives</i> : Personnel (Retraite de R. Hanocq; nomination de V. D. Huynh au grade d'adjoint). Traitements du personnel. Caisse de prêts au person- nel. Contributions réglées partiellement en monnaies non convertibles. Bâtiments (Modernisation du chauffage; achèvement du ravalement des façades du Pavillon de Breteuil). Exercice 1971. Adoption du budget pour 1973 .....	23
Visite du dépôt des Prototypes métriques et de la nouvelle salle des balances ...	26
<i>Système gravimétrique de Potsdam</i> : Adoption de la <i>Recommandation 2</i> (CI-1972) relative à l'emploi pour les besoins métrologiques des valeurs de $g$ données dans le « Réseau Gravimétrique International Unifié 1971 » .....	26
Masses volumiques de l'eau et de l'air (Intérêt de nouvelles déterminations) .....	27
<i>Questions diverses</i>	
Kelvin et degré Celsius (Les températures Celsius sont exprimées en °C; seuls les intervalles ou les différences de température Celsius peuvent s'exprimer indifférem- ment en °C ou K) .....	28
Noms des unités dans les diverses langues (Le C.I.P.M. souhaite que les noms d'unités, en particulier les noms propres, ne soient pas modifiés d'une langue à l'autre) .....	28
<i>Recommandation 1</i> (CI-1972): Efficacités lumineuses relatives spectrales en vision photopique [ $V(\lambda)$ ] .....	29
<i>Recommandation 2</i> (CI-1972): Réseau Gravimétrique International Unifié 1971 (IGSN-71) .....	29
<b>Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau International</b> (1 <sup>er</sup> octobre 1971-1 <sup>er</sup> octobre 1972) .....	31
I. PERSONNEL. — Remarques générales. Engagements (D. Avrons, F. Perez). Retraite (R. Hanocq); départ (J. Fournier) .....	31
II. BATIMENTS. — Observatoire (Aménagement de deux petites salles dans les combles dans l'ancien local des batteries d'accumulateurs). Grand Pavillon (Achève- ment du ravalement des façades). Chauffage (Transformation des chaufferies de l'Observatoire et du Laboratoire des rayonnements ionisants pour le chauffage par le gaz) .....	32
III. INSTRUMENTS ET TRAVAUX .....	33
Remarques générales.....	33

<i>Longueurs.</i> — Comparateur photoélectrique et interférentiel .....	34
Étalons à traits (Mètre prototype N° 2 [Suisse]; règles diverses : N°s 12924 et 16094 [BIPM], N° 15481 [Irlande], N° OY 2222 [Afrique du Sud], N° 4002 [Japon], N° 10230 [CERN], N° 887 [Rép. Argentine], réglette échantillon [SGIP]) .....	34
Étalons à bouts (Premières mesures de calibres à l'interféromètre Tsugami; comparaison avec les résultats obtenus à l'ancien interféromètre à franges de Fizeau et au comparateur photoélectrique) .....	35
Étalons spéciaux en silice fondue pour la mesure de $g$ (Mesures dans l'air au comparateur photoélectrique et dans le vide à l'interféromètre de Michelson) ....	37
Études courantes de calibres à bouts plans .....	37
Base géodésique (Fils et rubans; invar) .....	38
<i>Interférométrie.</i> — Lasers à $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$ et $633 \text{ nm}$ .....	38
Longueurs d'onde de quatre radiations de la lampe à $^{198}\text{Hg}$ de l'interféromètre Tsugami .....	39
Méthodes pour l'étude de la planéité de miroirs .....	41
<i>Masses.</i> — Remise en état de marche des diverses balances Rueprecht et Stanton. Balance NBS-2 .....	41
Kilogrammes prototypes (N° 53 [Pays-Bas], N° 37 [Belgique], É-69 [Irlande]) .	43
Comparaison internationale de masses de 100, 50 et 20 mg .....	43
Études courantes .....	44
<i>Gravimétrie.</i> — Détermination absolue de $g$ (Tendance à une variation de $g$ observée au BIPM. Valeurs de $g$ d'août 1971 à mai 1972. Amélioration de l'appareil prototype) .....	44
<i>Thermométrie.</i> — Température thermodynamique du point de congélation de l'or (Mesures effectuées en 1972; valeurs d'étalonnage des thermocouples; résultats des mesures pyrométriques; comparaison des résultats du BIPM à ceux d'autres auteurs) .....	47
Études courantes. Matériel .....	51
<i>Électricité.</i> — Transfert de la salle 15 à la salle 4 des installations de mesure des forces électromotrices .....	52
