

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

---

# PROCÈS - VERBAUX

DES SÉANCES

---

2<sup>e</sup> SÉRIE — TOME 36

---

57<sup>e</sup> SESSION — 1968

(14-17 octobre)



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Pavillon de Breteuil, F 92-SÈVRES, France

*Dépositaire:* OFFILIB, 48 rue Gay-Lussac, F 75-Paris 5



---

## AVERTISSEMENT HISTORIQUE

---

Le Bureau International des Poids et Mesures 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 du Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) mis à sa disposition par le Gouvernement français; son entretien est assuré à frais communs par les États membres de la Convention du Mètre <sup>(1)</sup>.

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

- d'établir les étalons fondamentaux et les échelles des principales grandeurs physiques et de conserver les prototypes internationaux;
- d'effectuer la comparaison des étalons nationaux et internationaux;
- d'assurer la coordination des techniques de mesure correspondantes;
- d'effectuer et de coordonner les déterminations relatives aux constantes physiques fondamentales.

Le Bureau International fonctionne sous la surveillance exclusive d'un *Comité International des Poids et Mesures*, placé lui-même sous l'autorité d'une *Conférence Générale des Poids et Mesures*.

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 radiations ionisantes (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 radiations ionisantes.

---

<sup>(1)</sup> Au 31 décembre 1968, quarante États sont membres de cette Convention: Afrique du Sud, Allemagne, Amérique (É.-U. d'), Argentine (Rép.), Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Bulgarie, 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.*, 31, 1963, p. 97). Chaque Comité Consultatif, dont la présidence est généralement confiée à un membre du Comité International, est composé d'un délégué de chacun des grands Laboratoires de métrologie et des Instituts spécialisés dont la liste est établie par le Comité International, ainsi que de membres individuels désignés également par le Comité International. Ces Comités tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers; ils sont actuellement au nombre de sept :

1. Le *Comité Consultatif d'Électricité*, créé en 1927.
2. Le *Comité Consultatif de Photométrie*, créé en 1933 (de 1930 à 1933 le Comité précédent s'est occupé des questions de photométrie).
3. Le *Comité Consultatif de Thermométrie*, créé en 1937.
4. Le *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre*, créé en 1952.
5. Le *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde*, créé en 1956.
6. Le *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Radiations Ionisantes*, créé en 1958.
7. Le *Comité Consultatif des Unités*, 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).

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.

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 dans le monde.

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 divers organismes issus de la Convention du Mètre.

---

# LISTE DES MEMBRES

DU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

AU 17 OCTOBRE 1968

---

## *Président*

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

## *Vice-Président*

2. J. V. DUNWORTH, Directeur du National Physical Laboratory, *Teddington*, Middlesex.

## *Secrétaire*

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

## *Membres*

4. A. V. ASTIN, Directeur du National Bureau of Standards, *Washington* D.C., 20 234.
5. L. CINTRA DO PRADO, Professeur à l'Université, 1347 rua Bela Cintra (Apto. 51), *São Paulo* 5, SP.
6. L. E. HOWLETT, 51 Southern Drive, *Ottawa* 1, Ontario.
7. M. KERSTEN, Président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Bundesallee 100, 33 *Braunschweig*.
8. F. J. LEHANY, Chef de la Division of Applied Physics, National Standards Laboratory, *Chippendale*, N.S.W.
9. A. MARÉCHAL, Directeur Général de l'Institut d'Optique, 3 boulevard Pasteur, *Paris* 15<sup>e</sup>.

10. H. NIEWODNICZANSKI, Directeur de l'Institut de Physique Nucléaire, *Cracovie* 23 <sup>(1)</sup>.
11. I. I. NOVIKOV, Membre Correspondant de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., Leninski prosp. 14, *Moscou*.
12. J. NUSSBERGER, École Tchèque des Hautes Études Techniques, Institut de Physique, (C.V.U.T.), Husova 5, *Prague* I.
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, Université, *Uppsala*.
15. J. STULLA-GÖTZ, Ancien Président du Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Gentzgasse 3, 1180-*Vienne*, 18.
16. Y. TOMONAGA, Président de l'Agency of Industrial Science and Technology, 3-1, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, *Tokyo*.
17. Y. VÄISÄLÄ, Professeur à l'Université, Puolalanpuisto 1, *Turku*.
18. A. R. VERMA, Directeur du National Physical Laboratory of India, Hillside Road, *New Delhi* 12.

*Membres honoraires*

1. H. BARRELL, National Physical Laboratory, *Teddington*, Middlesex.
2. L. DE BROGLIE, de l'Académie Française, Secrétaire Perpétuel de l'Académie des Sciences, 94 rue Perronet, 92-*Neuilly-sur-Seine*.
3. N. A. ESSERMAN, 1 Wallangra Road, *Dover Heights*, N.S.W.
4. R. H. FIELD, 32 Highgate Gardens, *St. Michael* (Barbados, B.W.I.).
5. M. SIEGBAHN, Directeur du Nobelinstitutet för Fysik, *Stockholm* 50.
6. R. VIEWEG, Membre du Conseil de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Dachsbergweg 6, 61-*Darmstadt*.

---

(1) Décédé le 20 décembre 1968.

---

# LISTE DU PERSONNEL

DU

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

AU 1<sup>er</sup> JANVIER 1969

---

*Directeur* : J. Terrien

*Sous-Directeur* : P. Giacomo

## LABORATOIRES

### *Physiciens Chercheurs principaux*

A. Allisy, V. Naggiar, P. Carré,  
A. Rytz.

### *Physiciens et Métrologistes*

G. Leclerc, A. Sakuma, J. Bon-  
houre, J. Hamon, J. W. Müller,  
G. Girard.

### *Techniciens et Calculateurs*

P. Bréonce, L. Lafaye, J. Milo-  
bedzki, D. Carnet, C. Colas,  
R. Czerwonka, F. Lesueur, J.  
Fournier, J. Hostache, J.-M. Char-  
tier, C. Veyradier, C. Garreau,  
M<sup>me</sup> M. Thomas, R. Pello, D.  
Bournaud.

M<sup>me</sup> J.-M. Chartier (hors cadre).

### *Mécaniciens*

R. Hanocq, R. Michard, G. Bou-  
tin, C. Gilbert, J. Leroux, J. Dias.

## 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 (hors cadre).

### *Gardiens*

A. Montbrun, L. Lecoufflard.

### *Services d'entretien généraux*

1 agent (A. Gama),  
5 employés (contractuels).

*Directeur honoraire* : Ch. Volet

*Adjoint honoraire* : A. Bonhoure

---

## ORDRE DU JOUR DE LA SESSION

---

1. Ouverture de la session; quorum, excusés, pouvoirs.
  2. Approbation de l'ordre du jour.
  3. Proposition du directeur du Bureau International (nomination d'un sous-directeur).
  4. Nomination de la Commission Administrative.
  5. Rapport du Secrétaire du Comité.
  6. Préparation de la reprise de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale: dotation annuelle du Bureau International.
  7. Échelle Internationale Pratique de Température.
  8. Rapport du Comité Consultatif d'Électricité et de ses Groupes de travail.
  9. Groupe de travail pour les étalons d'énergie  $\alpha$ .
  10. Rapport de la Commission préparatoire des échelles de temps.
  11. Rapport de la Commission Administrative.
  12. Note de A. V. Astin sur les étalons matériels de référence.
  13. Système gravimétrique de Potsdam.
  14. Comités Consultatifs: présidence, composition, réunions futures.
  15. Rapport du directeur et travaux du Bureau International.
  16. Visite du caveau des prototypes.
  17. Suggestions en vue du Centenaire de la Convention du Mètre.
  18. Questions diverses.
-

57<sup>e</sup> SESSION (OCTOBRE 1968)

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

TENUES AU BUREAU INTERNATIONAL

Présidence de Mr L. E. HOWLETT

Le Comité International s'est réuni pour sa 57<sup>e</sup> session du lundi 14 octobre au jeudi 17 octobre 1968. Il a tenu cinq séances.

Étaient présents: MM. ASTIN, DE BOER, DUNWORTH, CINTRA DO PRADO, HOWLETT, KERSTEN, LEHANY, MARÉCHAL <sup>(1)</sup>, NIEWODNICZANSKI, NUSSBERGER <sup>(2)</sup>, OTERO, SANDOVAL VALLARTA, SIEGBAHN <sup>(3)</sup>, STULLA-GÖTZ <sup>(4)</sup>, TOMONAGA, VERMA, TERRIEN (directeur du Bureau International).

Excusés: MM. NOVIKOV et VÄISÄLÄ.

Mr BARRELL, membre honoraire, a suivi les travaux de la session.

Secrétaire: Mlle Monprofit.

1. *Ouverture de la session; quorum*

Le *Président* ouvre la séance en souhaitant la bienvenue à tous les membres et les remercie d'être venus participer à cette session. Il constate que le quorum est atteint et qu'ainsi les délibérations du Comité sont valables. Il transmet les excuses de MM. Novikov et Väisälä qui n'ont pu se libérer de leurs obligations, et fait part des vœux de Mr Volet, directeur honoraire du Bureau International, pour le succès des travaux de la présente session.

Le bureau du Comité a invité Mr Ermakov, vice-président du Comité des Normes, des Mesures et Instruments de Mesure de l'U.R.S.S., à assister aux séances de cette session. Mr Ermakov a déjà participé aux travaux de la Commission *ad hoc*, créée par le Comité International en octobre 1967,

<sup>(1)</sup> Mr Maréchal n'a pu assister qu'à la première séance.

<sup>(2)</sup> Mr Nussberger n'a pas assisté à la première ni à la dernière séance.

<sup>(3)</sup> Mr Siegbahn s'était excusé pour la séance du mercredi matin.

<sup>(4)</sup> Mr Stulla-Götz, empêché d'assister aux deux premières séances, avait donné son pouvoir de vote à Mr Kersten.

qui s'est réunie le 19 mars 1968 pour préparer le projet de résolution 12 concernant la dotation financière du Bureau International, à soumettre au vote de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale. La présence de Mr Ermakov a donc été jugée souhaitable pour les dernières mises au point préalables à la reprise des travaux de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale. Mr Ermakov ne doit en aucune façon être considéré comme représentant Mr Novikov : chaque membre du Comité International est élu nominativement et le règlement ne prévoit pas qu'il puisse se faire remplacer.

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

3. *Proposition du directeur (nomination d'un sous-directeur)*

Mr *Terrien*, directeur du Bureau, fait la proposition suivante : « Je suis âgé de soixante-et-un ans et je crois le moment venu de désigner un sous-directeur ; en effet, les activités du Bureau International sont devenues plus diverses qu'autrefois ; plusieurs années de fonction seront utiles pour que le sous-directeur soit bien au courant. Vous avez engagé P. Giacomo en 1966 avec l'intention implicite qu'il puisse dans le futur devenir directeur. Je voudrais donc proposer au Comité International d'élire P. Giacomo au poste de sous-directeur. Cette élection a toujours été faite par le Comité International en séance plénière. Il est également d'usage que le sous-directeur soit invité à assister aux délibérations du Comité International. Je souhaiterais dans ce cas que P. Giacomo puisse assister à la présente session dès aujourd'hui ».

Mr *Terrien* rappelle qu'avant d'entrer au Bureau International, P. Giacomo a été directeur-adjoint du Laboratoire Aimé Cotton du C.N.R.S., assesseur du doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Caen et directeur de l'École Nationale Supérieure d'Électronique et d'Électromécanique de cette même Université. Il travaille au Bureau International depuis deux ans. Au cours de cette période il a progressivement pris une part de plus en plus grande à la direction de tous les travaux expérimentaux.

Mr *de Boer* précise que cette proposition a l'appui du bureau du Comité.

Plusieurs membres remarquent que Mr Giacomo jouit d'une très bonne réputation internationale pour ses travaux.

La proposition est ensuite soumise au vote à scrutin secret.

Mr Giacomo est nommé sous-directeur à l'unanimité des présents (16 voix), avec effet immédiat. Il est alors invité à participer à la suite des travaux du Comité International.

4. *La Commission Administrative* est constituée comme suit :

MM. de Boer (président), Kersten (rapporteur), Astin, Lehany, Niewodniczanski, Otero, Tomonaga.

Selon l'usage, tous les autres membres du Comité International sont invités à assister à la réunion de cette Commission.

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

## 5. Rapport du Secrétaire du Comité

(1<sup>er</sup> octobre 1967 — 13 octobre 1968)

1. *Membres du Comité International.* — La composition du Comité International n'a pas changé depuis son renouvellement par moitié, par lequel la 13<sup>e</sup> Conférence Générale a réélu les membres sortants en octobre 1967.

2. *Réunions de Comités Consultatifs et de Groupes de travail.* — Le Groupe de travail des radionucléides, présidé par A. H. W. Aten, s'est réuni du 22 au 24 novembre 1967 au Pavillon de Breteuil. Le Groupe de travail des étalons d'énergie  $\alpha$  s'est réuni les 7 et 8 octobre 1968, sous la présidence de K. Siegbahn.

Le comité de rédaction de l'Échelle Internationale Pratique de Température s'est réuni à Teddington à partir du 3 janvier 1968 et à Leyde à partir du 8 mai, sous la présidence de C. R. Barber.

Le Comité Consultatif d'Électricité s'est réuni sous la présidence de F. J. Lehany du 1<sup>er</sup> au 3 octobre 1968 au Pavillon de Breteuil, après les réunions de ses deux Groupes de travail : celui des « grandeurs aux radiofréquences » (23-25 septembre 1968, président F. J. Lehany en l'absence de G. D. Bourdoun empêché) et celui du « coefficient gyromagnétique du proton » (26-30 septembre, président P. Vigoureux).

3. *Activités du bureau du Comité International; préparation de la reprise de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale.* — Aussitôt après l'interruption de la session de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale en octobre 1967, une Commission *ad hoc*, comprenant A. V. Astin, A. Maréchal, I. I. Novikov et le bureau du Comité, a été chargée par le Comité International de trouver une issue aux difficultés qui ont empêché la Conférence Générale de voter la dotation du Bureau International. Après une préparation par correspondance, cette Commission s'est réunie le 19 mars 1968 au Pavillon de Breteuil. Elle a proposé un compromis qui a été rédigé sous la forme du projet de résolution 12 et qui a été porté à la connaissance des États de la Convention du Mètre par la voie de leurs Ambassades à Paris le 25 avril, après l'approbation du Comité International consulté par correspondance. Les réunions du Comité International, et celles de la Conférence Générale, qui devaient avoir lieu à partir du 4 et du 5 juin 1968, ont dû être ajournées au 14 et au 15 octobre à cause de l'agitation sociale et des grèves en France; les Ambassades des États en ont été informées le 27 mai et le 13 juin 1968.

Selon le vœu exprimé par la 13<sup>e</sup> Conférence Générale à sa 5<sup>e</sup> séance (16 octobre 1967), le bureau du Comité est intervenu auprès de l'Ambassadeur d'Espagne à Paris au sujet du vote de la Délégation de l'Espagne qui semblait s'opposer à l'adoption de la Résolution 10. Les pourparlers ont mis en évidence que le Gouvernement de l'Espagne n'avait pas l'intention de bloquer par son vote le budget de notre Organisation. Tenant compte du contenu du dernier paragraphe de la Résolution 10, celle-ci pourra donc être considérée comme adoptée par la Conférence Générale. Les États de la Convention du Mètre ont été informés de cette heureuse conclusion le 25 avril 1968.

4. *Commission préparatoire des échelles de temps* — L'adoption de la définition atomique de la seconde par la 13<sup>e</sup> Conférence Générale a suscité de divers côtés le désir que le Comité International mette à exécution la Recommandation S 3 du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (juillet 1967). Afin d'établir clairement les problèmes qui se posent et les solutions à envisager, le président du Comité International a écrit le 26 février 1968 à une dizaine de personnes représentatives des divers points de vue et des diverses organisations en relation avec les échelles de temps et leur diffusion hertzienne, pour les prier de se réunir en commission préparatoire les 30 et 31 mai; cette réunion a dû être reportée aux 10 et 11 octobre 1968.

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

	1965	1966	1967	1968
Fonds ordinaires .....	410 584,04	355 644,11	786 956,47	859 345,03
Caisse de Retraites .....	59 021,37	78 603,39	98 945,53	144 860,36
Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique .....	8 663,59	8 663,59	8 663,59	8 663,59
Laboratoire pour les radiations ionisantes (construction et équipement de base) .....	425 966,89	582 469,96	538 636,79	361 449,64
Totaux .....	904 235,89	1 025 381,05	1 433 202,38	1 374 318,62

Au compte « Laboratoire pour les radiations ionisantes », 239 123 francs-or ont été dépensés pendant l'exercice 1967 pour l'équipement scientifique de base.

Ce rapport est adopté à l'unanimité.

### 6. Préparation de la reprise de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale : dotation annuelle du Bureau International

Le *Président* rappelle qu'en conclusion des délibérations de la Commission *ad hoc* qui s'est réunie à Sèvres le 19 mars 1968 pour examiner la question des ressources supplémentaires à procurer au Bureau International, le Comité International avait approuvé par correspondance les propositions faites et avait décidé de présenter à la Conférence Générale le projet de résolution 12 qui permet aux pays qui le désirent d'effectuer en monnaie nationale le paiement des 5 pour cent devant s'ajouter à l'augmentation annuelle de 9 pour cent, votée par la 13<sup>e</sup> Conférence Générale, de la dotation du Bureau International.

#### *Projet de résolution 12*

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,  
*considérant* que les dotations minimales décidées par sa Résolution 10, à savoir

1 910 000 francs-or en 1969	
2 080 000	1970
2 270 000	1971
2 475 000	1972

doivent être complétées par des ressources supplémentaires destinées à assurer le développement du Bureau International des Poids et Mesures,

*décide* d'allouer au Bureau International, dans les quatre années 1969-1972, les sommes supplémentaires suivantes :

90 000 francs-or en 1969	
210 000	1970
350 000	1971
515 000	1972

*autorise* que ces sommes supplémentaires puissent être payées en monnaie nationale;

*invite* les États qui choisiraient d'effectuer ces paiements en monnaie nationale à donner toutes facilités pour que le Bureau International puisse les employer à la satisfaction de ses besoins.

L'idée de cette proposition était de faciliter à certains pays le paiement de l'augmentation de 14 pour cent que le Comité International estime nécessaire. Le président du Comité International a reçu de Mr Tkatchenko, vice-président du Comité des Normes, des Mesures et Instruments de Mesure de l'U.R.S.S., une lettre du 15 mai 1968 exprimant un accord général sur cette proposition, mais demandant toutefois d'amender le dernier paragraphe comme suit :

« décide que ces sommes supplémentaires peuvent être payées en monnaie nationale ou couvertes par l'exécution de travaux métrologiques internationaux à l'intérieur des Etats membres ».

La discussion s'engage sur la façon dont les pays acquitteront la part de leur contribution en monnaie nationale. On peut penser que les sommes correspondantes pourraient être des crédits spéciaux des laboratoires nationaux, ce qui sera sans doute le cas de l'U.R.S.S. par exemple; mais cette façon d'agir pourrait introduire une certaine inégalité entre les pays. On suggère d'introduire dans le projet de résolution une note précisant que le Comité International pourrait confier des recherches aux laboratoires nationaux.

Pour Mr *Sandoval Vallarta* l'amendement demandé par Mr Tkatchenko va beaucoup plus loin que le projet de résolution. Il va beaucoup plus loin que le problème de l'utilisation de paiements en monnaie nationale. On doit arriver à un compromis entre le texte original et la proposition de Mr Tkatchenko.

MM. *Otero et de Boer* soulignent que l'utilisation de ces sommes supplémentaires doit rester soumise à la seule décision du Comité International qui doit garder le contrôle des travaux auxquels ces sommes seront affectées.

Mr *Astin* est d'avis qu'il ne faut rien changer au projet de résolution; puisque le paiement est fait en monnaie nationale, son montant ne peut être dépensé que dans le pays d'origine si la monnaie de ce pays n'est pas convertible. Mr *Terrien* pense également que l'amendement demandé est implicitement inclus dans le projet de résolution.

Mr *Verma* attire l'attention sur la situation des pays en voie de développement. Dans ces pays qui ne sont pas encore industrialisés, il n'existe pas d'instruments ni d'équipements susceptibles d'être achetés en monnaie nationale. C'est la situation qui existe en Inde. Dans ces conditions, il suggère l'envoi de physiciens du Bureau International dont le séjour pourrait être payé sur ces fonds, séjour au cours duquel ces physiciens pourraient aider et instruire leurs collègues dans les laboratoires de ces pays.

Le Comité estime que le projet de résolution à soumettre à la 13<sup>e</sup> Conférence Générale ne doit rien comporter qui puisse ressembler, de près ou de loin, à des conseils donnés au Comité International sur l'utilisation des sommes supplémentaires; le projet doit être en accord avec l'article 3 de la Convention du Mètre: « Le Bureau International fonctionnera sous la direction exclusive d'un Comité International des Poids et Mesures... ».

Mr *Dunworth* fait part de son inquiétude. Il craint que, lorsque l'on préparera les budgets futurs à l'approche de la 14<sup>e</sup> Conférence Générale, il y ait une pression pour que le pourcentage des contributions en monnaie nationale soit encore plus élevé.

Le *Président* remarque que la proposition doit être considérée comme une expérience dont il faut attendre les résultats.

MM. *Astin* et *Siegbahn* sont bien d'accord pour préciser qu'il ne s'agit pas d'une exception, car ce serait alors un précédent dangereux, mais d'une expérience dont il faudra attendre les résultats avant toute décision ultérieure; ils demandent que leur remarque soit insérée dans les procès-verbaux.

Mr *Ermakov* indique qu'en ce qui concerne l'U.R.S.S. les fonds correspondants seront mis à la disposition de l'Institut de Métrologie D. I. Mendéléev; celui-ci les dépensera en accord avec le Comité International, selon les modalités compatibles avec les systèmes bancaires et la législation financière de l'U.R.S.S. Ces modalités d'emploi pourront varier selon les pays.

Finalement, le projet de résolution 12 à soumettre à la Conférence Générale est modifié comme suit:

*Projet de résolution 12* <sup>(5)</sup>  
(Texte de la page 14, modifié à la fin)

La Treizième Conférence...

*considérant* que les dotations...

*décide* d'allouer au Bureau International...

*autorise* que ces sommes supplémentaires...

*invite* les États qui choisiraient d'effectuer ces paiements en monnaie nationale à se mettre d'accord avec le Comité International des Poids et Mesures pour qu'ils soient employés à la satisfaction des besoins du Bureau International des Poids et Mesures en tenant compte des lois du pays.

### 7. Échelle Internationale Pratique de Température

Mr *de Boer* s'exprime ainsi: « Par sa Résolution 8, la 13<sup>e</sup> Conférence Générale a donné en octobre 1967 au Comité International le pouvoir de décider la mise en vigueur d'une nouvelle Échelle Internationale Pratique de Température. Tous les membres du Comité International ont eu connaissance du projet en anglais et de sa traduction en français; il n'est donc pas nécessaire d'exposer longuement ce projet établi par le Comité Consultatif de Thermométrie. L'Échelle de 1968 s'étend maintenant vers les basses températures jusqu'à 13 K, tandis que l'Échelle précédente n'allait que jusqu'au point d'ébullition de l'oxygène. Il y a des modifications dans la région des basses températures et des hautes températures. Un certain nombre de valeurs des points fixes ont été

---

(5) Ce projet de résolution a été adopté sans modification le 15 octobre 1968 par la 13<sup>e</sup> Conférence Générale (Résolution 12).

modifiées afin d'obtenir un meilleur accord avec les températures thermodynamiques correspondantes. Cette nouvelle Échelle constitue une grande amélioration par rapport à la précédente et je recommande son adoption par le Comité International ».

Mr *Tomonaga* présente des objections à la nomenclature employée dans l'introduction de l'Échelle. Mr *de Boer* rappelle que l'étude du projet a suscité des avis divers, parfois contradictoires, et que le texte finalement proposé est à la fois cohérent et conforme aux avis de la majorité. Il a bien fallu faire un choix, mais ceci n'interdit pas que ces questions délicates de nomenclature en thermométrie soient encore discutées à l'avenir.

Le texte de l'« Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 » est adopté à l'unanimité <sup>(6)</sup>.

### 8. Rapports du Comité Consultatif d'Électricité (C.C.E.) et de ses Groupes de travail

Mr *Lehany*, président du C.C.E., donne un compte rendu de la 12<sup>e</sup> session de ce Comité Consultatif qui s'est tenue du 1<sup>er</sup> au 3 octobre 1968 (p. 94).

Il donne lecture des Recommandations E 1 (modification de  $-11 \times 10^{-6}$  à la valeur attribuée aux étalons de force électromotrice du Bureau International) et E 2 (valeur attribuée au coefficient gyromagnétique du proton dans l'eau, sans correction diamagnétique) :

$$\gamma'_p = 2,675\ 12 \times 10^8 \text{ rad s}^{-1} \text{ T}^{-1}.$$

Ces deux Recommandations (p. 101) sont approuvées par le Comité International.

Mr *Lehany* commente ensuite les Recommandations GT-RF 1 à 7 du « Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences » (p. 103).

Mr *Ermakov* signale au Comité les difficultés rencontrées lors de comparaisons aux radiofréquences, à cause du manque de spécifications pour les dimensions des connecteurs et de l'absence d'une terminologie commune. Ces difficultés constituent une gêne sérieuse. Si nous admettons que ces comparaisons doivent être envisagées au sein de notre Organisation, il conviendrait d'établir un document général contenant les normes à respecter pour les appareils de mesure à comparer.

Mr *Lehany* rappelle que ces questions ont été discutées lors de la réunion du Groupe de travail. Celui-ci a été unanime pour penser qu'il fallait, en dépit de l'absence de normes, procéder à des comparaisons. Un accord général concernant les connecteurs devrait en résulter et il a été admis que toute liberté était laissée au laboratoire pilote chargé de l'organisation de la comparaison.

Les Recommandations GT-RF 1 à 7 sont approuvées par le Comité.

---

<sup>(6)</sup> Le texte de l'Échelle est publié en annexe des *Comptes rendus de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale et du Comité Consultatif de Thermométrie*, 8<sup>e</sup> session.

### 9. Groupe de travail pour les étalons d'énergie $\alpha$

Mr *Siegbahn* rend compte de la réunion de ce Groupe de travail qui a eu lieu à Sèvres les 7 et 8 octobre 1968. Le Comité a eu dans le passé des discussions sur les travaux qui devaient être faits au Bureau International dans le domaine des étalons de mesure des rayonnements ionisants. De nombreuses comparaisons de sources radioactives ont déjà été effectuées et il a été décidé de ralentir le rythme de ces comparaisons. Le Comité a cependant reconnu dès 1966 que des mesures absolues de l'énergie de rayonnements  $\alpha$ , mesures comparables à ce qui a été fait en spectroscopie optique, devaient être entreprises. Le Bureau International réalise en ce moment le meilleur équipement pour mesurer les étalons d'énergie  $\alpha$  qui servent à relier les masses des nucléides et à étalonner les spectromètres magnétiques.

Le Groupe de travail a également discuté sur le choix des émetteurs de particules  $\alpha$  à employer comme étalons.

Dans l'avenir divers problèmes en relation avec la préparation des sources devront être étudiés, en particulier le moyen d'obtenir des couches suffisamment minces. Les pertes d'énergie à la traversée du cortège électronique de l'atome émetteur devront aussi être étudiées. Tous ces travaux sont en bonne voie; nous pensons qu'ils dureront un an à un an et demi. Le même équipement pourrait peut-être servir ensuite pour étendre le programme vers l'étude des spectres de conversion.

Le Groupe de travail pense se réunir dans le courant de 1970.

### 10. Rapport de la Commission préparatoire pour la coordination internationale des échelles de temps

Le *Président* présente le rapport de cette Commission préparatoire qui s'est réunie les 10 et 11 octobre 1968 au Pavillon de Breteuil. Cette Commission avait été convoquée par le Président du Comité International par une lettre du 26 février 1968; en effet, après le changement de la définition de la seconde et dans l'esprit de la Recommandation S 3 prise par le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde à sa 4<sup>e</sup> session (juillet 1967), des demandes d'intervention avaient été reçues de divers côtés par le Comité International.

Le travail de cette Commission était d'étudier les conséquences du changement de définition de la seconde sur l'utilisation pratique des échelles de temps. L'accord a été unanime sur la nécessité d'améliorer les conventions qui définissent le temps universel coordonné et sur le fait qu'aucun décalage (« offset ») ne devait être conservé; deux suggestions compatibles ont été envisagées pour les sauts de temps.

Le Comité International s'est déclaré d'accord pour transmettre à tous les milieux intéressés le rapport de la Commission (*voir* Annexe 1, p. 109).

## 11. Rapport de la Commission Administrative

La Commission s'est réunie dans une salle de l'Office International des Épizooties, 12, rue de Prony, Paris, le 15 octobre 1968 à 10 h.

Étaient présents : MM. de Boer (président), Kersten (rapporteur), Astin, Lehany, Niewodniczanski, Otero, Tomonaga, membres de la Commission.

Assistaient également à la séance : MM. Barrell, Cintra do Prado, Dunworth, Sandoval Vallarta, Stulla-Götz, Verma, Terrien, Giacomo.

### 1. Rapport du Directeur

a) *Personnel*. — Considérant l'évolution des salaires au cours des dernières années au Bureau International, le directeur propose d'augmenter tous les chiffres de la liste des 14 grades de 4,5 % à cause de l'accroissement régulier des salaires en France. Après une discussion sur les détails de la liste des grades, la Commission se déclare d'accord. La Commission se déclare également d'accord sur l'avancement proposé de Mr Müller au grade d'adjoint.

b) *Bâtiments*. — Le directeur informe la Commission sur le danger d'écroulement que présente le mur très ancien derrière les laboratoires du Bureau. Les experts ont estimé très élevées les dépenses pour en assurer une restauration complète.

2. *Exercice 1967*. — Le rapport de l'expert-comptable sur l'exercice 1967 est discuté par la Commission. La Commission recommande que le quitus officiel soit donné au directeur, Mr Terrien et à l'administrateur, Mr Jeannin, et les remercie pour la bonne gestion des comptes pour 1967.

3. *Caisse de Retraites*. — Toute la situation de la Caisse de Retraites est discutée par la Commission. Le directeur propose de confirmer quelques modifications déjà prévues antérieurement :

1. Augmentation des pensions de retraite dont le montant maximal est porté de 60 à 70 % des salaires des trois dernières années.

2. Augmentation des contributions annuelles à la Caisse de Retraites jusqu'à 15 % (10 % par le Bureau, 5 % par le personnel) des salaires, provisoirement jusqu'à la session prochaine du Comité International des Poids et Mesures en 1969. Après une nouvelle analyse par un actuaire de la situation de la Caisse de Retraites pour l'avenir, le Comité International prendra alors une nouvelle décision.

3. Lors de sa session de 1969 le Comité International devra discuter et décider de la pension de retraite en cas d'un emploi à mi-temps. La Commission se déclare d'accord.

4. *Budget 1969*. — La Commission approuve le budget 1969 qui lui est proposé après avoir augmenté les contributions du Bureau à la Caisse de Retraites de 88 000 à 101 000 francs-or et diminué les dépenses pour les bâtiments de 150 000 à 137 000 francs-or en compensation.

*Le Rapporteur,*  
M. KERSTEN

*Le Président,*  
J. DE BOER

Ce rapport ne donne pas lieu à une discussion prolongée, la presque totalité des membres du Comité International ayant assisté à la réunion de la Commission.

Mr Otero exprime cependant sa préoccupation quant aux possibilités d'engagements de physiciens jeunes au Bureau. En effet, le poste des dépenses de personnel et de fonctionnement atteint la limite de sécurité de 60 pour cent. Il ne paraît donc pas possible, pour le moment, d'envisager le recrutement de personnel nouveau.

La proposition de nomination de Jörg W. Müller au grade d'Adjoint, avec le titre de Physicien principal, est ratifiée par le Comité après un vote à bulletin secret; cette nomination prend effet à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1969.

Le Comité donne son accord pour que le nouveau sous-directeur, Pierre Giacomo, ait pouvoir de signature auprès des banques.

Mr *Astin* souhaite que les fonds de la Caisse de Retraites soient gérés de façon plus réaliste et plus sûre. La charge qui en résulte devra apparaître clairement dans les demandes de crédit qui seront présentées à la prochaine Conférence Générale.

Mr *Terrien* fait préciser par le Comité International la date d'entrée en vigueur des nouvelles dispositions de la Caisse de Retraites concernant l'augmentation du pourcentage maximal pour le calcul du montant de l'allocation de retraite. Cette disposition entrera en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 1969, sans effet rétroactif. Le règlement modifié de la Caisse de Retraites est approuvé par le Comité (p. 117).

Le rapport de la Commission Administrative ainsi que le budget pour 1969 sont adoptés à l'unanimité; le quitus est donné au directeur, Mr Terrien, et à l'administrateur, Mr Jeannin, pour l'exercice 1967.

### Budget pour 1969

RECETTES		francs-or
Contributions des États .....		2 000 000
Intérêts des fonds .....		20 000
Taxes de vérification .....		8 000
Remboursements des taxes sur les achats .....		80 000
<b>Total .....</b>		<b><u>2 108 000</u></b>
DÉPENSES		francs-or
<i>A. Dépenses de personnel:</i>		
1. Traitements .....	1 010 000	} 1 233 000
2. Allocations familiales .....	60 000	
3. Sécurité sociale .....	52 000	
4. Assurance-accidents .....	10 000	
5. Caisse de Retraites .....	101 000	
<i>B. Dépenses de fonctionnement:</i>		
1. Bâtiments (entretien) .....	137 000	} 497 000
2. Mobilier .....	5 000	
3. Laboratoires et ateliers .....	175 000	
4. Chauffage, eau, énergie électrique .....	75 000	
5. Assurances .....	5 000	
6. Impressions et publications .....	35 000	
7. Frais de bureau .....	34 000	
8. Voyages .....	20 000	
9. Bureau du Comité .....	11 000	
<i>C. Dépenses d'investissement:</i>		
1. Laboratoires .....	205 000	} 248 000
2. Atelier de mécanique .....	20 000	
3. Atelier d'électronique .....	7 000	
4. Bibliothèque .....	16 000	
D. <i>Frais divers et imprévus</i> .....		100 000
E. <i>Utilisation de monnaies non convertibles</i> .....		30 000
<b>Total .....</b>		<b><u>2 108 000</u></b>

## 12. Note de A.V. Astin sur les étalons matériels de référence

Mr *Astin* présente le document (Annexe 2, p. 114) qui a été soumis aux membres du Comité International. Dans la recherche de l'uniformisation des mesures, des contrôles de qualité sévères constituent un facteur important. Tout le monde, par exemple, est intéressé à ce que la pollution soit limitée; celle-ci doit donc être contrôlée, ce qui devient plus facile si l'on dispose d'étalons. De tels programmes doivent être fondés sur des étalons internationaux. Même en biologie et en médecine, des étalons sont nécessaires. Les domaines d'application sont donc immenses.

Le N.B.S. fournit de tels étalons aux États-Unis et il reçoit également des demandes de l'étranger. L'intérêt porté à cette question rejoint les objectifs du Comité International. Par exemple, l'E.I.P.T. est fondée sur un certain nombre de points fixes; elle dépend donc de la pureté des corps employés pour les réaliser. Si l'on possède des étalons, l'étalonnage sera donc plus aisé et permettra une précision accrue des mesures physiques.

Il n'apparaît sans doute pas encore clairement pour le moment comment il convient d'organiser la normalisation des étalons matériels de référence. Seuls les États-Unis se trouvent à l'heure actuelle à la tête des recherches dans ce domaine et le N.B.S. serait très heureux de mettre ses connaissances et son expérience à la portée de tous. Le N.B.S. pourrait par exemple inviter à Washington, au printemps 1969, des représentants des laboratoires intéressés par cette question. Il serait souhaitable que le Comité International patronne ce symposium sur les étalons matériels de référence, avec le désir de voir toujours se développer la coopération internationale. Ce symposium aurait un double objectif: 1<sup>o</sup> échange d'informations et de l'expérience acquise; 2<sup>o</sup> échanges de vues sur les moyens d'organiser, sur le plan international, la fabrication et la comparaison des étalons matériels de référence.

Mr Ermakov est heureux d'appuyer la proposition de Mr Astin et promet la participation de l'U.R.S.S. à la réunion envisagée.

Mr *Dunworth* précise que, dans le laboratoire qu'il dirige (N.P.L.), un tiers du personnel travaille à l'étude des substances chimiques étalons, et que cette activité doit encore se développer. Il approuve donc la proposition de Mr Astin et espère que le Comité International patronnera cette réunion qui constitue une extension naturelle de ses activités.

Le *Président* constate, après discussion, que l'ensemble du Comité approuve la proposition de Mr Astin. Le symposium pourrait avoir lieu le 26 mai 1969 et les jours suivants; il comporterait une visite des installations expérimentales du N.B.S.

## 13. Système gravimétrique de Potsdam

Mr *Terrien* rappelle qu'en 1960 la 11<sup>e</sup> Conférence Générale a donné pouvoir, par sa Résolution 11, au Comité International « de décider

du changement du système de Potsdam lorsqu'il aura estimé que la valeur de cette accélération est connue avec une exactitude suffisante ».

Depuis cette date, il y a eu des mesures absolues précises, et tout récemment une expérience importante du Dr Faller (Wesleyan University, États-Unis) qui a fait un raccordement absolu des mesures de  $g$  entre Gaithersburg (États-Unis), Teddington (Grande-Bretagne) et Sèvres. Par ailleurs, si nous ne modifions pas dans la nouvelle Échelle de température la valeur de  $g$  donnée dans le système de Potsdam, les points fixes seront faux. Dans le texte de l'Échelle de 1968 on a du reste tenu compte par anticipation de la correction que le Comité International pourra décider d'appliquer au Système de Potsdam.

Il ne s'agit nullement pour le Comité International d'empiéter sur l'autorité de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale, mais nous avons besoin d'une valeur précise de  $g$  pour les travaux métrologiques. Ce besoin a d'ailleurs été reconnu dans le Vœu N° 22 adopté par l'Association Internationale de Géodésie lors de son Assemblée Générale à Lucerne en 1967.

Un projet de résolution est rédigé en tenant compte de ce Vœu N° 22 de l'Association Internationale de Géodésie. Ce projet de résolution, qui fixe à 9,812 60 m/s<sup>2</sup> la valeur de  $g$  à Potsdam (au lieu de 9,812 74 m/s<sup>2</sup>, valeur adoptée initialement) est adopté à l'unanimité (*Résolution 1* (1968), p. 27). Mr Terrien se chargera d'informer l'Union Géodésique et Géophysique Internationale de cette Résolution.

Il conviendrait que les publications métrologiques se réfèrent à cette Résolution 1 (1968) du Comité International afin qu'il n'y ait aucune confusion possible quant à la valeur de  $g$  employée.

#### 14. Comités Consultatifs :

##### composition et réunions futures; diffusion des rapports

Le *Président* indique que cette question doit être abordée dans un esprit critique et avec une recherche d'efficacité. Il convient en effet que ne participent aux travaux des Comités Consultatifs que les laboratoires et les experts qui travaillent effectivement sur les questions faisant l'objet des préoccupations des différents Comités Consultatifs.

Mr *Terrien* rappelle que selon l'article 3 du règlement des Comités Consultatifs adopté par le Comité International en 1963, la composition des Comités Consultatifs peut être reconsidérée par le Comité International après chaque Conférence Générale.

MM. *Dunworth* et *Astin* pensent qu'il serait préférable que cette révision de la composition des Comités Consultatifs se fasse un an après chaque Conférence Générale. Il conviendra donc de la discuter à nouveau à la prochaine session du Comité International. Toutefois, la situation de chaque Comité Consultatif est passée en revue.

Pour les Comités Consultatifs d'*Électricité*, *Définition de la Seconde* et *Étalons de Mesure des Radiations Ionisantes*, leurs présidents respectifs,

MM. Lehany, Barrell et Siegbahn, ne voient aucun changement à apporter à leur composition.

Mr *Terrien* remarque toutefois que dans la liste des membres du C.C.E.M.R.I. figurent deux organisations intergouvernementales, l'A.I.E.A. (Vienne) et l'EURATOM (Commission des Communautés Européennes depuis 1967), avec lesquelles le Bureau International a signé un accord officiel aux termes duquel ces organisations peuvent envoyer des observateurs aux réunions. Jusqu'à maintenant ces organisations se sont en général abstenues de voter. Dans ces conditions, il serait peut-être préférable de considérer ces organisations comme observateurs et non comme membres du Comité Consultatif. Le Comité approuve cette proposition.

MM. *Howlett* et *Barrell*, qui étaient désireux de se démettre de leur fonction de président du C.C.D.M. et du C.C.D.S. respectivement, acceptent de conserver leur charge jusqu'à la prochaine session du Comité International.

Au Comité Consultatif de *Photométrie*, Mr *Otero* propose d'ajouter comme membre expert Mr G. A. W. Rutgers, professeur au Laboratoire de Physique de l'Université d'Utrecht.