Rattachement de $V_{\text{NBS}}$ à $V_{69\text{-BI}}$ en utilisant des enceintes thermorégulées transportables .....	52
Étude du comportement d'une enceinte thermorégulée transportable en fonction de la température ambiante .....	53
Amélioration de l'enceinte thermorégulée pour la conservation des étalons de f.é.m. du BIPM .....	54
Poursuite de la mise en œuvre de l'effet Josephson .....	56
Situation des comparaisons internationales circulaires des étalons de capacité en silice de 10 pF et d'instruments dans le domaine des radiofréquences .....	57
Amélioration des installations du BIPM et études courantes .....	57
<i>Photométrie.</i> — Études courantes .....	58
<i>Rayons X et <math>\gamma</math>.</i> — Comparaison de deux étalons d'exposition du RIV (Pays-Bas) à celui du BIPM pour le rayonnement $\gamma$ du $^{60}\text{Co}$ .....	58
Comparaison de mesures d'activité et d'exposition .....	59
Travaux théoriques concernant la mesure de la dose absorbée .....	61
<i>Radionucléides.</i> — Étalonnage de sources radioactives (Action « Questionnaire du 25 janvier 1971 ». Ensemble N° 3 de comptage par coïncidences $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$ . Préparation et mesure de sources radioactives. Problèmes de la micropesée: Comparaisons de masses; étude des balances Mettler M 5 et H 15) .....	63
Phénomènes aléatoires et statistiques de comptage (Distribution d'intervalles entre impulsions corrélées. Effet de deux temps morts cumulatifs en série) .....	68
Spectrométrie $\alpha$ (Mesure absolue de l'énergie de particules $\alpha$ ; nouveaux résultats. Topographie du champ d'induction magnétique du spectromètre et calculs des termes correctifs. Travaux préparatoires pour des expériences futures. Compilation de valeurs recommandées d'énergies $\alpha$ ) .....	73

<i>Mesures neutroniques.</i> — Source de neutrons D(d, n) <sup>3</sup> He (Importance des neutrons diffusés ambiants. Comparaison des mesures de débits de fluence. Mesure de l'énergie moyenne de la réaction D(d, n) <sup>3</sup> He. Essais d'augmentation du courant cible. Mesure de débit de fluence à fort courant cible : par détection de particules chargées et par détection de neutrons; résultats expérimentaux) . . . .	75
Divers (Modernisation des appareils électroniques. Installation d'un écran d'eau de protection) . . . . .	81
Publications du B.I.P.M. . . . .	82
Publications extérieures . . . . .	82
Rapports internes . . . . .	83
Certificats, Notes et Rapport d'étude . . . . .	84
 IV. ACTIVITÉS ET RELATIONS EXTÉRIEURES	
Documentation; Système International d'Unités. . . . .	87
Travaux en liaison avec des organismes internationaux et nationaux . . . . .	87
Voyages, visites, conférences et exposés du personnel. . . . .	88
Visites et stages au B.I.P.M. . . . .	90
 V. COMPTES . . . . .	
13 <sup>e</sup> Rapport du Comité Consultatif d'Électricité au Comité International des Poids et Mesures, par A. F. Dunn . . . . .	96
6 <sup>e</sup> Rapport du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde au Comité International des Poids et Mesures, par B. Guinot. . . . .	106
2 <sup>e</sup> Rapport de la Section I (Mesure des rayons X et $\gamma$ ) du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants au Comité International des Poids et Mesures, par H. O. Wyckoff et G. H. Hofmeester . . . . .	119
2 <sup>e</sup> Rapport de la Section II (Mesure des radionucléides) du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants au Comité International des Poids et Mesures, par J. G. V. Taylor . . . . .	128
1 <sup>er</sup> Rapport de la Section III (Mesures neutroniques) du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants au Comité International des Poids et Mesures . . . . .	131
1 <sup>er</sup> Rapport de la Section IV (Étalons d'énergie $\alpha$ ) du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants au Comité International des Poids et Mesures, par A. Rytz. . . . .	137
 Annexe	
1. Valeurs des efficacités lumineuses relatives spectrales en vision photopique [V( $\lambda$ )] . . . . .	145
 Notices nécrologiques	
H. Barrell . . . . .	151
R. Vieweg, par U. Stille . . . . .	153
INDEX . . . . .	157