Au Comité Consultatif de *Thermométrie*, Mr *de Boer* fait part d'une lettre de Mr Nussberger demandant que Mr J. Skakala, ingénieur chargé de cours à la Chaire de Physique de l'Université de Prague, soit désigné comme membre expert.

Le Comité International donne son accord pour ces deux désignations.

La composition du Comité Consultatif des *Unités* donne lieu à une discussion. Bien que les questions débattues au C.C.U. soient d'un caractère différent de celles qui font l'objet des travaux des autres Comités Consultatifs, il est admis finalement que le C.C.U. doit fonctionner comme les autres Comités Consultatifs. La liste des membres du C.C.U. est donc actuellement la suivante :

*Président* : J. de Boer.

*Membres* :

Commission Électrotechnique Internationale (Comités d'Études N<sup>os</sup> 24 et 25).  
Commission Internationale de l'Éclairage.

International Commission on Radiation Units and Measurements.

Organisation Internationale de Normalisation (Comité Technique 12).

Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (Commission S.U.N.).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig.

National Bureau of Standards, Washington.

Conseil National de Recherches, Ottawa.

National Physical Laboratory, Teddington.

Comité des Normes, des Mesures et Instruments de Mesure, Moscou.

P. Honti, Budapest.

J. Stulla-Götz, Vienne.

Le directeur du Bureau International.

Le président de chaque Comité Consultatif peut écrire au directeur d'un laboratoire pour lui indiquer le nom de la personne qu'il souhaiterait

voir comme représentant du laboratoire pour prendre part aux travaux du Comité Consultatif.

Mr *Terrien* pense que la participation de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale aux travaux du C.C.U. est souhaitable. Elle pourrait être assurée par le truchement d'un accord entre l'O.I.M.L. et le Bureau International, du type de ceux qui existent avec deux autres organisations intergouvernementales : l'A.I.E.A. et la Commission des Communautés Européennes (EURATOM). Cet accord se fait par simple échange de lettres entre directeurs.

La seule réunion de Comités Consultatifs prévue en 1969 est celle du Comité Consultatif des Unités qui aura lieu probablement en juin 1969.

Le « Groupe de travail des mesures neutroniques » se réunira le 21 avril 1969 au Pavillon de Breteuil.

Une discussion a lieu au sujet de la publication des différents rapports des réunions tenues au Bureau International. Les informations importantes sont portées rapidement à la connaissance des milieux scientifiques par leur publication dans *Metrologia*. Le Bureau International doit publier aussi un certain nombre de documents qui n'intéressent que l'organisation interne des travaux du Bureau ou des Comités. Par ailleurs, certains laboratoires qui ne figurent pas sur les listes des Comités Consultatifs aimeraient être tenus informés des documents de travail qui sont distribués avant ou pendant les sessions des différents Comités Consultatifs et même des Groupes de travail.

Mr *Dunworth* suggère que, pour chaque Comité Consultatif, un document du type « Newsletter » soit largement diffusé afin que, si quelque laboratoire désire des informations plus détaillées, il puisse les demander et recevoir la documentation qui l'intéresse. La nécessité de ce genre d'information est particulièrement grande pour le C.C.U.

### 15. Rapport du directeur et travaux du Bureau International

Mr *Terrien* présente son rapport (p. 29) qui a été envoyé en août 1968 à tous les membres du Comité.

La mise en service au Bureau de l'ordinateur IBM 1130 a permis aussitôt une exploitation plus complète et plus rapide des résultats des mesures. P. Carré a étendu les possibilités de calcul en établissant un ensemble de sous-programmes qui fait gagner un facteur 500 sur la précision des programmes fournis par le constructeur, ce qui porte en général à 12 le nombre des chiffres significatifs; ces sous-programmes ont été communiqués à l'Association française des utilisateurs de ce type d'ordinateur et ont soulevé un vif intérêt.

Pour l'utilisation de l'Échelle Internationale Pratique de Température le Bureau a réalisé les points fixes dont il a besoin. La 5<sup>e</sup> comparaison périodique des étalons nationaux d'intensité et de flux lumineux est actuellement en cours.

Par suite de son ordre du jour chargé, le Comité International n'a pu entendre que l'exposé de A. Sakuma sur les tout derniers résultats des mesures absolues de  $g$  qu'il a faites au cours de l'été 1968. Aucun changement significatif de la valeur de  $g$  n'a été constaté depuis un an, contrairement à certaines théories.

### 16. Visite du Dépôt des Prototypes métriques

#### *Procès-Verbal*

Le 16 octobre 1968, à 11 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 P. Durye 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 .....	20,1 °C
— maximale .....	20,35
— minimale .....	19,9
État hygrométrique.....	82 %

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

*Le Directeur  
du Bureau*

*Le Conservateur en Chef  
chargé du Secrétariat général  
des Archives de France*

*Le Président  
du Comité*

J. TERRIEN

P. DURYE

L. E. HOWLETT

### 17. Suggestions en vue du Centenaire de la Convention du Mètre

Mr Terrien demande au Comité International son avis sur ce qui pourrait être envisagé pour célébrer en 1975 le centenaire de la signature du traité de la Convention du Mètre. Quel est le crédit financier que le Comité International a l'intention de consacrer pour la préparation de ce centenaire?

Le Président pense qu'une histoire du Bureau International faisant suite à celle qui a été publiée à l'occasion du cinquantenaire de la Convention du Mètre devrait être faite. Mr Giacomo pourrait être chargé de la rédaction d'un tel ouvrage. D'autres suggestions sont : l'émission d'un timbre commémoratif, la frappe d'une médaille commémorative, quatre statues, symbolisant par exemple le temps, les longueurs, les masses et la température, qui pourraient être placées sur les quatre colonnes qui ornent la façade du Pavillon de Breteuil.

### 18. Questions diverses

*Recommandation 1 (1967) du C.I.P.M.* — Mr de Boer revient sur la Recommandation 1 que le Comité International a adoptée à sa session de 1967, concernant l'appellation « Système International d'Unités ». Cette recommandation a soulevé beaucoup de critiques. Il suggère en conséquence qu'elle soit légèrement modifiée; on pourrait par exemple parler de « Système International de Mesures » pour désigner l'ensemble des unités de base, des unités supplémentaires, des unités dérivées et de leurs multiples et sous-multiples formés au moyen des préfixes adoptés par la Conférence Générale.

Mr Astin remarque qu'il ne faut pas prendre de décision sans avoir entendu l'avis du Comité Consultatif des Unités. Mr de Boer approuve cette position.

Mr Barrell est d'accord en soulignant que le but recherché est l'universalité des mesures. Il est fortement souhaitable que le Système International d'Unités soit utilisé par tous. Il ne doit pas être seulement une satisfaction de l'esprit pour les savants. Si l'on y inclut des subtilités trop grandes, les techniciens ne l'adopteront pas.

Mr Sandoval Vallarta appuie l'opinion de Mr Astin sur la nécessité de n'apporter aucune modification sans avoir pris au préalable le conseil du Comité Consultatif des Unités. Toutefois, comme le souligne Mr Lehany, la question présente un certain caractère d'urgence. Une consultation du Comité Consultatif des Unités risque d'entraîner des retards importants. Beaucoup de personnes attendent sur cette question une prise de position officielle du Comité International. Par ailleurs cette Recommandation 1 a déjà été diffusée et elle a été publiée dans *Metrologia*.

Le Comité admet finalement que l'on pourrait se mettre d'accord sur la nouvelle proposition; Mr de Boer prendra très rapidement contact avec les membres du Comité Consultatif des Unités et fera part de leurs commentaires aux membres du Comité International, si possible avant la fin de 1968.

En conséquence, le Comité décide de ne pas encore faire figurer cette Recommandation 1 dans les Procès-Verbaux de la session (1967) du Comité International.

#### *Démission du président et élection d'un nouveau bureau*

Mr Howlett informe le Comité International qu'il a pris sa retraite et n'occupe plus son poste de directeur de la Division de Physique Appliquée du N.R.C. En conséquence, il estime de son devoir de donner sa démission de la présidence du Comité International.

Mr Otero se fait le porte-parole de tous les membres du Comité pour exprimer leurs regrets de cette décision et remercier Mr Howlett de la façon exceptionnellement brillante et consciencieuse dont il a toujours rempli son rôle de président.

Mr de Boer, en tant que membre le plus ancien du Comité, prend provisoirement la présidence pour procéder à l'élection d'un nouveau bureau. Le vote à bulletins secrets donne les résultats suivants :

Président : Mr Otero, élu à l'unanimité sauf 1 voix pour Mr de Boer;

Vice-Président : Mr Dunworth, élu à l'unanimité sauf 1 bulletin blanc;

Mr de Boer reste dans ses fonctions de secrétaire.

\*  
\* \*

Mr Otero remercie tous ses collègues et le directeur du Bureau International.

La date d'ouverture de la 58<sup>e</sup> session du Comité International est fixée au mardi 7 octobre 1969.

### Résolution adoptée par le Comité International à sa 57<sup>e</sup> session

#### Système gravimétrique de Potsdam

##### RÉSOLUTION 1 (1968)

*Le Comité International des Poids et Mesures, réuni le 16 octobre 1968,*

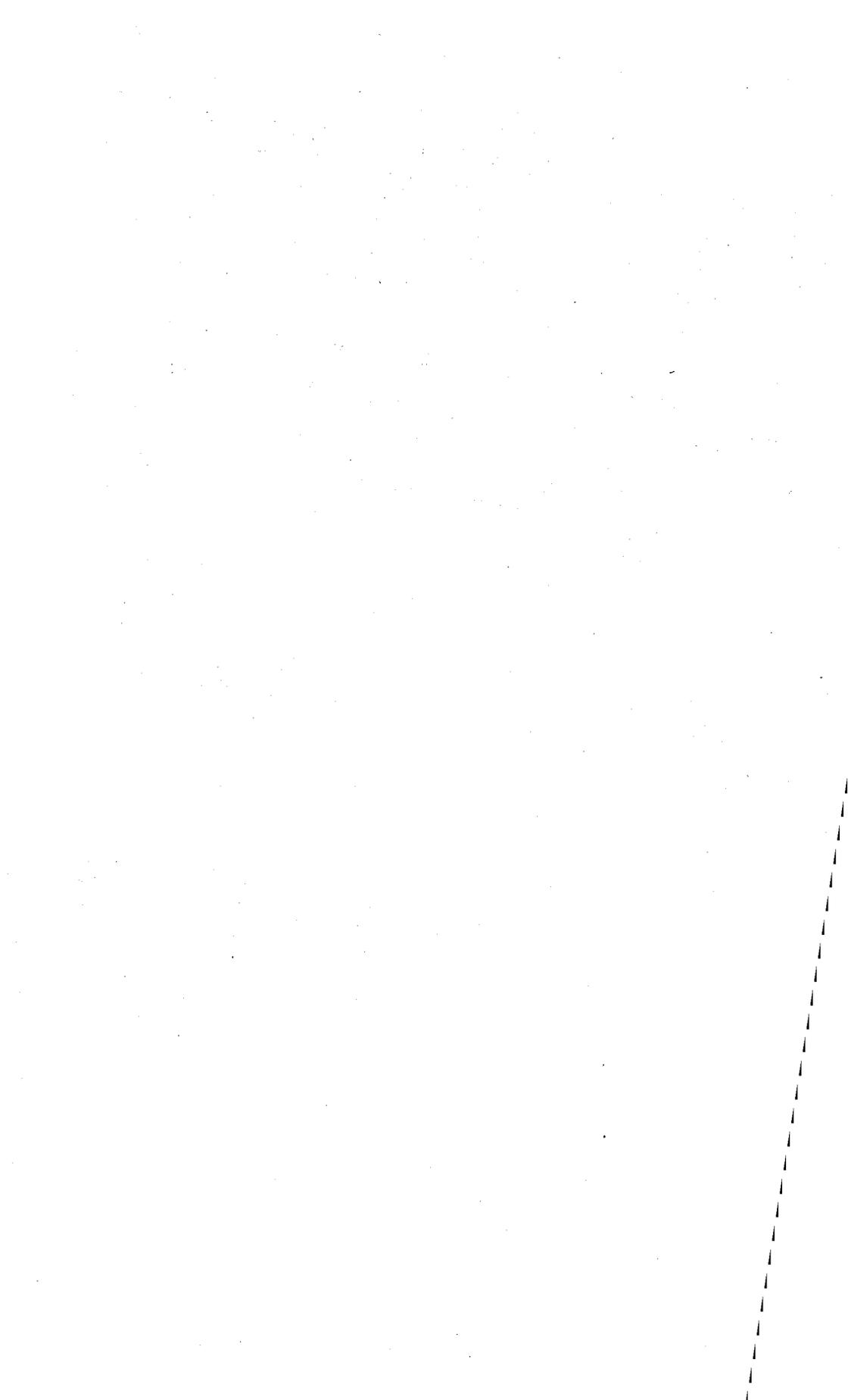
*CONSIDÉRANT la Résolution 11 de la Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures (1960) qui décidait de conserver provisoirement le Système gravimétrique de Potsdam et qui donnait pouvoir au Comité International des Poids et Mesures de décider du changement du Système de Potsdam lorsqu'il aura estimé que la valeur de l'accélération due à la pesanteur est connue avec une exactitude suffisante;*

##### CONSIDÉRANT

*que les mesures absolues les plus récentes et les rattachements effectués au moyen d'un appareil transportable de mesure absolue donnent des résultats concordants avec une précision qui semble meilleure que le millionième;*

*que des valeurs plus exactes de l'accélération due à la pesanteur sont devenues nécessaires dans certaines déterminations métrologiques de précision;*

*DÉCIDE que, pour les besoins métrologiques, la valeur de l'accélération due à la pesanteur à Potsdam, qui est le point de départ de ce Système, soit prise égale à 9,812 60 m/s<sup>2</sup>, et non plus 9,812 74 m/s<sup>2</sup>, valeur adoptée initialement.*



# RAPPORT DU DIRECTEUR

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

(1<sup>er</sup> Septembre 1967 — 1<sup>er</sup> Octobre 1968)

### I. — PERSONNEL

#### *Remarques générales*

Le personnel scientifique, qui avait atteint en 1967 à peu près le niveau prévu d'après le programme approuvé par la 12<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures, a subi une perte par le décès brutal le 4 janvier 1968 de John Ainger HALL; il était entré au Bureau en juillet 1964 après s'être retiré du National Physical Laboratory, Teddington. Spécialiste de thermométrie, J. A. Hall a contribué grandement aux installations de mesure de température au Bureau, à leur mise en œuvre, et à l'instruction de ses collègues. Sa disparition est profondément regrettée de nous tous.

Dans la section des radiations ionisantes, A. ALLISY ne donne plus que la moitié de son temps au Bureau en raison des cours dont il a reçu la charge à la Chaire de métrologie du Conservatoire National des Arts et Métiers à Paris.

Il serait nécessaire dès maintenant de recruter quelques physiciens et du personnel auxiliaire. Toutefois, afin de tenir compte du programme de travail compatible avec les ressources financières, et de préparer une organisation et une répartition plus rationnelles des tâches, j'ai préféré attendre la décision de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale concernant les dotations des années 1969-1972.

#### *Départs*

José DIAS, qui a servi comme gardien principal depuis octobre 1939, s'est retiré le 1<sup>er</sup> janvier 1968 atteint par la limite d'âge. Non seulement il s'occupait, avec sa femme, du gardiennage, mais encore il avait pris à cœur l'entretien de tout le domaine du Pavillon de Breteuil: parc, jardins, bâtiments; même dans les bâtiments de laboratoire, on pouvait lui confier des travaux délicats de maçonnerie qu'il exécutait parfaitement, avec un peu de main-d'œuvre auxiliaire, sans déranger les expériences en cours. Il a rendu au Bureau de précieux services de nature variée avec dévouement.

M<sup>lle</sup> R. COUTIN, engagée au Bureau le 10 février 1962 comme secrétaire-dactylographe, a quitté son emploi, pour convenances personnelles, le 31 décembre 1967.

#### *Engagements*

M<sup>me</sup> A. DELFOUR a été engagée comme secrétaire-dactylographe le 1<sup>er</sup> février 1968.

A. MONTBRUN a succédé comme gardien à J. Dias depuis le 1<sup>er</sup> décembre 1967.

M<sup>me</sup> G. PEDRIELLI a été engagée comme aide-comptable, à mi-temps, depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1968.

#### *Divers*

D. BOURNAUD, calculateur, ayant achevé son service militaire obligatoire, a repris son travail le 1<sup>er</sup> juillet 1968.

Dans le personnel hors-cadre, M<sup>me</sup> D. BOURDAIS a été de nouveau employée au Bureau du 12 février au 15 décembre 1968.

## II. — BÂTIMENTS

### *Laboratoire pour la section des radiations ionisantes. Alimentation en eau*

La qualité de l'eau distribuée par le Service des Eaux de Versailles et Marly a été notablement améliorée depuis le début de 1968. Les projets de branchement sur un autre réseau de distribution voisin, en vue d'obtenir une eau d'une qualité encore meilleure, ont été abandonnés devant le montant prohibitif des frais de raccordement.

Actuellement, le Pavillon de Breteuil est alimenté en eau par une canalisation ancienne de 80 mm de diamètre, mais dont la section utile est sensiblement réduite par les dépôts calcaires internes.

Le refroidissement de l'électro-aimant installé en mars 1967 pour le spectromètre  $\alpha$  demandait un débit d'eau important (10 m<sup>3</sup>/h), entraînant des baisses de pression qui perturbaient le fonctionnement des autres appareils. Un système de refroidissement de l'électro-aimant par circulation d'eau en circuit fermé et réfrigération atmosphérique a donc été étudié et installé en novembre 1968.

Dans le bâtiment principal des radiations ionisantes, les menuiseries extérieures (portes et fenêtres) ont été revernies. Sur la terrasse du même bâtiment, les conduits extérieurs du dispositif d'extraction d'air, très exposés aux intempéries, ont été repeints.

### *Observatoire*

La salle 15 (mesures électriques) a fait l'objet d'une remise en état complète. Après enlèvement du linoléum usagé, le parquet a été réparé au fond de la salle et le sol a été recouvert d'un linoléum neuf, collé sur une feuille de contre-plaqué. L'installation électrique a été refaite et les murs ont été repeints.

### *Petit Pavillon*

Depuis l'accroissement du nombre des visiteurs et des membres du personnel, la disposition de la loge du gardien principal ne correspondait plus aux nécessités du service. La fenêtre sur cour, très étroite, rendait difficile la surveillance des allées et venues; le couloir d'entrée, exigü lui aussi, ne permettait pas l'accueil des visiteurs.

De part et d'autre de l'ancienne fenêtre, la baie a été élargie jusqu'à 2,90 m; la personne de garde dans la loge peut maintenant contrôler aisément les entrées et sorties. Un petit vestibule a été créé en déplaçant de

40 cm la cloison entre le couloir et la loge, juste en arrière de la porte. Le mur de façade a été réparé et lissé au ciment. A l'intérieur, les distributions d'eau, de gaz, d'électricité et de chauffage central ont été remaniées; on a terminé par des travaux de plâtrerie et de peinture.

#### *Dépendances*

Dans le bâtiment de la menuiserie, une pièce a été aménagée sommairement au premier étage. Elle est utilisée comme local de séjour, à proximité immédiate de la grille d'entrée principale, par le deuxième gardien lorsqu'il assure la surveillance du Pavillon de Breteuil pendant les congés du gardien principal.

### III. — INSTRUMENTS ET TRAVAUX

#### **Remarques générales**

Dans ce chapitre, on ne parle guère que des travaux expérimentaux effectués dans les laboratoires du Bureau International; mais je désire rappeler que le personnel scientifique et moi-même avons à assurer l'action du Bureau à l'échelle mondiale, comme le veut le Comité International des Poids et Mesures qui a conscience des responsabilités des organismes de la Convention du Mètre. En effet, les développements récents de la métrologie scientifique mettent en évidence de plus en plus clairement que le Bureau International est un centre de coordination des travaux et de préparation des décisions; ce rôle central exige que le personnel du Bureau soit parfaitement informé des travaux effectués dans les autres laboratoires, et qu'il soit en possession des connaissances indispensables à ce rôle.

A titre d'exemples de ce genre d'activité, on peut citer la révision de l'Échelle Internationale Pratique de Température, les problèmes relatifs aux échelles de temps après l'adoption de la définition atomique de la seconde, et les questions que les Comités Consultatifs et les Groupes de travail étudient pour préparer la métrologie scientifique des prochaines années.

On verra dans la suite de ce chapitre les progrès ou les modernisations qui ont été réalisés dans tous les domaines d'activité des laboratoires du Bureau, suivant la ligne tracée par le programme de travail approuvé par la 12<sup>e</sup> Conférence Générale. J'ai pu voir, au cours de mes visites de laboratoires de métrologie dans divers pays, que la qualité des mesures et leur précision s'élèvent rapidement partout, grâce à la mise en œuvre de techniques nouvelles, ou par des raffinements des techniques en usage.

Il est donc plus que jamais nécessaire, pour le personnel scientifique du Bureau, de visiter les autres laboratoires, et de continuer sans relâche à améliorer nos propres installations de mesure.

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 signifie que cette personne ne fait pas partie du personnel 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).

## Ordinateur

Comme l'annonçait le Rapport de 1967, p. 33, le contrat de location d'un ordinateur IBM 1130 a été signé en avril 1967.

A l'époque, un seul membre du personnel (P. Carré) avait une bonne expérience de la programmation et du calcul sur ordinateurs. Le délai de livraison a été mis à profit pour préparer l'ensemble du personnel à l'emploi de ce nouvel outil.

Le cours élémentaire de programmation « Fortran », organisé au Bureau en mai 1967 par la Société I.B.M., a été suivi assidûment par une vingtaine de personnes. Trois d'entre elles (P. Carré, J. Milobedzki, R. Czerwonka) ont suivi, au Centre I.B.M. de Paris, un cours de dix jours pleins concernant spécialement l'ordinateur 1130 (organisation interne, compléments « Fortran », notamment utilisation du disque magnétique, programmation en langage « assembleur »).

L'entraînement pratique a pu être commencé très tôt grâce à l'amabilité du Centre de calcul de l'Observatoire de Meudon, qui nous a permis d'essayer nos premiers programmes sur ordinateur 7040. Cet entraînement s'est poursuivi sur ordinateur 1130, d'octobre 1967 à janvier 1968, au Centre I.B.M. de Boulogne-sur-Seine où nous avons utilisé les 45 heures d'essais prévues par le contrat. Outre la familiarisation avec l'ordinateur, ces essais nous ont permis la mise au point de divers programmes.

Les quelques aménagements nécessaires pour recevoir l'ordinateur ont été exécutés en décembre 1967 et janvier 1968 dans une salle située près de l'entrée du bâtiment des radiations ionisantes : insonorisation (limitée au plafond), ventilation, isolement de l'installation électrique, pour éviter de perturber les appareils des laboratoires voisins. Le mobilier de rangement indispensable et une provision de papier et de cartes ont été réunis vers la fin de 1967.

L'ordinateur a été livré le 30 janvier et mis en service le 1<sup>er</sup> février 1968.

Avant même cette livraison, il nous est apparu, au cours des essais, que la mémoire de 4 096 mots serait trop exiguë : la majeure partie est occupée par les sous-programmes et il ne reste guère, en général, qu'un millier de mots pour le calcul proprement dit. L'extension à 8 192 mots a été demandée dès décembre 1967 et réalisée au mois de mai 1968.

Nous disposons donc, actuellement, d'un ensemble comprenant :

- l'unité centrale de traitement avec une mémoire de 8 192 mots;
- trois disques magnétiques interchangeables;
- une machine à écrire comme unité de sortie;
- le lecteur-perforateur de cartes;
- une perforatrice indépendante pour la préparation des cartes.

Dès le premier mois, la durée d'utilisation de l'ordinateur s'est fixée à un niveau élevé : 70 heures pour le mois, soit, en moyenne, 3,5 heures par jour ouvrable; ces chiffres ne représentent que la durée de travail effectif de l'ordinateur, temps morts exclus. L'accroissement rapide de la durée d'utilisation et du « capital » de programmes laisse prévoir l'utilisation à temps plein (8 à 10 heures par jour) pour le début de 1969.

Il est difficile d'évaluer le rapport des temps consacrés respectivement à la préparation des programmes et à l'exécution de calculs. Il semble qu'au

début ce rapport ait été de l'ordre de 5; il est actuellement de l'ordre de 1, ce qui est probablement voisin du régime permanent. La quasi-totalité des calculs pour l'interférométrie et les mesures électriques sont dès maintenant effectués par l'ordinateur.

Cette courte période d'utilisation de notre ordinateur a mis en évidence les avantages suivants :

- exécution rapide des calculs, avec un risque d'erreur très faible, déchargeant ainsi le personnel de nombreux calculs de routine fastidieux;
- cette rapidité d'exécution permet de rectifier éventuellement les paramètres au cours de l'expérimentation, d'augmenter le nombre des mesures et d'exploiter plus complètement les résultats;
- possibilité de mise en pratique de nouvelles méthodes de calcul;
- présentation soignée des dossiers d'observations pour nos archives.

Jusqu'ici, huit membres du personnel ont écrit et mis au point des programmes pour notre ordinateur, soit pour des études particulières, soit pour des calculs de routine; les programmes les plus importants seront mentionnés aux chapitres correspondants.

Certaines tâches d'intérêt général ont été plus spécialement prises en charge par les trois personnes qui ont suivi le cours spécial I.B.M. 1130.

La responsabilité du fonctionnement de l'ordinateur a été confiée à J. Milobedzki. Il en assure la surveillance permanente, conseille utilement les utilisateurs, veille à la bonne marche de l'ensemble. Il a également écrit divers programmes et sous-programmes (principalement pour la section « Électricité »).

P. Carré s'est attaché à compléter ou améliorer les sous-programmes fournis par le constructeur : remplacement du point par la virgule dans les nombres décimaux (principalement en sortie), remplacement de la troncature par un arrondi, amélioration de la précision.

Ce dernier point mérite quelques commentaires.

La précision des sous-programmes fournis par I.B.M. (en « précision étendue ») est limitée à  $10^{-9}$  environ; pour nos mesures les plus précises (longueurs, gravimétrie, par exemple) c'est insuffisant : nous pensons que la précision des calculs doit être 100 fois meilleure que la précision désirée pour les résultats.

On peut envisager, sans trop augmenter l'encombrement de la mémoire, de conduire les calculs avec une précision de  $10^{-12}$ . Il faut, pour cela, constituer un ensemble complet de sous-programmes de calcul (comprenant les opérations arithmétiques et les fonctions usuelles), adapter les sous-programmes d'entrée-sortie, permettre l'appel de ces sous-programmes nouveaux par les programmes usuels rédigés en Fortran.

Ce travail vient d'être achevé. Les sous-programmes en question sont dès maintenant utilisés; la livraison prochaine d'un quatrième disque magnétique permettra de les rendre disponibles en permanence.

## Longueurs

*Comparateur photoélectrique et interférentiel* (P. Carré, R. Czerwonka)

Des améliorations ont été apportées à l'installation du comparateur et aux dispositifs de mesure qui lui sont associés.

*Conditionnement d'air.* — Pour les études de dilatation de règles il est nécessaire de réaliser un cycle de températures d'amplitude 4 ou 5 K centré sur 20 °C. Le groupe frigorifique, refroidi à l'air, du dispositif de conditionnement d'air de la salle 2 s'étant révélé insuffisant, nous l'avons remplacé par un groupe plus puissant refroidi à l'eau, installé dans les combles.

Pour se prémunir contre tout risque de fuite d'eau, un dispositif très simple de détection provoquant la fermeture automatique de la vanne d'alimentation a été installé.

*Circuit pour la vérification et l'étalonnage des thermocouples.* — La différence de température entre l'étalon en cours de mesure et le bloc de cuivre de référence est déterminée au moyen de thermocouples associés à un système d'amplification galvanométrique.

Il est donc nécessaire de vérifier le bon état des circuits de ces thermocouples, en particulier l'absence de court-circuit, chaque fois que l'on est amené à déplacer leur soudure active. D'autre part, il est nécessaire de vérifier périodiquement l'étalonnage des thermocouples en simulant une différence de température donnée au moyen d'une force électromotrice ajustée.

Les circuits nécessaires à ces deux fonctions, comprenant essentiellement une boîte de résistances Tinsley à quatre décades, ont été rassemblés dans un boîtier unique installé à demeure.

*Réglage du positionnement des règles divisées.* — Le réglage de la mise au point successivement sur les deux extrémités d'une règle réalise l'orthogonalité de l'axe optique des microscopes et de l'axe longitudinal de la règle. Pour réaliser l'orthogonalité de l'axe des microscopes et du plan tracé, il faut disposer d'un réglage supplémentaire (rotation de la règle autour de son axe longitudinal) et d'un procédé de contrôle adéquat.

A cet effet, on dispose maintenant d'une petite lunette autocollimatrice Kern type A 60, de faible grossissement ( $\times 4,6$ ). On l'installe dans l'un des alésages libres des coulisseaux porte-microscopes. Le réglage en question peut être réalisé avec une précision d'environ  $3 \times 10^{-4}$  rad, limitée en général par l'état des surfaces divisées.

*Horizontalité de la plate-forme supportant le comparateur.* — La plate-forme de béton supportant le comparateur est suspendue élastiquement. Les déplacements des parties mobiles du comparateur, notamment du chariot porte-règle, produisent une inclinaison de cette plate-forme d'environ  $10^{-4}$  rad de part et d'autre de sa position moyenne.

Cette inclinaison est en principe sans effet sur les mesures, en raison de la conception même du comparateur. Cependant, il est souhaitable de faire une vérification directe. D'autre part, la même plate-forme supporte le manobaromètre interférentiel; afin de ne pas perturber les mesures effectuées avec cet appareil, il faut que la plate-forme soit dans une position invariable, quelle que soit la position des organes mobiles du comparateur.

Pour ces deux raisons, nous avons étudié un système automatique destiné à compenser les variations d'inclinaison de la plate-forme, à  $2 \times 10^{-6}$  rad près. Le principe est simple: deux ressorts exercent en deux points  $P_1$  et  $P_2$  de la plate-forme des forces  $F_1$  et  $F_2$  dont la somme est constante. Si la droite  $P_1P_2$  est parallèle à la direction de la translation des organes mobiles du comparateur, on peut ajuster la différence  $F_1 - F_2$

de façon que ces deux forces et les poids des organes mobiles forment un système de forces constamment équivalent à un système fixe. Cela est réalisé mécaniquement en imposant aux deux ressorts identiques des variations de longueur opposées et de valeur telle qu'un détecteur d'inclinaison soit ramené à une indication nulle. Le fonctionnement automatique prévu n'est pas encore en service, mais des mesures ont été faites avec un fonctionnement manuel (voir p. 36 : Règle N° 10 230).

*Étalons à traits* (P. Carré, R. Czerwonka, F. Lesueur)

Les mesures effectuées sur les règles N°s 12 924 et 10 230 ci-dessous sont décrites en détail afin de donner des indications sur les incertitudes des mesures effectuées au comparateur photoélectrique.

*Règle N° 12 924 en acier nickelé.* — Cette règle de 1 m, qui nous a été prêtée par la Société Genevoise d'Instruments de Physique, porte une division principale en millimètres et, de part et d'autre de cette division, un millimètre supplémentaire divisé en dixièmes. Sur notre demande, elle a été munie de lignes de foi spéciales; celles-ci, distantes de 200  $\mu\text{m}$ , au lieu d'être continues d'une extrémité à l'autre de la règle, n'existent que dans deux régions sous forme de courts segments, d'environ 0,6 mm de longueur, d'une part entre le millimètre supplémentaire de l'extrémité A et le trait 0, d'autre part entre le trait 1 000 et le millimètre supplémentaire de l'extrémité B. La région des traits qu'il faut pointer est donc délimitée par les droites fictives qui joignent les segments effectivement tracés. Pratiquement, on réalise l'alignement de la règle et on ajuste la longueur des spots des microscopes en utilisant ces segments. La région des traits effectivement pointée est définie par les spots ainsi ajustés et par le mouvement de translation de la règle.

Avec des lignes de foi continues, on ajuste habituellement la longueur des spots de façon qu'ils *n'atteignent pas* les lignes de foi; il y a là une indétermination qui peut être préjudiciable à la reproductibilité des mesures. Nous pensons qu'avec le nouveau tracé la partie du trait qui est pointée a une longueur mieux définie; sa position est également bien déterminée puisqu'elle est définie par le mouvement de translation, d'excellente qualité, du chariot porte-règle.

Pour le cas où cette règle serait utilisée avec un comparateur à microscopes visuels, on y a tracé des lignes de foi supplémentaires continues, distantes de 300  $\mu\text{m}$ ; elles définissent de façon suffisante la région des traits qu'il faudrait pointer.

Nous avons effectué sur cette règle les mesures interférentielles qui suivent (dans tous les cas, nous avons mesuré simultanément les deux moitiés de la règle: les traits extrêmes du demi-mètre de gauche étant pointés par le microscope gauche, alors que ceux du demi-mètre de droite étaient pointés par le microscope droit).

— Dilatation. Treize séries de mesures en position AB, chacune comportant deux allers et retours, ont été effectuées selon un cycle de températures d'amplitude totale 5,4 K, centré sur 20 °C. On a obtenu pour la longueur de la règle

$$\begin{aligned} \text{N° 12 924: } l &= l_{20} [1 + \alpha_{20}(t - 20) + \beta(t - 20)^2] \\ \text{avec } \alpha_{20} &= 11\,740 \times 10^{-9} \text{ K}^{-1} \quad (\text{écart-type } 3 \times 10^{-9} \text{ K}^{-1}) \\ \beta &= 4,6 \times 10^{-9} \text{ K}^{-2} \quad (\text{écart-type } 1,8 \times 10^{-9} \text{ K}^{-2}) \end{aligned}$$

— Valeur à 20 °C. L'étude précédente, faite pour une seule position de la règle par rapport au comparateur, est insuffisante pour fournir la valeur définitive à 20 °C. Nous avons effectué deux mesures complètes de quatre séries chacune (position AB puis BA, microscopes en position normale puis retournés d'un demi-tour). Dans chaque série, nous effectuons deux allers et retours successifs. Les moyennes des huit déterminations, ramenées à 20 °C à l'aide des coefficients ci-dessus, sont :

1 <sup>re</sup> mesure	.....	$l_{20} = 1 \text{ m} + 538 \text{ nm}$	(écart-type 17 nm)
2 <sup>e</sup> mesure	.....	$l_{20} = 1 \text{ m} + 498 \text{ nm}$	(écart-type 26 nm)
Moyenne pondérée	.....	$l_{20} = 1 \text{ m} + 526 \text{ nm}$	(écart-type 14 nm)

*Règle N° 10 230 en invar.* — Cette règle de 1 m, appartenant à l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire, ne porte qu'un trait à chaque extrémité. Nous l'avons comparée à la règle N° 12 924 au cours de deux groupes de quatre séries. Dans chaque groupe, les règles sont placées en position AB puis BA, les microscopes en position normale puis retournés; les groupes ne diffèrent l'un de l'autre que par la permutation des deux règles. De plus, nous avons profité de cette mesure, qui exige des translations du chariot porte-règle de l'ordre de 1 m, pour étudier l'influence éventuelle de la compensation de l'inclinaison de la plate-forme (*voir* Comparateur photoélectrique). A cet effet, chaque série était constituée de deux demi-séries, l'une avec compensation, l'autre sans compensation.

Selon que l'on opère avec ou sans compensation, les différences de longueur des deux règles, ramenées à 20 °C ( $l'_{20} - l_{20}$ ), diffèrent de quantités  $\Delta$  dont les valeurs moyennes sont :

$$\begin{aligned} 1^{\text{er}} \text{ groupe } \Delta_m &= -3 \text{ nm} \\ 2^{\text{e}} \text{ groupe } \Delta'_m &= -3 \text{ nm} \end{aligned}$$

Ces valeurs ne sont pas significatives. En effet, d'une part on devrait s'attendre à des résultats  $\Delta_m$  et  $\Delta'_m$  opposés puisque les règles ont été permutées, d'autre part, la moyenne quadratique des huit valeurs de  $\Delta$  est 12 nm. Nous avons donc, pour chaque groupe de mesures, fait la moyenne des huit valeurs obtenues (avec ou sans compensation) pour  $l'_{20} - l_{20}$ ; la différence entre les deux moyennes ainsi calculées est 13 nm. La moyenne générale des seize déterminations conduit à

$$l'_{20} - l_{20} = 642 \text{ nm} \quad (\text{écart-type } 22 \text{ nm}).$$

Compte tenu de la valeur  $l_{20}$  pour la Règle N° 12 924, on en déduit

$$\text{N° 10 230 : } l'_{20} = 1 \text{ m} + 1 \text{ 168 nm} \quad (\text{écart-type } 26 \text{ nm}).$$

*Règles Nos 11 910, 11 914, 11 915 en invar.* — A l'aide du comparateur à dilatation à microscopes visuels, on a déterminé la longueur à 0,5, 12 et 26 °C de ces trois règles en invar de 1 m appartenant au Norges Geografiske Oppmåling, à Oslo.

#### Étalons à bouts

*Coefficient de dilatation des étalons de référence pour la mesure de g* (J. Hamon)

L'étalon N° 1 (Rapports 1965, p. 32, et 1967, p. 37) est essentiellement un tube en silice fondue acheté en 1963 chez Heraeus (Allemagne) et l'étalon

N° 2 (Rapport 1967, p. 36) un tube en silice fondue (« Pursil ») acheté en 1964 chez Quartz et Silice (France). Leur longueur est d'environ 0,8 m.

Ces deux étalons sont en place dans le caisson horizontal de l'appareil de mesure de  $g$  et disposés parallèlement l'un à côté de l'autre. La mesure du coefficient de dilatation a été effectuée dans le caisson, entre 16,8 et 23,2 °C, en modifiant la température de toute la salle; le caisson était maintenu à une pression de l'ordre de  $0,13 \text{ N}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Les mesures de température étaient effectuées avec une précision de l'ordre du millième de degré au moyen d'un thermomètre à résistance de platine par l'intermédiaire de thermocouples. Les mesures interférentielles étaient faites avec la radiation étalon du krypton 86; la température de la lampe étant abaissée à 58 K.

Quinze mesures ont été faites sur chaque étalon, donnant les résultats suivants :

— *Étalon N° 1.* La dilatation, à partir de 20 °C, est correctement représentée par une loi parabolique avec  $\alpha = 0,4044 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  et  $\beta = 0,0028 \times 10^{-6} \text{ K}^{-2}$ , les écarts-types étant 0,000 6 pour  $\alpha$  et 0,000 3 pour  $\beta$ ; l'écart-type sur la valeur d'une seule mesure de l'étalon est 3,7 nm.

— *Étalon N° 2.* Les résultats obtenus sur cet étalon sont inattendus et il est assez difficile de les interpréter. La meilleure droite indique un coefficient moyen  $\alpha = 0,455 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$  avec un écart-type de 0,004. Mais l'écart-type sur une mesure est de 20 nm. La figure 1 montre les écarts  $\varepsilon$  des mesures par rapport à la droite moyenne et met en évidence une sorte d'hystérésis dont le signe est surprenant.

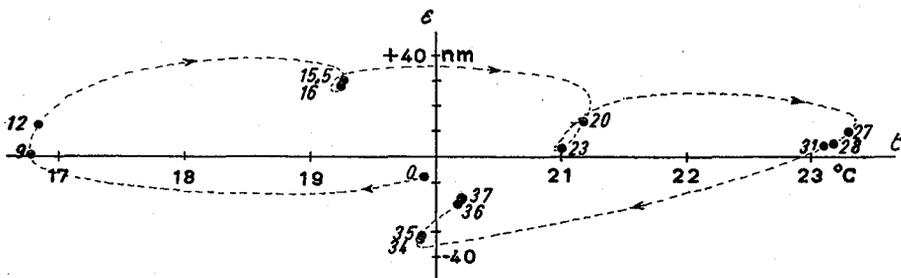


Fig. 1. — Dilatation de l'étalon en silice fondue N° 2 : écarts  $\varepsilon$  des valeurs de chaque mesure par rapport à la droite moyenne.

Le nombre en regard de chaque point indique, en jours, l'époque de la mesure; la ligne en pointillés indique seulement l'ordre chronologique.

#### Études courantes (J. Hamon, F. Lesueur, R. Czerwonka)

— Détermination, à la machine à mesurer, de la longueur d'une cale en silice de 256 mm (Laboratoire Central des Industries Électriques, France).

— Mesures interférentielles de quatre calibres de 25, 50, 75 et 100 mm (Laboratoire National d'Essais, France), d'un calibre de 250 mm (Office National des Mesures, Hongrie) et de quatre calibres de 125, 150, 175 et 400 mm (Institut de Normalisation des Mesures et Appareils de Mesure, Bulgarie), avec détermination du coefficient de dilatation du calibre de 400 mm.

### Base géodésique

*Mesures interférentielles; Règle de 4 m I 4* (J. Hamon, F. Lesueur)

Des améliorations ont été apportées à la mesure de la température des étalons Perot-Fabry par thermocouples et à la protection contre les variations de l'indice de réfraction de l'air; ces variations constituent encore le point délicat des mesures.

Les expériences ont été interrompues par des travaux de réfection du local. Néanmoins, nous avons pu procéder à des mesures de la règle en invar de 4 mètres I 4, sur un double intervalle de 4 m entre les microscopes N° 2 et N° 4. L'écart-type du résultat de huit mesures est  $0,1 \mu\text{m}$ , soit  $0,25 \times 10^{-7}$  en valeur relative; compte tenu de la qualité des microscopes et des traits de cette règle, ce résultat est très satisfaisant. La valeur obtenue est :

$$I 4 = 4 \text{ m} + 14,6 \mu\text{m} \text{ à } 20 \text{ }^\circ\text{C} \text{ (novembre 1967);}$$

une mesure interférentielle effectuée en juin 1965 avait donné :  $4 \text{ m} + 11,8 \mu\text{m}$ .

*Fils et rubans géodésiques* (F. Lesueur, C. Garreau, G. Girard)

Depuis septembre 1967, 33 fils ou rubans de 4, 8, 10, 12, 14, 20, 24 et 50 m ont été étalonnés (voir la liste p. 86).

Le coefficient de dilatation de quatre échantillons de fil invar a été déterminé pour l'Organisation Européenne pour la Recherche Nucléaire (C.E.R.N.) à Genève..

La 24<sup>e</sup> livraison d'invar (coulée 78 621 comprenant 55 kg de fil et 17 kg de ruban) a été étuvée à  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ . Le coefficient moyen de dilatation de cet alliage a été ensuite déterminé.

Étant donné les demandes actuelles, une nouvelle commande de 80 kg de fil et de 30 kg de ruban a été passée aux Aciéries d'Imphy.

*Réduction des observations pour les mesures de longueur à l'aide de l'ordinateur* (R. Czerwonka, P. Carré)

*Mesures interférentielles.* — Ces mesures nécessitent les calculs suivants :

1° détermination des excédents fractionnaires, en général pour quatre radiations, au moyen de quatre mesures de flux lumineux correspondant à quatre différences de marche en progression arithmétique (méthode dite « des quatre pointés »);

2° détermination de la correction d'indice de réfraction dans le cas des mesures dans l'air (comparateur photoélectrique par exemple);

3° détermination de l'ordre d'interférence par la méthode des excédents fractionnaires, et de la longueur de l'étalon dans les conditions de la mesure;

4° détermination de la température de l'étalon;

5° application de corrections diverses, notamment celle de dilatation.

Les quatre premiers points ont été entièrement programmés pour notre ordinateur I.B.M. 1130.

On peut remarquer que le point 2 se décompose en :

2a) détermination des excédents fractionnaires pour le réfractomètre;

2b) application de la méthode des excédents fractionnaires au cas spécial d'une mesure d'indice de réfraction de l'air.

Un premier programme calcule les excédents fractionnaires pour l'interféromètre principal et pour le réfractomètre du comparateur photoélectrique; un second exploite les résultats relatifs au réfractomètre ainsi que d'autres données (pression atmosphérique, température) et fournit ses résultats à un troisième programme qui calcule les ordres d'interférence exacts dans le réfractomètre. Un quatrième programme calcule les corrections d'indice, applique ces corrections aux excédents fractionnaires dans l'interféromètre principal, prend en compte les lectures faites sur le pupitre du comparateur photoélectrique et rappelle le troisième programme qui calcule alors les ordres d'interférence exacts dans l'interféromètre principal. Un cinquième programme calcule alors la longueur de l'étalon. On a réalisé un enchaînement entièrement automatique de ces cinq programmes qui peuvent, par ailleurs, être utilisés séparément ou en groupe pour d'autres études interférométriques.

De même, la réduction des observations de température faites au pont de Smith pour chaque mesure interférentielle de longueur est programmée. Le programme s'enchaîne avec plusieurs petits programmes qui calculent la température de l'étalon dans divers cas, en exploitant les résultats précédents et les indications des thermocouples; ce programme est aussi utilisé pour les études thermométriques.

*Comparaisons de règles.* — Les réductions des observations au comparateur photoélectrique sont faites à la main au cours des mesures; une vérification ultérieure est effectuée au moyen de l'ordinateur.

*Déterminations des coefficients de dilatation.* — Nous disposons de plusieurs programmes destinés à des applications déterminées. L'un d'eux, toutefois, est assez général; il peut rechercher une fonction linéaire ou du second degré, ou les deux successivement, par la méthode des moindres carrés; il accepte jusqu'à huit ordonnées pour une même abscisse; on spécifie dans les données le nombre de chiffres décimaux désirés lors de l'impression des résultats, de même que les libellés à inscrire en tête des colonnes de nombres. On peut obtenir, si on le désire, l'écart-type d'une mesure ainsi que les variances et covariances des coefficients. A l'impression, les nombres sont arrondis, conformément au nombre de chiffres décimaux imprimés.

## Interférométrie

*Étude de radiations infrarouges* (R. Czerwonka, J. Hamon)

a) Le but de cette étude est de rechercher les radiations du proche infrarouge, émises par la lampe à krypton 86 classique de Engelhard, qui pourraient servir d'étalons secondaires de longueurs d'onde; ces radiations doivent être suffisamment fines et intenses pour permettre directement les mesures de différences de marche de l'ordre de 1 m.

Notre interféromètre de Michelson permet d'effectuer cette étude, mais il a été nécessaire d'adapter l'appareillage connexe pour pouvoir travailler dans les meilleures conditions jusqu'à des longueurs d'onde de 1,2  $\mu\text{m}$ . L'étude des objectifs à lentilles a montré un allongement de la focale, entre  $\lambda = 0,5$  et  $\lambda = 1,2 \mu\text{m}$ , de 7 mm pour l'objectif d'entrée et de 5,5 mm pour celui de sortie. Nous avons donc remplacé l'objectif de sortie par un dispo-

sitif à miroirs (fig. 2). Pour l'objectif d'entrée, dont la position est moins critique, un système mécanique permet un déplacement longitudinal compensant l'allongement de la focale.

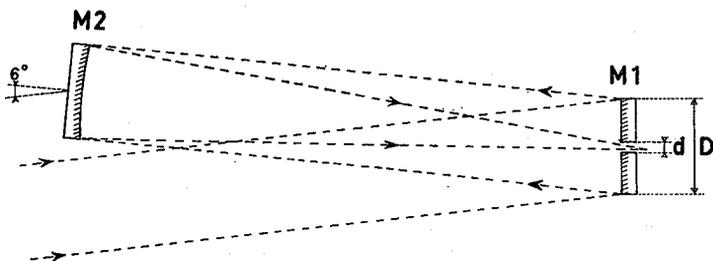


Fig. 2. — La lumière provenant de l'interféromètre de Michelson est renvoyée par le miroir plan M1 et le miroir sphérique M2 sur le diaphragme d'isolement focal placé derrière l'orifice  $d$ ;  $f = 0,6$  m,  $D = 50$  mm,  $d = 5$  mm.

La limite de sensibilité de notre récepteur habituel se situant vers  $0,65 \mu\text{m}$ , nous avons utilisé un photomultiplicateur Lallemand à 20 étages, à photocathode Cs-Ag refroidie à l'azote liquide.

Enfin le polariseur « Polaroid » ne convenant plus, nous l'avons remplacé par un polariseur en spath.

Les premières mesures ont montré que l'ensemble fonctionne convenablement. Nous avons commencé par rechercher les radiations interférant à 1 m de différence de marche, avec une visibilité des franges de l'ordre de 0,1 ou plus. Une trentaine de radiations peuvent ainsi être retenues. Un examen rapide de la variation de la visibilité en fonction de la différence de marche permet d'éliminer les radiations qui sont manifestement renversées; les moins intenses seraient difficilement utilisables. Finalement neuf radiations nous paraissent mériter une étude approfondie :

$\lambda$	Termes (Paschen)	$\lambda$	Termes (Paschen)
1 059,3 nm	$3d_1' - 5W$	912,2	$2p_8 - 3s_1''$
985,6	$2p_6 - 3s_1''$	897,8	$2p_8 - 3s_1''$
970,4	$2p_7 - 3s_1''$	876,4	$2p_9 - 3s_1''$
954,1	$2p_7 - 3s_1'''$	869,8	$2p_8 - 4d_5$
936,2	$2p_6 - 4d_5$		

Les mesures précises de ces longueurs d'onde sont commencées.

b) Mr Norlén, de l'Université de Lund, Suède, a fait un stage de deux mois en juin et juillet 1968 au B.I.P.M. Au moyen de l'interféromètre de Michelson, équipé pour le proche infrarouge, il a effectué deux groupes de mesures sur des radiations émises par une lampe à krypton 86 sans électrodes. Le premier groupe comportait la mesure absolue des longueurs d'onde de seize radiations, entre 758 et 976 nm, correspondant à des transitions 1s-2p; ces mesures ont été effectuées à une différence de marche de  $\pm 150$  mm. Le second groupe portait sur neuf radiations correspondant à des transitions 1s-2p, 1s-3p, 2p-5d, 2p-6d, 2p-7d; il s'agissait de comparer leurs longueurs d'onde avec celles des mêmes radiations émises par la lampe classique de Engelhard, dans les conditions recommandées.

Les résultats définitifs ne sont pas encore connus; il semble que les radiations 1s-2p et 1s-3p soient très peu affectées par les conditions d'excitation, tandis que l'influence de la pression et de la densité de courant, déjà notable pour les radiations 2p-5d, devient importante pour les radiations 2p-6d et 2p-7d.

*Lasers : mesures de longueurs d'onde* (J. Hamon, A. Sakuma)

Nous avons mesuré la longueur d'onde de trois lasers He-Ne Spectra-Physics 119. L'un d'eux, appartenant au B.I.P.M., a été étudié après moins d'une centaine d'heures de marche; on a trouvé:  $\lambda_{\text{vide}} = 0,632\ 991\ 413\ \mu\text{m}$ .

Le tube de ce laser ayant dû être changé, nous avons étudié le nouveau tube après quelques dizaines d'heures de fonctionnement et avons trouvé:  $\lambda_{\text{vide}} = 0,632\ 991\ 411\ \mu\text{m}$ .

Enfin, nous avons mesuré la longueur d'onde d'un laser déposé temporairement au Bureau; ce laser avait fonctionné un grand nombre d'heures, peut-être un millier; nous avons obtenu:  $\lambda_{\text{vide}} = 0,632\ 991\ 404\ \mu\text{m}$ .

Toutes ces valeurs sont données avec une incertitude de  $\pm 2$  unités du dernier chiffre.

*Monochromatisation interférentielle* (P. Giacomo, J. Hamon, F. Lesueur)  
(voir Rapport 1967, p. 38)

Une première version définitive du filtre Perot-Fabry a été construite. Les deux miroirs plans constituant le filtre sont collés aux extrémités d'un tube de silice par l'intermédiaire de cales piézoélectriques; la distance entre les miroirs est d'environ 0,1 m. Les trois cales d'une extrémité sont destinées au réglage fin du parallélisme; celles de l'autre extrémité sont destinées au centrage de la bande passante du filtre sur la raie utilisée. L'ensemble est enfermé dans une petite enceinte en laiton, calorifugée, maintenue sous vide et munie de réglages d'orientation. Les premiers essais ont été effectués avec les miroirs recouverts simplement d'une couche d'argent dont les facteurs optiques étaient  $\rho \approx 0,75$  et  $\tau \approx 0,15$ .

Pour les diverses radiations du krypton 86 émises dans les conditions recommandées et affinées par ce filtre, les visibilitées observées dans l'interféromètre de Michelson réglé à une différence de marche de 1 m étaient les suivantes :

$\lambda$	V
0,646 $\mu\text{m}$	0,58
0,606	0,55
0,565	0,51
0,450	0,21

La stabilité, la précision et la reproductibilité des réglages sont satisfaisantes. Malheureusement la luminosité est un peu faible, surtout vers le rouge. Nous espérons, en remplaçant les argentures par des couches diélectriques appropriées, améliorer à la fois la luminosité et la visibilité des franges dans le violet.

*Comptage de franges* (P. Giacomo, J. Hamon, J. Hostache)

Un montage expérimental a été essayé dans le but de vérifier l'exactitude du comptage en présence de bruit, vibrations, etc.

Le trièdre mobile du petit interféromètre de Michelson (voir Rapport 1967, p. 39) est entraîné par un moteur à inversion de marche automatique, assurant le défilement d'environ 2 000 franges à une vitesse de l'ordre de  $\pm 500$  franges par seconde. Le champ est éclairé par un laser He-Ne non stabilisé.

Les quatre récepteurs (photodiodes au silicium, type BP Y 44, Siemens, Allemagne) assemblés côte à côte, en rosette, reçoivent chacun un des faisceaux réfléchis par une des plages du miroir fixe. Les surépaisseurs déposées sur chacune des plages ont été choisies telles que le signal de défilement des franges sur chaque récepteur soit déphasé de  $+\pi/2$  ou  $-\pi/2$  par rapport au signal des récepteurs qui l'encadrent.

Deux amplificateurs différentiels attaqués chacun par les deux signaux d'une même diagonale (déphasés entre eux de  $\pi$ ), fournissent à leur sortie les deux signaux de franges en quadrature nécessaires pour le comptage réversible. Ces signaux sont mis en forme, analysés par quelques circuits logiques, et les impulsions de comptage sont transmises sur deux voies (l'une « positive », l'autre « négative ») à une échelle de comptage bidirectionnelle, où s'inscrit le nombre entier de franges. Un système de voyants lumineux permet de lire, à l'arrêt, le quart de frange.

Accessoirement, un commutateur électronique permet d'afficher simultanément sur un oscilloscope les trois figures de Lissajous formées avec :

- les deux signaux de comptage en quadrature,
- les signaux des deux récepteurs d'une même diagonale, qui doivent être en opposition,
- les signaux des deux autres récepteurs qui doivent également être en opposition.

Cela facilite les réglages fins optiques et la surveillance du fonctionnement.

L'ensemble a été laissé en fonctionnement pendant plusieurs périodes de 8 heures (correspondant au comptage d'environ  $10^7$  franges et à  $10^4$  inversions de marche, sans tenir compte des vibrations); il est resté en fonction, moteur arrêté, entre temps. Au départ, le compteur avait été mis à zéro pour la position donnant la frange achromatique. En ramenant l'interféromètre à la position correspondant à l'indication « zéro » sur le compteur, on a toujours retrouvé exactement la frange achromatique.

La médiocre qualité mécanique de la translation utilisée, la sensibilité élevée de l'interféromètre aux vibrations, les chocs brusques (mécaniques et électriques) produits lors des inversions de marche et l'absence de stabilisation du laser, rendent cette épreuve relativement sévère.

Une erreur accidentelle d'une ou plusieurs franges doit pouvoir être décelée à coup sûr, par une méthode d'aller et retour, ou de retour à la frange achromatique. Pour cela, il faut que sur un comptage de  $3 \times 10^6$  franges, correspondant à une translation de l'ordre de 1 m effectuée en quelques minutes, la probabilité d'erreur reste *très faible*.

Un usage prolongé pourra seul indiquer si le dispositif utilisé fournit une marge de sécurité suffisante; l'expérience actuelle montre déjà qu'il a de bonnes chances de remplir cette condition.

**Masses** (G. Girard)

*Balances*

La balance Stanton de portée 2 g achetée en 1962, a dû être réparée : le tube de commande du mouvement vertical du fléau s'était fendu ; la réparation a été effectuée à l'atelier du Bureau.

*Kilogrammes prototypes*

Le Kilogramme N° 44 (Australie) a été rapporté à Sèvres en octobre 1967. Il avait déjà participé au Bureau International à des comparaisons en 1964.

Dans le Rapport de 1965, p. 41, des doutes avaient été émis sur les résultats de ces comparaisons, car on avait mis en évidence, en 1965, une nette variation, par rapport à la valeur admise, de la masse des prototypes d'usage du B.I.P.M.

On a alors effectué, à l'aide de la balance Rueprecht N° 1, une comparaison deux à deux, dans toutes les combinaisons possibles, du Kilogramme N° 44, du Kilogramme IV en platine iridié (Laboratoire National d'Essais, France) et des prototypes du Bureau International N°s 9 et 31 (usage courant) et N° 25 (usage exceptionnel). Les N°s 44 et IV avaient été au préalable nettoyés à l'alcool et au benzène, puis lavés à la vapeur d'eau bidistillée ; les prototypes du Bureau ont été seulement époussetés avec un pinceau à poils de blaireau.

Les résultats compensés de ces comparaisons ont mis en évidence une évolution relative des prototypes du Bureau depuis leur précédente détermination effectuée en mai 1965 par comparaison aux deux témoins N°s 8(41) et 43 :

	Mai 1965	Mai 1968	Variation
N° 9 — N° 25 =	+ 120 µg	+ 129 µg	+ 9 µg
N° 31 — N° 25 =	- 65	- 49	+ 16

Pendant ces trois années, le N° 25 est resté au caveau supérieur, alors que les N°s 9 et 31 étaient conservés dans la salle des balances. On peut admettre, en accord avec les résultats d'expériences antérieures, que ces deux derniers Kilogrammes se sont légèrement salis, ce qui explique leur variation de masse. Il est donc raisonnable d'attribuer aux N°s 9 et 31 les nouvelles valeurs suivantes d'après le N° 25 :

$$\left. \begin{aligned} \text{N}^{\circ} 9 &= 1 \text{ kg} + 0,286 \text{ mg} \\ \text{N}^{\circ} 31 &= 1 \text{ kg} + 0,108 \text{ mg} \end{aligned} \right\} \text{(mai 1968)}$$

La masse du N° 44 déduite de ces comparaisons est

$$\text{N}^{\circ} 44 \text{ (Australie)} = 1 \text{ kg} + 0,297 \text{ mg (mai 1968)}$$

au lieu de 1 kg + 0,262 mg en 1964. Cette valeur de 1968 est proche de la valeur 1 kg + 0,289 mg avancée dans le Rapport de 1965, p. 40.

Pour le Kilogramme IV on obtient :

$$\text{N}^{\circ} \text{ IV (Lab. Nat. d'Essais, France)} = 1 \text{ kg} - 0,389 \text{ mg (mai 1968)}.$$

*Études courantes*

— Pour le Bureau International : étalonnage de trois subdivisions du milligramme ; détermination des deux Kilogrammes en « Nicral » et en

« A.R.C. »; étalonnage en cours de la série de premier ordre O en platine iridié.

— Pour l'Afrique du Sud: détermination de la masse du Kilogramme N° 1 en nickel-chrome (80 % Ni, 20 % Cr)

N° 1 = 1 kg — 0,412 mg (avril 1968)  
(au lieu de 1 kg — 0,084 mg en août 1954).

— Pour la Tchécoslovaquie: étalonnage de la série de masses Prolabo N° 85 de 500 g à 1 g en « Nicral D » et de 500 mg à 1 mg en platine.

— Pour la République Arabe Unie: étalonnage d'une série de masses Oertling de 10 kg à 2 kg en « Immaculate V » (21 % Ni, 23,5 % Cr).

— Détermination de la masse volumique d'une pièce voisine de 1 kg en « Immaculate V », construite par Stanton à Londres.

#### *Masse volumique de l'eau*

L'étude de la masse volumique de l'eau en fonction de sa composition isotopique (voir Rapport 1967, p. 41) s'est poursuivie, en collaboration avec Mr Menaché.

Les résultats donnés en 1967 portaient sur quatre échantillons: deux échantillons (A et D, désignés maintenant par N°s 1 et 4) d'eau de mer bidistillée, relativement riche en isotopes lourds et deux échantillons (B et C, désignés maintenant par N°s 2 et 3) d'eau du robinet déminéralisée et distillée, de composition moyenne. Les écarts entre les différentes déterminations de la « densité » <sup>(1)</sup> de l'eau sont notablement réduits si l'on ramène tous les échantillons à une composition isotopique unique (« Standard Mean Ocean Water » ou SMOW) en corrigeant leur densité en conséquence (M. Menaché, *Metrologia*, 1967, 3, p. 62); l'écart maximal passe de  $2,8 \times 10^{-6}$  à  $1,4 \times 10^{-6}$ .

Le résultat obtenu avec l'échantillon N° 3 (une seule mesure) paraissant douteux, nous avons effectué de nouvelles mesures avec de l'eau du robinet bidistillée (échantillons N°s 5 et 6). Si on élimine l'échantillon N° 3, la concordance des mesures, après correction isotopique, devient excellente: l'écart maximal passe de  $3,5 \times 10^{-6}$  avant correction à  $0,9 \times 10^{-6}$  après correction; aucune valeur déduite d'une pesée simple ne s'écarte de la moyenne de plus de  $0,5 \times 10^{-6}$ .

Cette première étude a porté sur deux variétés d'eau, de compositions isotopiques très différentes, dont l'écart de masse volumique est de l'ordre de  $3 \times 10^{-3}$  kg/m<sup>3</sup>. Une telle différence ne nous paraît pas devoir être dépassée entre les diverses eaux habituellement utilisées dans les laboratoires métrologiques. La correction proposée par Menaché nous semble donc suffisante pour les besoins pratiques de la métrologie de précision ( $1 \times 10^{-3}$  kg/m<sup>3</sup>).

D'autres mesures ont été faites avec des échantillons d'eau artificiellement enrichie en deutérium. Les résultats des pesées successives faites sur des échantillons ayant pratiquement même composition isotopique ont présenté entre eux, avant toute correction d'isotopie, des différences anor-

---

<sup>(1)</sup> Le volume du cylindre en acier inoxydable utilisé pour les pesées hydrostatiques étant lui-même déterminé par pesée hydrostatique, on peut considérer qu'il s'agit de mesures de densité par rapport à une eau de référence: celle-là même qui a servi à mesurer le volume du cylindre. On a évidemment plus de précision sur ces valeurs de la densité (relative) que sur les masses volumiques.

malement élevées, allant de 1 à  $3 \times 10^{-6}$ . De tels écarts, hors de proportion avec les erreurs de mesure, ne se sont présentés que pour les seuls échantillons artificiellement enrichis en deutérium. Nous essayons de déterminer l'origine de ces anomalies.

De nouvelles mesures ont été faites récemment en utilisant de l'eau du robinet, bidistillée, avant nettoyage du cylindre (échantillon N° 7) et après nettoyage (échantillon N° 8). Il n'y a pas de différence significative entre ces deux mesures. Par contre, le tableau des mesures échelonnées de juin 1967 à mai 1968 fait apparaître une légère dérive que nous nous efforçons d'interpréter (Tableau I). Cette dérive est sans conséquences graves; si elle se

TABLEAU I

*Densité de divers échantillons d'eau*

Échantillons N°s  $\left\{ \begin{array}{l} 1 \text{ et } 4 : \text{ eau de mer bidistillée} \\ 2 \text{ et } 3 : \text{ eau du robinet déminéralisée et distillée} \\ 5 \text{ à } 8 : \text{ eau du robinet bidistillée} \end{array} \right.$

Colonne 3: densité\*, ramenée à 22 °C sous 1 atmosphère normale, en supposant une absence totale de gaz dissous

Colonne 5: résultat précédent, ramené à la composition isotopique du SMOW par la correction  $\Delta\rho$  donnée en colonne 4

Échan- tillon N°	Date	Densité* $\times 10^3$	$\Delta\rho \times 10^3$	Densité* ramenée au SMOW $\times 10^3$	Moyenne pour l'échan- tillon	Écart par rapport à la moyenne (1967)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	8-6-67	997,774 9 <sub>5</sub>	+ 1,7 <sub>5</sub>	997,776 7	} 997,776 4	+ 0,4 $\times 10^{-3}$
	9	774 4 <sub>5</sub>	+ 1,7 <sub>5</sub>	6 1		- 0,2
2	13-6-67	772 8	+ 3,4	6 2	} 776 5	- 0,1
	14	773 4 <sub>5</sub>	+ 3,4	6 8		+ 0,5
3	16-6-67	772 1	+ 3,3			
4	23-6-67	774 4 <sub>5</sub>	+ 1,8	6 2	} 776 3 <sub>5</sub>	- 0,1
	27	774 8 <sub>5</sub>	+ 1,7	6 5		+ 0,2
5	24-10-67	772 1	+ 4,4	6 3	} 776 1 <sub>5</sub>	0,0
	25	771 6	+ 4,4	6 0		- 0,3
6	7-11-67	772 0 <sub>5</sub>	+ 4,4	6 4	} 776 1 <sub>5</sub>	+ 0,1
	8	771 5	+ 4,4	5 9		- 0,4
Moyenne (1967).....				997,776 3		
7	3-5-68	997,769 4	+ 4,8	997,774 2	} 997,774 9	
	4	770 8	+ 4,9	5 7		
8	21-5-68	770 2	+ 4,7	4 9	} 774 9	
	22	770 1 <sub>5</sub>	+ 4,7	4 9		
Moyenne (1968).....				997,774 9		

Les valeurs des colonnes 3 et 5 présentent de petites différences par rapport à celles du tableau publié dans le Rapport de 1967, p. 44; ces différences sont dues à l'amélioration des corrections de température et à une détermination plus précise de la composition du témoin intermédiaire du SMOW utilisé comme référence pour les analyses isotopiques.

\* Voir la note (1) p. 44.

confirme, il sera seulement nécessaire d'encadrer chaque mesure (ou série de mesures) par deux autres faites avec une eau « témoin » de composition moyenne.

Nous espérons pouvoir disposer prochainement d'eau particulièrement pauvre en isotopes lourds, recueillie à Thulé (Groënland), ce qui permettra d'étendre la gamme des échantillons étudiés.

### Gravimétrie (A. Sakuma, J.-M. Chartier)

#### Détermination absolue de $g$

L'année a été principalement consacrée à l'étude et à l'élimination des causes d'erreurs systématiques éventuelles et à diverses améliorations de l'appareil pour la mesure de  $g$ .

Une nouvelle série de mesures a été entreprise depuis août 1968. Bien que la réduction des dernières observations ne soit pas encore terminée, on peut déjà conclure que la nouvelle valeur obtenue pour  $g$  coïncide sensiblement avec celle mesurée l'an dernier.

#### Étalons de longueur

Nous utilisons précédemment pour les mesures interférentielles de longueur un photomultiplicateur Lallemand à 20 étages, à cathode césium-antimoine; son rendement quantique, pour la radiation étalon primaire, est faible: environ 1 %. Nous l'avons remplacé par un photomultiplicateur EMI 9 558 B, à 12 étages, à cathode tri-alkaline, dont le rendement quantique atteint 7 % pour la même radiation; le courant d'obscurité à 20 °C est environ 10 fois plus grand que le courant photoélectrique dont nous pouvons disposer, mais il est divisé par 1 000 en refroidissant le photomultiplicateur à - 70 °C. Grâce à ce nouveau récepteur on a réduit la dispersion des pointés des excédents fractionnaires à moins de la moitié de sa valeur antérieure; lorsque la température est bien stable, les mesures de longueur concordent à 1 nm près.

Nous en avons profité pour vérifier la valeur calculée de la correction due à l'obliquité des faisceaux passant par le diaphragme placé au centre du champ des anneaux devant le photomultiplicateur; cette correction atteint 80 nm, pour nos étalons de 0,8 m, avec le diaphragme habituellement utilisé. L'étude n'est pas encore terminée, mais il semble que cette correction calculée était trop élevée d'environ 10 nm dans les conditions où nous nous trouvons jusqu'ici.

L'installation a également été utilisée pour la mesure de la longueur d'onde de trois lasers He-Ne (voir p. 41). Cette mesure nous a permis, d'une part de confirmer définitivement que nos mesures de longueur ne contiennent pas d'erreur d'une frange entière, d'autre part de préciser dans quelle mesure la radiation laser pourrait être utilisée comme étalon de longueur, notamment dans un gravimètre absolu transportable.

Depuis la première détermination de sa longueur, en novembre 1965, l'étalon N° 2 a montré une certaine instabilité et une tendance à l'allongement (d'environ 60 nm). Un autre caractère inattendu de cet étalon a été décelé à l'occasion des mesures de dilatation (voir p. 37). Comme l'étalon N° 2 a été construit après l'étalon N° 1, en bénéficiant de l'expérience acquise,

il paraît difficile d'attribuer ce défaut de stabilité aux imperfections de l'assemblage.

Il a déjà été mentionné que la détermination des excédents fractionnaires par la méthode « des quatre pointés » utilise, dans notre montage, de petits déplacements d'un trièdre obtenus à l'aide d'un support en céramique piézoélectrique (Rapport 1965, p. 43). Ce dispositif présente l'avantage de ne donner naissance à aucune vibration; mais nous avons constaté une dérive lente de l'allongement piézoélectrique après l'application d'une tension fixe.

On a constaté qu'une polarisation préalable (65 V pour une tension finale de 27 V par exemple), appliquée pendant une ou deux secondes, supprime cette dérive. Avec cette méthode, les quatre positions sont reproductibles à mieux que 0,5 nm près, pour un déplacement total de 0,25  $\mu\text{m}$ .

#### *Influence des variations de la pression atmosphérique*

On avait déjà constaté expérimentalement que la dispersion des valeurs de  $g$  obtenues les jours de mauvais temps peut atteindre  $\pm 3$  ou  $4 \times 10^{-7}$   $\text{m/s}^2$ . Cette dispersion avait été attribuée aux microséismes de longue période (3 à 6 s) difficiles à mesurer avec notre sismomètre de fréquence propre 0,4 Hz.

Une autre cause, plus importante, a été récemment décelée: l'influence de la pression atmosphérique sur notre appareil, due à la structure particulière de nos deux caissons à vide (Rapport 1963, p. 44, fig. 8).

Le caisson horizontal, contenant les parties fixes de l'interféromètre de Michelson est posé sur un plateau stabilisé par asservissement (Rapports 1965, p. 43, fig. 10 b, et 1967, p. 48, fig. 3). Ce caisson est relié par deux soufflets extensibles au caisson vertical dans lequel est lancé le trièdre mobile. La présence des soufflets évite de transmettre au caisson horizontal les vibrations du caisson vertical, mais elle laisse subsister une action de la pression atmosphérique qui pousse les deux caissons l'un vers l'autre, verticalement, avec une force d'environ 30 N.

Si la pression atmosphérique varie, la variation de la force appliquée au caisson horizontal est interprétée par le dispositif d'asservissement comme une variation d'accélération, qu'il cherche à compenser par des déplacements du plateau stabilisé. Le calcul montre qu'une variation de pression de 1  $\text{N/m}^2$  (soit 7,5  $\mu\text{mHg}$ ) est détectée comme une accélération parasite de  $8 \times 10^{-7}$   $\text{m/s}^2$ . Cela a été vérifié à l'aide d'un baromètre électronique de haute sensibilité construit à cet effet. Nous avons été surpris de constater que, par grand vent, la pression barométrique peut varier, dans la salle de gravimétrie, de plus de 4  $\text{N/m}^2$  en une seconde.

Pour éliminer cette perturbation, on a installé entre les deux caissons une seconde paire de soufflets, identiques aux précédents, mais agissant en sens inverse, afin d'annuler les effets de la pression atmosphérique.

#### *Déformation des franges achromatiques*

La méthode schématisée figure 3 avait été envisagée, initialement, pour repérer le passage du trièdre mobile à plusieurs « stations ». Nous avons abandonné ce projet en pensant que la durée des trajets de la lumière dans l'étalon Perot-Fabry entraînerait une déformation des franges en fonction de la vitesse du trièdre mobile (Rapport 1962, p. 54). Cette prévi-

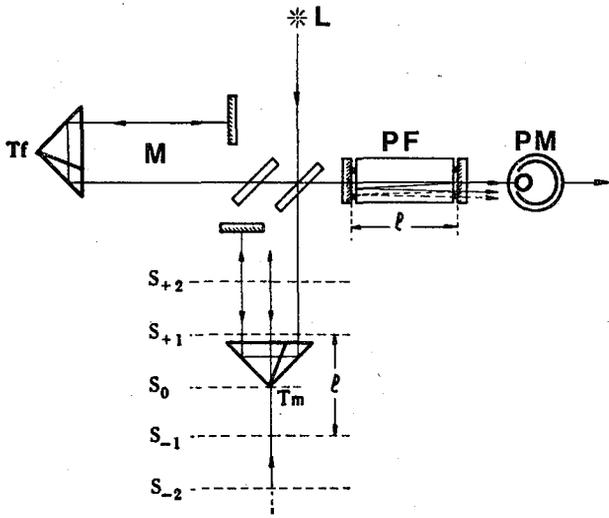


Fig. 3. — Combinaison d'un interféromètre de Michelson et d'un étalon de Perot-Fabry pour détecter le passage du trièdre mobile à plusieurs stations par observation de la frange achromatique.

L, Source de lumière blanche; Tf, Trièdre fixe; Tm, Trièdre mobile; M, Interféromètre de Michelson; PF, Étalon de Perot-Fabry; PM, Photomultiplicateur;  $S_{+2} \dots S_{-2}$ , Stations de passage.

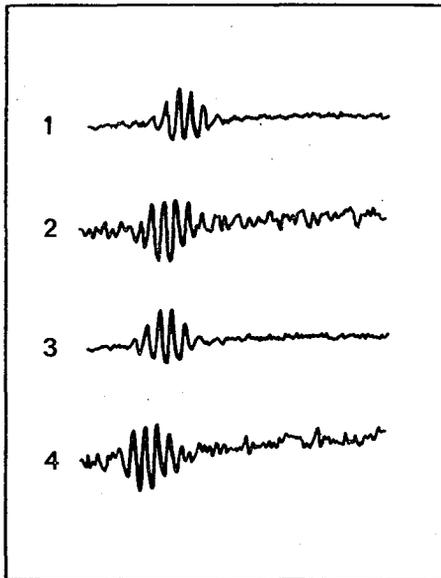


Fig. 4. — Enregistrements du passage à la frange achromatique.

1 et 2: montée; 3 et 4: descente.  
1 et 3: Michelson seul;  
2 et 4: Michelson et Perot-Fabry.

sion a été étudiée expérimentalement, en utilisant l'interféromètre de Michelson de la mesure de  $g$  et un étalon de Perot-Fabry de 1 m (facteur de transmission des miroirs  $\approx 0,2$ ).

La figure 4 reproduit quatre enregistrements du passage à la frange achromatique, simultanés deux à deux, obtenus à l'aide d'un oscilloscope à deux canons, au cours du mouvement libre du trièdre mobile. Les traces 1 et 2 correspondent au passage ascendant, les traces 3 et 4 au passage descendant; la vitesse est, dans les deux cas, de 3 m/s. Les traces 1 et 3 donnent le signal transmis, dans une bande passante de 100 MHz, par un photomultiplicateur placé derrière l'interféromètre de Michelson seul; les traces 2 et 4 sont fournies par un autre photomultiplicateur, placé derrière l'ensemble Michelson-Perot-Fabry, dans une bande passante de 25 MHz. La perte importante de lumière dans l'étalon Perot-Fabry entraîne un rapport signal/bruit peu élevé pour ces dernières traces. La frange achromatique semble bien déformée de la même façon dissymétrique sur les deux enregistrements, mais une analyse quantitative ne paraît pas possible dans ces conditions. Nous espérons pouvoir la mener à bien avec un montage plus sensible.

#### *Nouvelle série de mesures de $g$*

Vingt-cinq mesures ont été effectuées en août et septembre 1968; la moyenne des résultats donne comme nouvelle valeur de  $g$  au point de mesure (Rapport 1965, p. 41), point que nous désignerons dans la suite par « A2 » :

$$g_{A2} = 9,809\ 256\ 64\ \text{m/s}^2 \text{ (août-septembre 1968),}$$

l'écart-type d'une mesure étant  $\pm 0,000\ 000\ 19\ \text{m/s}^2$ .

La différence avec la valeur mesurée l'an dernier à la même époque (Rapport 1967, p. 50) est  $\Delta g_{68-67} = (-1,1 \pm 2,3) \times 10^{-7}\ \text{m/s}^2$  soit, en valeur relative,  $(-1,1 \pm 2,3) \times 10^{-8}$ .

Ce résultat ne permet pas encore une évaluation de la variation séculaire de  $g$ , mais il en donne une limite supérieure; entre juin 1967 et septembre 1968, l'ordre de grandeur de cette variation ne dépasse pas la dispersion actuelle de nos mesures ( $2 \times 10^{-8}$  en valeur relative); il n'atteint pas  $1 \times 10^{-7}$  par an (0,1 mGal par an), valeur souvent avancée à la suite d'études géophysiques diverses.

#### *Microséismes à longue période. Séismes*

La dispersion relative des résultats de 1968 (écart-type  $\pm 1,9 \times 10^{-8}$ ) est environ deux fois plus élevée que celle des résultats d'août 1967. Elle est due à une agitation excessive du sol: microséismes à longue période, de 3 à 7 s, liés aux mauvaises conditions météorologiques qui ont régné pendant cette saison (mi-août à fin septembre 1968). L'amplitude de ces microséismes atteignait souvent  $5\ \mu\text{m}$  de crête à crête, alors qu'elle est normalement de l'ordre de  $0,5\ \mu\text{m}$  à cette époque favorable de l'année. Il a été très difficile de choisir des instants convenables pour le lancement du trièdre pendant toute cette période.

Une amélioration de l'asservissement de la table stabilisée a été entreprise pour lutter contre ces microséismes; le sismomètre interférentiel sera

également remplacé par un autre de période beaucoup plus longue (35 s).

Une vingtaine de séismes en divers points du globe ont été enregistrés pendant la même période; nous avons plusieurs fois dû interrompre pendant deux ou trois heures les mesures en cours. L'étude statistique de nos mesures montre que l'onde principale des séismes « intercontinentaux » (magnitude  $> 7$  par exemple) produit une perturbation très importante de la pesanteur, pouvant atteindre  $\pm 5 \times 10^{-6}$  en valeur relative (soit  $\pm 5$  mGal), liée à la composante verticale des mouvements du sol, dont l'amplitude peut atteindre 1 mm, de crête à crête, avec une période de l'ordre de 20 s. Une perturbation de  $g$ , décroissante en fonction du temps, s'étendant sur environ trois heures, a été détectée, très nettement, par notre gravimètre absolu à la suite d'un tremblement de terre survenu au Japon (séisme de Hyuganada, magnitude 7,5-7,6, à 00 h 40 min T.U., le 1<sup>er</sup> avril 1968).

#### *Liaison gravimétrique intercontinentale (J. E. Faller\*)*

Après avoir mesuré l'intensité de la pesanteur au N.B.S. (Gaithersburg) et au N.P.L. (Teddington), J. E. Faller, professeur à la Wesleyan University (Conn., U.S.A.), et deux de ses collaborateurs sont arrivés à Sèvres le 25 juillet 1968 avec leur gravimètre absolu. Ce gravimètre utilise la chute libre dans le vide, sur environ 1 m, d'un miroir trièdre trirectangle; les distances parcourues sont mesurées par comptage de franges d'interférence; la source de lumière est un laser He-Ne stabilisé. L'appareil a été installé sur le pilier « Sèvres, point A » par J. E. Faller et son équipe; il y est resté jusqu'au 4 août 1968. Les mesures ont porté sur environ 3 000 chutes. La réduction des observations a pu être faite au fur et à mesure sur l'ordinateur du Bureau (après traduction du programme), mais le résultat définitif n'est pas encore connu <sup>(2)</sup>.

Cette expérience a assuré pour la première fois la liaison gravimétrique entre les continents américain et européen avec un instrument absolu; elle a permis aussi la comparaison la plus directe qui soit entre deux gravimètres absolus différents.

#### *Matériel*

Les principaux appareils acquis au cours de cette année sont les suivants :

- un générateur d'impulsions 0-100 MHz (type 1394, General Radio Company, U.S.A.);
- un préamplificateur à deux voies (type 7806, Fairchild, U.S.A.);
- un sismomètre vertical à longue période, période maximale 35 s (type S-18, Press-Ewing, Geotech. Texas, U.S.A.);
- un comparateur capacitif de haute sensibilité: 10 nm/mV (E.M.I., France);
- un groupe frigorifique à fréon (Sapratin, France);
- un photomultiplicateur miniature (type 8 571, R.C.A., U.S.A.);
- un laser quasi-monomode (modèle 200, University Laboratories, U.S.A.).

---

<sup>(2)</sup> Le résultat provisoire des mesures de J.E. Faller donne pour « Sèvres A » la valeur  $9,809\,259\,5 \pm 0,000\,001$  m/s<sup>2</sup>, alors que la valeur que nous avons obtenue en août-septembre 1968, ramenée à « Sèvres A », donne  $9,809\,259\,64 \pm 0,000\,000\,19$  m/s<sup>2</sup>.

## Thermométrie

### *Thermomètres à résistance de platine*

L'un des deux thermomètres Tinsley à résistance de platine achetés en 1967 ayant subi un dommage au cours d'un chauffage à 630 °C (deux spires se sont soudées) a été retourné à son constructeur qui a préféré nous l'échanger contre un thermomètre neuf. Avant de nous être livré celui-ci a été étalonné au N.P.L. à Teddington.

Trois autres thermomètres Tinsley ont été commandés.

### *Réalisation de l'Échelle Internationale Pratique de Température (J. Bonhoure, G. Girard)*

La réalisation de cette Échelle dans le domaine des températures s'étendant du point triple de l'eau au point de congélation de l'or est maintenant presque terminée. Afin de poursuivre le projet de détermination de la température thermodynamique du point de congélation de l'or par une méthode pyrométrique (Rapport 1965, p. 45), il est nécessaire de disposer de thermocouples Pt/Pt-Rh 10 % étalonnés. Cela nous a conduit à réaliser en priorité les points de congélation de l'argent et de l'or, et à effectuer la comparaison des thermocouples au thermomètre à résistance au voisinage de 630,5 °C.

*Points de congélation de l'argent et de l'or.* — Les deux fours à cinq enroulements de chauffage indépendants, construits en 1966 suivant les indications de J. A. Hall, ont été modifiés de façon à pouvoir maintenir sous atmosphère d'argon les creusets en graphite contenant l'argent ou l'or; l'accident survenu antérieurement à un creuset au point de congélation du zinc a montré que cette protection du graphite était indispensable; elle évite également l'absorption d'oxygène par l'argent en fusion. L'alimentation électrique des fours est assurée par un groupe mobile, que nous avons réalisé avec un régulateur de tension Sorensen 250 V, 3 kVA, un transformateur à sorties multiples échelonnées et cinq transformateurs continûment variables; le réglage des différences de potentiel aux bornes des résistances de chauffage est ainsi rendu possible à quelques millièmes près, ce qui permet d'ajuster la température d'un four à une valeur prédéterminée avec une bonne précision.

La recherche de la meilleure répartition des températures suivant l'axe vertical des fours a été faite en l'absence de creuset et, grâce à la grande souplesse qui résulte des cinq enroulements de chauffage indépendants, on a pu obtenir une uniformité de  $\pm 0,1$  K sur une longueur de 23 cm englobant toute la partie centrale destinée à recevoir le creuset; la présence du lingot d'argent ou d'or doit encore améliorer l'uniformité de température.

Des difficultés sont apparues avec la durée de vie des fours qui, jusqu'à maintenant, n'a pas dépassé 800 h à la suite de la rupture du fil de faible section utilisé pour deux des enroulements; cette durée de vie est très courte quand on sait que la constante de temps des fours dans le domaine compris entre 800 et 1 000 °C est de 13 h 30, qu'elle est plus grande encore à température plus basse, et qu'un cycle complet pour réaliser un point de congélation demande ainsi environ 250 h. Des modifications seront apportées aux fours pour tenter de remédier à ces difficultés; on espère atteindre une durée de vie de 1 500 h.

Le remplissage d'un creuset d'argent et d'un creuset d'or avec des métaux de grande pureté fournis par Johnson-Matthey est terminé; on a déjà obtenu des paliers de fusion et de congélation de l'ordre de 30 min concordant à 0,01 ou 0,02 K, mais cette étude doit se poursuivre en faisant varier les vitesses d'échauffement et de refroidissement ainsi que la profondeur d'immersion du thermocouple de contrôle.

*Thermocouples étalons.* — Cinq thermocouples platine/platine rhodié à 10 %, précédemment construits et recuits au Bureau International, ont été étalonnés à deux reprises à 630,5 °C par comparaison au thermomètre à résistance de platine. L'accord entre les deux étalonnages est satisfaisant pour quatre des thermocouples, mais le manque d'homogénéité mis en évidence par des mesures à des profondeurs d'immersion différentes limite la précision du thermocouple étalon à  $\pm 0,05$  K; le cinquième thermocouple, en dépit d'un nouveau recuit de 116 heures à 1 070 °C, conserve une incertitude un peu plus grande. Des fils de métaux purs (platine, platine rhodié à 10 %, argent, palladium) ont été achetés chez Johnson-Matthey pour pouvoir construire éventuellement d'autres thermocouples.

Le four horizontal utilisé pour ces comparaisons présentait une très bonne uniformité de température dans sa partie centrale ( $\pm 0,05$  K sur 22 cm), mais la répartition de température dans les extrémités était anormalement dissymétrique; ce four a été reconstruit et son isolement thermique a été amélioré.

*Point de congélation du zinc.* — Nous avons également reconstruit le four affecté au point de congélation du zinc, accidentellement détruit en 1967, et amélioré son isolement thermique. Un nouveau creuset en graphite contenant du zinc de très grande pureté nous a été offert par l'Istituto Termometrico Italiano, laboratoire auquel nous exprimons nos remerciements. Nous pensons pouvoir utiliser ce même four pour réaliser le point de congélation de l'étain que l'on peut utiliser à la place du point d'ébullition de l'eau.

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

Cette étude, pour laquelle l'installation de mesure est achevée, a été totalement interrompue en attendant les étalonnages nécessaires des thermocouples et du filtre interférentiel.

#### *Études courantes de thermomètres à mercure (G. Girard, C. Garreau)*

— Huit thermomètres pour la Société Genevoise d'Instruments de Physique et cinq thermomètres (en cours d'étude) pour la section d'Électricité du Bureau International.

— Comparaisons, autour de 20 °C, de quatre thermomètres du type calorimétrique pour la Société Anonyme Belge de Constructions Aéronautiques à Bruxelles.

#### **Manométrie (J. Bonhoure, G. Girard)**

Le manobaromètre interférentiel a été utilisé pour l'étude de deux jauges fabriquées par Texas Instruments (États-Unis) et appartenant au Laboratoire National d'Essais (France). Ce type de jauge est constitué d'une

hélice creuse de quartz mise en communication avec la pression à mesurer, tandis que l'enceinte extérieure contenant l'hélice est reliée à une pompe à vide. Les deux jauges avaient des étendues de mesure de 0-40 000 et 0-135 000 N/m<sup>2</sup>. Les résultats obtenus ne sont pas parfaitement satisfaisants et confirment les observations faites sur une jauge que nous avait précédemment prêtée l'importateur en France; il existe en effet, après un cycle de mesure des pressions, un phénomène d'hystérésis dans la déformation de l'hélice. A la suite de ces premières constatations, le Laboratoire National d'Essais a décidé d'effectuer une étude systématique pour rechercher les meilleures conditions d'emploi de ces jauges.

Le manobaromètre interférentiel a également été utilisé pour contrôler l'étalonnage des deux baromètres Fuess du B.I.P.M. Les corrections moyennes calculées pour le domaine des pressions comprises entre 99 000 et 103 000 N/m<sup>2</sup> confirment les valeurs précédemment admises, dans les limites de précision de ces appareils, c'est-à-dire  $\pm 3$  N/m<sup>2</sup> environ.

Ajoutons enfin que nous disposons maintenant d'un programme en langage Fortran pour effectuer les calculs de réduction des pressions à partir des lectures faites au manobaromètre interférentiel.

## Électricité (G. Leclerc)

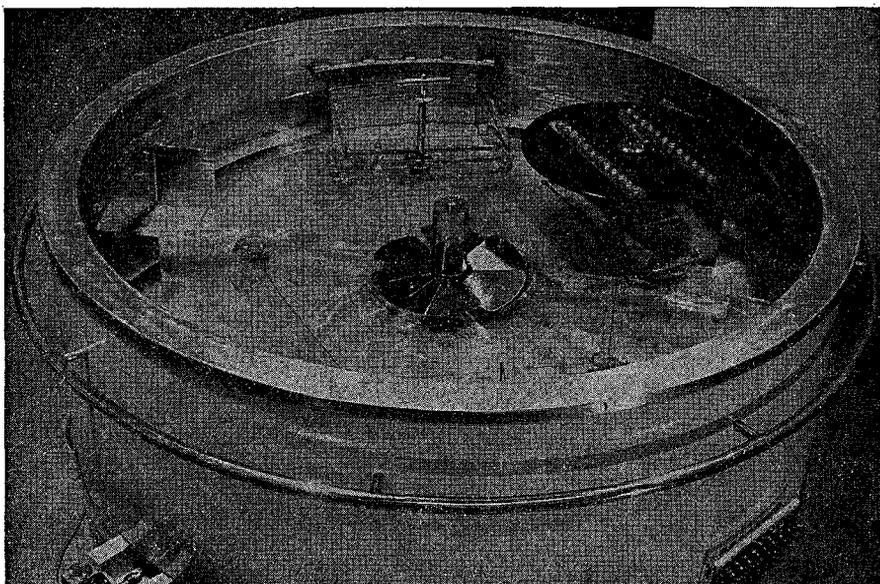
### Équipement

La salle principale d'électricité (salle 15) a été rénovée, réaménagée et équipée d'une prise de terre pour les mesures.

La cuve construite en 1936 pour conserver et comparer les étalons de force électromotrice du B.I.P.M. se révélant trop petite pour contenir l'ensemble des piles que nous souhaitons désormais y plonger simultanément (piles principales et secondaires du Bureau, groupes tares et piles en cours d'étude), nous avons fait construire par l'atelier du Bureau un nouveau bain d'huile plus vaste (*fig. 5 a et b*). Cette nouvelle cuve bénéficie de quelques perfectionnements. On pourra, par exemple, permuter rapidement les piles étudiées, par un simple mouvement de rotation; on contrôlera ainsi l'uniformité de la température du bain. La cuve proprement dite repose, par l'intermédiaire d'amortisseurs en caoutchouc, sur un bâti très robuste; pour éviter de transmettre des vibrations aux piles, le dispositif de brassage du bain d'huile est fixé à ce bâti. La vitesse de rotation du moteur est invariable (84 tours par minute), mais on pourra modifier la vitesse des courants d'huile en agissant sur l'inclinaison des pales de l'hélice. Pendant les mesures la cuve restera fermée. D'un volume d'environ 270 litres, elle pourra contenir 120 piles. La température sera mesurée au moyen d'un thermomètre à résistance de platine et de couples thermoélectriques.

Cette nouvelle cuve est également pourvue d'un dispositif de chauffage électrique et d'un serpentin réfrigérant.

Pour fabriquer des instruments « de passage » et réaliser des montages divers, nous avons acheté douze résistances de 10 000  $\Omega$  et vingt-deux résistances de 500 000  $\Omega$  (Electro Scientific Industries, États-Unis); il s'agit de résistances en fil de haute qualité, ayant subi un traitement thermique stabilisateur, ajustées à  $1 \times 10^{-5}$  près et dont les coefficients de température sont tous inférieurs à  $1 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ .



5a

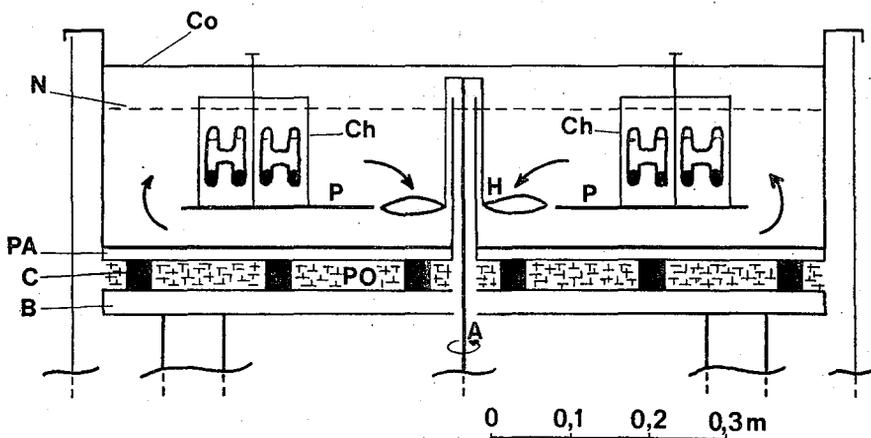


Fig. 5a et b. — Cuve à bain d'huile de paraffine pour la comparaison des piles étalons.

A, arbre d'entraînement de l'hélice de brassage; B, bâti; C, amortisseurs en caoutchouc; Ch, chevalets supportant les piles; Co, couvercle en plexiglas recouvrant la cuve; H, hélice pour le brassage du bain d'huile; P, plancher en plexiglas; PA, plaque en duralumin; N, niveau de l'huile de paraffine dans la cuve; PO, isolement thermique en polystyrène expansé.

*Comparaisons périodiques des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice*

Les 11<sup>e</sup> comparaisons, effectuées en 1967, ont rassemblé à Sèvres les étalons représentatifs de dix laboratoires nationaux (non compris le B.I.P.M.). Elles ont fait l'objet de deux rapports détaillés publiés dans *Comité Consultatif d'Électricité*, 12<sup>e</sup> session, 1968 et ont conduit aux résultats suivants :

TABLEAU II  
*Écarts des unités nationales de résistance électrique par rapport à l'unité conservée par le BIPM ( $\Omega_{\text{BIPM}}$ )*

	Comparaison 1967	Variations depuis 1964
Allemagne { [D.A.M.W.] .....	$\Omega_{\text{BIPM}} - 0,4 \mu\Omega$	+ 3,4 $\mu\Omega$
	{ [P.T.B.] .....	+ 0,3
Amérique (États-Unis d') [N.B.S.] .....	- 0,2	+ 0,1
Australie [N.S.L.] .....	- 3,6	- 0,1
Canada [N.R.C.] .....	- 2,9	+ 1,1
France [L.C.I.E.] .....	- 12,2	- 3,0
Italie [I.E.N.] .....	+ 0,9	+ 0,7
Japon [E.T.L.] .....	+ 0,1	+ 0,4
Royaume-Uni [N.P.L.] .....	- 3,5	0
U.R.S.S. [I.M.M.] .....	- 0,5	+ 0,4

Aux incertitudes de mesure près, les résultats de 1967 confirment les dérives relatives des unités nationales par rapport à  $\Omega_{\text{BIPM}}$  constatées depuis une dizaine d'années (cf. *Comité Consultatif d'Électricité*, 11<sup>e</sup> session, 1965, p. E 26, Tableau VI). La régularité de l'évolution est même remarquable dans certains cas.

Les valeurs de  $\Omega_{\text{BIPM}}$  en unité absolue déduites des déterminations effectuées par le N.S.L. en 1964 et en 1967, à savoir

$$\text{en janvier 1964 : } \Omega_{\text{BIPM}} = \Omega - 0,03 \mu\Omega$$

$$\text{en février 1967 : } \Omega_{\text{BIPM}} = \Omega - 0,17 \mu\Omega$$

sont satisfaisantes à deux points de vue; elles montrent que  $\Omega_{\text{BIPM}}$  est aussi bien ajusté qu'on pouvait le souhaiter, c'est-à-dire à  $10^{-6}$  près; elles font apparaître ensuite une excellente stabilité du groupe de référence du

TABLEAU III  
*Écarts des unités nationales de force électromotrice par rapport à l'unité conservée par le BIPM ( $V_{\text{BIPM}}$ )*

	Comparaison 1967	Variations depuis 1964
Allemagne { [D.A.M.W.] .....	$V_{\text{BIPM}} - 6,8 \mu\text{V}$	- 2,5 $\mu\text{V}$
	{ [P.T.B.] .....	+ 0,8
Amérique (États-Unis d') [N.B.S.] .....	- 2,6	- 0,4
Australie [N.S.L.] .....	+ 5,2	- 0,3
Canada [N.R.C.] .....	- 3,0	- 1,3
France [L.C.I.E.] .....	- 4,9	- 1,8
Italie [I.E.N.] .....	- 0,9	- 1,7
Japon [E.T.L.] .....	- 2,7	+ 0,8
Royaume-Uni [N.P.L.] .....	+ 2,6	- 0,5
U.R.S.S. [I.M.M.] .....	+ 8,4	+ 0,6

B.I.P.M., stabilité que nous avons d'ailleurs mise en évidence au cours des études poursuivies depuis plusieurs années sur des étalons en métaux purs (Rapport 1966, pp. 55-57).

La précision des mesures de rattachement des unités de force électromotrice conservées par les divers laboratoires à l'unité conservée par le B.I.P.M. est limitée par les variations aléatoires consécutives au transport des piles; il est donc difficile de mettre en évidence des évolutions régulières. Il semble cependant que la plupart des unités diminuent par rapport à  $V_{BIPM}$ , ce qui nous fait craindre une augmentation de  $V_{BIPM}$  avec le temps. Or  $V_{BIPM}$  paraît déjà supérieur à sa valeur théorique d'environ  $11 \times 10^{-6}$ ; il semble par conséquent souhaitable de le corriger prochainement.

*Étalons de résistance de 1 Ω en alliage or-chrome et en manganine spéciale*

Les résultats obtenus avec ces étalons sont assez décevants.

Il semble qu'à long terme la résistance de l'alliage or-chrome finisse toujours par diminuer, même lorsque, pendant les années qui suivent leur fabrication, certains étalons ont une résistance qui croît. Dans ce dernier cas, le maximum de la courbe d'évolution peut être très plat et donner pendant quelques années l'illusion de la stabilité. Cinq des huit étalons que nous possédons ont évolué de cette façon; les trois autres, dont la résistance fut toujours décroissante (peut-être parce qu'elle était passée par un maximum auparavant), continuent à diminuer régulièrement (fig. 6 et 7).

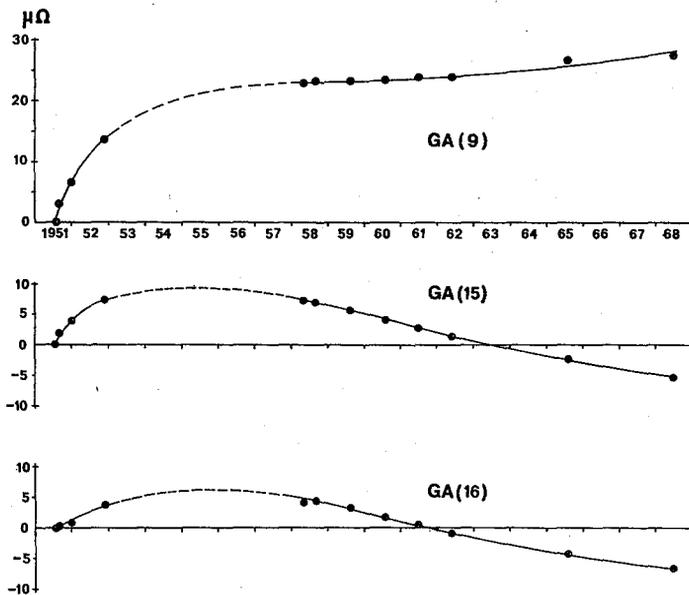


Fig. 6. — Évolution depuis 1951 de la résistance à 20 °C d'étalons de 1 Ω en alliage or-chrome.

Quant à l'étalon en manganine spéciale (avec germanium), sa résistance augmente régulièrement avec le temps (d'environ  $0,4 \mu\Omega/\text{an}$ ) comme le montre la figure 8.

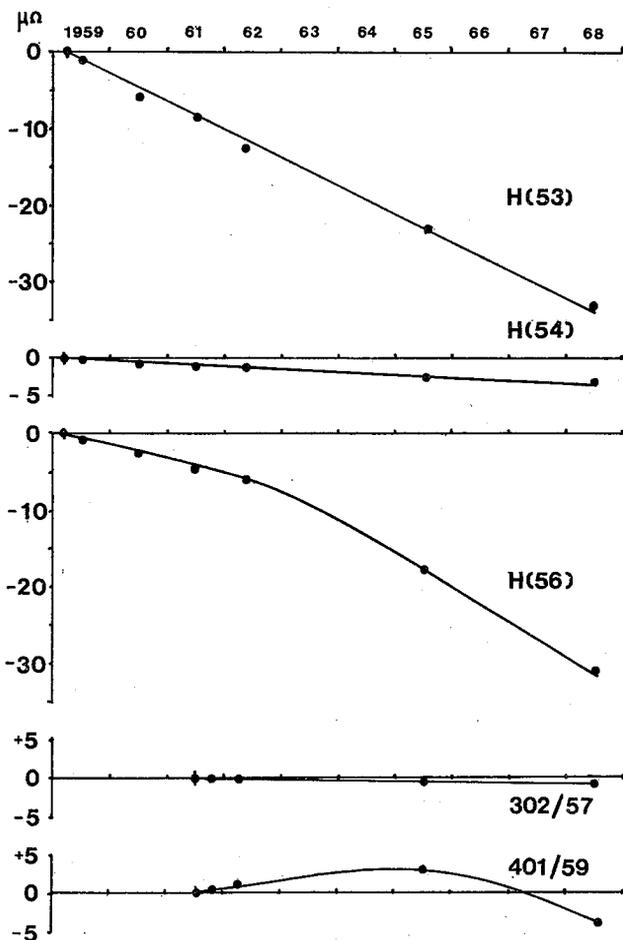


Fig. 7. — Évolution depuis 1959 et 1961 de la résistance à 20 °C d'étalons de 1 Ω en alliage or-chrome.

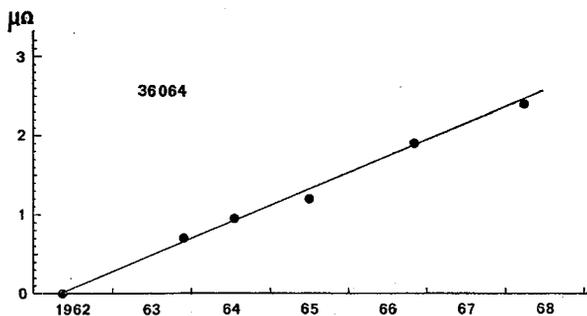


Fig. 8. — Évolution de la résistance à 20 °C de l'étalon de 1 Ω N° 36064 en manganine spéciale (avec germanium).

mai	1962	0,999 821 9 Ω	juillet	1965	0,999 823 1 Ω
octobre	1963	822 6	novembre	1966	823 8
juillet	1964	822 8 <sub>5</sub>	mars	1968	824 3

### *Dispositif de transfert à diodes de Zener*

Nous avons eu l'occasion d'étudier à deux reprises un second montage à diodes de Zener aimablement mis à notre disposition par la P.T.B. Les résultats obtenus pour la tension de sortie, à  $20 \pm 0,05$  °C, sont les suivants :

18 janvier — 7 mars 1968	8,428 06 <sub>0</sub> V <sub>BIPM</sub>
10 — 24 juin 1968	8,428 07 <sub>6</sub>

Bien que ces résultats ne soient connus qu'à quelques unités du dernier chiffre inscrit, leur différence dépasse l'incertitude des mesures; il semble donc que la tension augmente avec le temps. Au cours des sept semaines de la première série de mesures nous avons constaté aussi que la tension diminuait pendant la durée des mesures, bien que celles-ci fussent régulièrement entreprises une demi-heure après mise sous tension du montage; la diminution atteignait parfois  $2 \times 10^{-5}$  V au bout de 30 min. En réduisant la durée de nos observations nous avons, par la suite, limité la variation de la tension mesurée à  $5 \times 10^{-6}$  V.

### *Étalons en dépôt au B.I.P.M.*

Tous les étalons de résistance et de force électromotrice en dépôt au Bureau International pour constituer ses groupes de référence et de réserve ont été étudiés, en particulier les piles récemment déposées à Sèvres par plusieurs laboratoires nationaux pour renouveler le groupe fondamental du Bureau.

A l'occasion de l'étalonnage des étalons de valeurs multiples de l'ohm, nous avons contrôlé à nouveau les qualités de l'instrument de passage de 1 à 100  $\Omega$  du N.S.L. (Australie) et étudié à deux reprises, en novembre 1967 et en juin-juillet 1968, l'instrument de passage de 100 à 10 000  $\Omega$  déposé par l'E.T.L. (Japon). Bien qu'il soit difficile de connaître avec certitude la température de l'instrument japonais lorsqu'il est traversé par un courant, la petitesse de ses coefficients de température ( $\alpha = +0,22 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ ;  $\beta = -0,536 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}^2$ ) rend cet inconvénient négligeable.

La résistance des bobines de 1 000  $\Omega$  qui constituent l'instrument japonais a diminué en moyenne de  $1 \times 10^{-6}$  en un an, tandis que celle des bobines de 10  $\Omega$  qui constituent l'instrument australien augmente régulièrement, depuis 10 années, d'environ  $0,5 \times 10^{-6}$  par an.

### *Études courantes*

En dehors des contrôles et des étalonnages des instruments utilisés par les autres sections du Bureau, nous avons étudié une douzaine de piles et une dizaine d'étalons de résistance de diverses valeurs (Institut de Métrologie de la Roumanie, Bucarest; Urad pro Normalizaci, Praha; Bureau Fédéral des Poids et Mesures Suisse, Wabern; Centre d'Essais en Vol et Centre National d'Études Spatiales, Brétigny, France).

### *Réduction des observations (J. Milobedzki)*

Tous les calculs de réduction des observations sont désormais effectués par l'ordinateur du B.I.P.M., qu'il s'agisse de mesures de résistance ou de

force électromotrice. Seuls sont encore faits à la main quelques vérifications et les calculs finaux.

#### *Comparaisons internationales circulaires*

Ces comparaisons ne progressent pas comme prévu par suite d'immobilisations excessives des étalons voyageurs dans certains laboratoires; ces immobilisations risquent de diminuer l'intérêt des résultats obtenus par les laboratoires qui ont déjà participé aux mesures. Le Bureau International éprouve aussi quelques difficultés à diffuser aux laboratoires, suivant les recommandations du Comité Consultatif d'Électricité et du Comité International, les résultats des mesures déjà effectuées, ces résultats ne lui étant pas toujours communiqués.

Actuellement la situation est la suivante :

*Comparaison circulaire des étalons de capacité au mica de 0,1  $\mu$ F* (2<sup>e</sup> partie). — Les quatre condensateurs voyageurs sont finalement revenus le 3 mai 1968 à l'Institut de Métrologie D.I. Mendéléev (d'où ils étaient partis en octobre 1965) après avoir été mesurés successivement au N.R.C., au N.B.S., une seconde fois au N.R.C., au N.S.L., à l'E.T.L. et à l'I.E.N.

Nous pensons que les résultats de cette comparaison et les conclusions qu'ils appellent pourront être présentés au C.C.E. à sa session d'octobre 1968.

*Comparaison circulaire des étalons de capacité de 10 pF.* — Au cours des deux premiers cycles, les trois étalons voyageurs ont effectué les circuits suivants

NBS  $\rightarrow$  NRC  $\rightarrow$  NPL  $\rightarrow$  NBS  
et NBS  $\rightarrow$  NSL  $\rightarrow$  BIPM  $\rightarrow$  ETL  $\rightarrow$  NBS

Ces circuits ont été exécutés rapidement en respectant à peu près les calendriers établis. Un nouveau circuit est en cours.

*Comparaisons circulaires dans le domaine des radiofréquences.* — a. Instruments de mesure de puissance à 10 GHz : apparemment aucun progrès n'a été enregistré depuis le Rapport de 1967. Les instruments semblent être toujours à Budapest au Research Institute for Telecommunications.

b. Instruments de mesure de puissance à 3 GHz : après un début assez lent, cette comparaison progresse bien. Après avoir été étudiés au N.B.S. (laboratoire pilote), au N.R.C., à l'I.M.M. et au D.A.M.W., les instruments sont arrivés à l'E.T.L. le 11 juin 1968. Dès que ce laboratoire aura terminé ses mesures, les instruments seront renvoyés pour contrôle au laboratoire pilote qui pourra donc faire connaître prochainement les résultats de la comparaison.

c. Paramètres diélectriques à 10 GHz : cette comparaison à laquelle ne participent que trois laboratoires, N.B.S., N.R.C. et I.M.M., sera sans doute bientôt terminée et ses résultats connus.

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

La rénovation des installations du laboratoire de photométrie, mentionnée dans le Rapport 1967, p. 59, a été complétée par divers aména-

gements concernant le dispositif d'assèchement de l'air (notamment par le remplacement du groupe frigorifique usagé par l'ancien groupe, rendu disponible, du conditionnement d'air de la salle 2). On a donc pu, dès septembre 1967, se consacrer à la préparation de la 5<sup>e</sup> comparaison des étalons nationaux d'intensité et de flux lumineux, qui n'a toutefois effectivement commencé qu'en août 1968.

#### *Installations de mesure*

On a d'abord procédé à l'étalonnage de tous les appareils électriques de mesure, ce qui a conduit à apporter des améliorations à certains équipements et en particulier à réajuster les chaînes de résistances des réducteurs de tension. Mais on s'est surtout attaché à vérifier les deux points suivants :

— Équivalence des alimentations stabilisées et des accumulateurs : nous disposons maintenant de deux alimentations stabilisées (32 V, 30 A) et, avant de les utiliser couramment pour l'alimentation des lampes étalons, nous avons contrôlé leur « équivalence » avec les accumulateurs employés jusqu'à présent; une même lampe, connectée alternativement aux accumulateurs et à deux alimentations stabilisées montées en série, a montré des écarts tout à fait négligeables sur les moyennes de plusieurs lectures (0,003 % sur l'intensité de courant et 0,01 % sur l'intensité lumineuse).

— Identité des deux circuits électriques d'alimentation des lampes étalons : les étalons d'intensité lumineuse utilisés au cours de la comparaison internationale nécessitent un allumage préalable à toute mesure de 12 ou 15 min suivant le type de lampe; de sorte que, si l'on veut pouvoir faire une série de comparaison de quinze lampes dans une même journée suivant le plan d'organisation des mesures prévu, il est nécessaire d'effectuer simultanément la mesure d'une lampe et le préallumage de la lampe suivante. Pour cela il faut utiliser les deux circuits d'alimentation disponibles et, si on ne veut pas éteindre les lampes ne serait-ce que quelques secondes au cours du préallumage, on est conduit à comparer des lampes qui ne sont pas contrôlées sur un même circuit. Il devient donc nécessaire que les deux circuits d'alimentation soient aussi identiques que possible; l'examen effectué avec trois lampes n'a pas fait apparaître d'écart systématique.

#### *Sphère lumenmètre*

Le revêtement intérieur de la sphère, vieux de plus de dix ans, présentait des variations locales d'uniformité importantes; il a été refait. La préparation de la surface intérieure de la sphère a été confiée à une entreprise spécialisée; seul le revêtement photométrique a été effectué par nos soins. Les compositions des différentes couches de peinture appliquées au pistolet à air comprimé sont les mêmes qu'en 1955 : mélanges de carboxyméthylcellulose (CMC) et d'oxyde de titane pour les premières couches, puis de CMC et d'oxyde de zinc pour les couches finales. Les propriétés du revêtement blanc obtenu ont été étudiées par mesure directe sur la sphère de 1,54 m de diamètre, et non comme précédemment sur des échantillons. Le facteur spectral de réflexion  $\rho(\lambda)$  a été déterminé pour huit longueurs d'onde; les valeurs obtenues sont satisfaisantes :

$\lambda$ (nm) .....	420	450	480	500	550	600	650	700
$\rho$ (%) .....	86	88	89	89,6	90,0	90,0	90,2	90,4

Un contrôle de l'uniformité du revêtement a également donné de bons résultats. Par contre la diffusion n'a pas été étudiée; on peut en effet considérer que si les interrélflexions sont nombreuses, c'est-à-dire si le facteur de réflexion est suffisamment élevé, les petits écarts à la loi du cosinus sont de peu d'importance.

### Études courantes

Dix-huit lampes ont été réglées en température de répartition et étalonnées pour l'Office National des Mesures (Hongrie), l'Urad pro Normalizaci (Tchécoslovaquie) et le Laboratoire Central d'Électricité (Belgique).

En outre quarante-deux lampes de trois types différents, acquises par le Bureau International, ont été contrôlées en température de répartition et étalonnées; une sélection ultérieure a permis de constituer les trois groupes de sept lampes qui forment les étalons de référence du B.I.P.M. dans la 5<sup>e</sup> comparaison internationale.

### Rayons X et $\gamma$

*Comparaisons de chambres d'ionisation (étalons d'exposition) dans le domaine des rayons X mous (M. Boutillon\*)*

Des comparaisons ont eu lieu en février-mars 1968 au B.I.P.M. entre les étalons d'exposition du Rijks Instituut voor de Volksgezondheid (R.I.V., Pays-Bas) et du Bureau International. Les conditions expérimentales sont les mêmes qu'en 1966, lors des comparaisons entre les étalons du N.B.S., du N.R.C. et du B.I.P.M. (cf. *Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 35, 1967, p. 67).

Les dimensions principales des étalons (chambres d'ionisation à parois d'air) sont données dans le tableau IV. Le rapport des débits d'exposition mesurés avec les deux étalons est donné par la relation :

$$\frac{(\Delta X/\Delta t)_{\text{BIPM}}}{(\Delta X/\Delta t)_{\text{RIV}}} = \frac{C(\Delta V/\Delta t)_{\text{BIPM}}}{C(\Delta V/\Delta t)_{\text{RIV}}} \frac{v_{\text{RIV}}}{v_{\text{BIPM}}} \frac{(K_{\text{sc}} \cdot K_{\text{e}} \cdot K_{\text{s}} \cdot K_{\text{d}} \cdot K_{\text{f}} \cdot K_{\text{l}} \cdot K_{\text{p}} \cdot K_{\text{h}})_{\text{BIPM}}}{(K_{\text{sc}} \cdot K_{\text{e}} \cdot K_{\text{s}} \cdot K_{\text{d}} \cdot K_{\text{f}} \cdot K_{\text{l}} \cdot K_{\text{p}} \cdot K_{\text{h}})_{\text{RIV}}}$$

où

$\Delta t$  temps nécessaire pour obtenir une charge  $C\Delta V$  aux bornes du condensateur de mesure;

$v$  volume de mesure;

$K_{\text{sc}}$  facteur de correction pour le rayonnement diffusé par l'air;

$K_{\text{e}}$  facteur de correction pour le manque d'espacement entre les plaques;

$K_{\text{s}}$  facteur de correction pour le manque de saturation;

$K_{\text{d}}$  facteur de correction pour l'inhomogénéité du champ électrique dans la zone du volume de mesure;

$K_{\text{f}}$  facteur de correction pour l'effet de polarité;

$K_{\text{l}}$  facteur de correction pour le rayonnement qui traverse les bords du diaphragme;

$K_{\text{p}}$  facteur de correction pour le rayonnement parasite;

$K_{\text{h}}$  facteur de correction pour l'humidité.

Les valeurs numériques de ces différents facteurs de correction sont données dans le tableau V.

TABLEAU IV

*Dimensions principales (en cm) des chambres d'ionisation étalons*

	BIPM	RIV
Espacement entre les plaques .....	7,0	4,0 <sub>2</sub>
Hauteur de la plaque collectrice .....	7,1	5,2
Largeur de la plaque collectrice .....	1,546 <sub>6</sub>	1,001 8 <sub>3</sub>
Diamètre du diaphragme .....	0,499 9 <sub>2</sub>	0,499 6 <sub>5</sub>
Distance entre le diaphragme et le centre du volume de mesure .	10,00	3,8 <sub>5</sub>

TABLEAU V

*Facteurs de correction relatifs aux chambres d'ionisation étalons*

	10 kV		30 kV		50 kV	
	BIPM	RIV	BIPM	RIV	BIPM	RIV
$K_{sc}$ .....	0,99 <sub>4</sub>	0,99 <sub>6</sub>	0,99 <sub>6</sub>	0,99 <sub>7</sub>	0,99 <sub>7</sub>	0,99 <sub>8</sub>
$K_e$ .....	1,000 <sub>0</sub>	1,000 <sub>0</sub>	1,000 <sub>0</sub>	1,000 <sub>0</sub>	1,00 <sub>0</sub>	1,00 <sub>5</sub>
$K_s$ .....	1,001 <sub>0</sub>	1,000 <sub>4</sub>	1,001 <sub>1</sub>	1,000 <sub>4</sub>	1,000 <sub>6</sub>	1,000 <sub>4</sub>
$K_d$ .....	1,00 <sub>0</sub>					
$K_f$ .....	1,000 <sub>1</sub>	0,998 <sub>7</sub>	1,000 <sub>2</sub>	0,998 <sub>7</sub>	1,000 <sub>2</sub>	0,998 <sub>2</sub>
$K_1$ .....	1,000 <sub>0</sub>	1,000 <sub>0</sub>	1,000 <sub>0</sub>	1,000 <sub>0</sub>	1,000 <sub>2</sub>	1,000 <sub>2</sub>
$K_p$ .....	1,000 <sub>0</sub>					

*Mesures préliminaires.* — Des comparaisons systématiques ont été effectuées entre les diaphragmes des étalons du R.I.V. et du B.I.P.M., à 10, 30 et 50 kV, afin de déceler d'éventuelles erreurs systématiques. Les résultats indiqués dans le tableau VI montrent un bon accord entre les deux diaphragmes.

TABLEAU VI

*Comparaison des diaphragmes des chambres d'ionisation étalons du B.I.P.M. et du R.I.V.*

Valeurs de  $\frac{(I/A)_{BIPM}}{(I/A)_{RIV}}$

(I, courant d'ionisation; A, aire du diaphragme)

Date	10 kV	30 kV	50 kV
28.2.1968 .....	0,999 <sub>6</sub>	0,999 <sub>7</sub>	0,999 <sub>9</sub>
29.2 .....	0,999 <sub>6</sub>	0,999 <sub>6</sub>	0,999 <sub>3</sub>
5.3 .....	0,999 <sub>5</sub>	0,999 <sub>5</sub>	0,999 <sub>0</sub>
5.3 .....	0,999 <sub>6</sub>	0,999 <sub>7</sub>	0,999 <sub>4</sub>
Moyenne .....	0,999 <sub>6</sub>	0,999 <sub>6</sub>	0,999 <sub>4</sub>
$\sigma$ moy. ....	$0,25 \times 10^{-4}$	$0,37 \times 10^{-4}$	$1,87 \times 10^{-4}$

*Résultats des comparaisons.* — Des séries d'environ huit comparaisons ont été faites à chacune des qualités de rayonnement citées plus haut (tableau VII). La figure 9 résume les résultats des comparaisons des quatre étalons: N.B.S., N.R.C., R.I.V. et B.I.P.M. On peut noter le bon accord

TABLEAU VII

Comparaison des chambres d'ionisation étalons  
du B.I.P.M. et du R.I.V.

Valeurs de  $\frac{(\Delta X/\Delta t)_{BIPM}}{(\Delta X/\Delta t)_{RIV}}$

Date	10 kV	30 kV	50 kV
27.2.1968.....	1,002 <sub>3</sub>	1,003 <sub>3</sub>	1,004 <sub>4</sub>
28.2.....	1,002 <sub>7</sub>	—	1,004 <sub>5</sub>
29.2.....	1,003 <sub>2</sub>	—	—
1.3.....	1,004 <sub>5</sub>	1,002 <sub>8</sub>	1,006 <sub>3</sub>
1.3.....	1,004 <sub>6</sub>	1,003 <sub>2</sub>	1,006 <sub>1</sub>
1.3.....	—	1,004 <sub>8</sub>	—
5.3.....	1,004 <sub>4</sub>	1,004 <sub>0</sub>	—
6.3.....	1,003 <sub>0</sub>	1,003 <sub>8</sub>	1,005 <sub>3</sub>
6.3.....	—	—	1,004 <sub>5</sub>
6.3.....	—	—	1,005 <sub>0</sub>
7.3.....	1,003 <sub>8</sub>	1,003 <sub>3</sub>	—
7.3.....	—	1,003 <sub>2</sub>	—
7.3.....	—	1,004 <sub>0</sub>	—
Moyenne .....	1,003 <sub>6</sub>	1,003 <sub>6</sub>	1,005 <sub>2</sub>
$\sigma$ moy.....	0,03 %	0,02 %	0,03 %
Erreur systématique .....	0,3 %	0,3 %	0,4 %

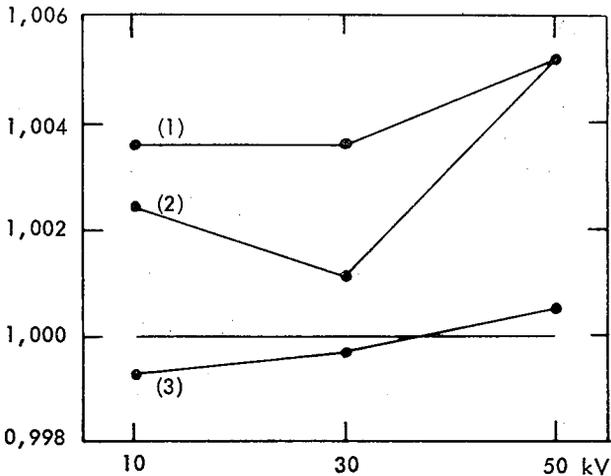


Fig. 9. — Comparaison des chambres d'ionisation (étalons d'exposition)  
du R.I.V. (1), du N.B.S. (2), du N.R.C. (3) et du B.I.P.M.

Valeurs de  $\frac{(\Delta X/\Delta t)_{BIPM}}{(\Delta X/\Delta t)_{(1, 2, 3)}}$

entre les étalons de grandes dimensions (N.R.C. et B.I.P.M.) d'une part, et entre les étalons de petites dimensions (N.B.S. et R.I.V.) d'autre part. A 50 kV l'écart d'environ 0,5 % entre les deux types d'étalons s'explique par le fait que la correction  $K_s$  pour les petits étalons, calculée par extrapolation, est probablement sous-estimée.

A. Allisy a suggéré que les écarts systématiques apparaissant à toutes les tensions entre ces deux types de chambres pourraient être dus à une erreur sur  $K_{sc}$  qui n'a pas été déterminé expérimentalement dans le cas des étalons de petites dimensions. Des expériences sont en cours au R.I.V. pour vérifier cette hypothèse.

*Fonction de dissipation de l'énergie des électrons dans le carbone (M. Boutillon\*)*

On s'intéresse à des sources planes d'électrons produits par interaction des photons du  $^{60}\text{Co}$  dans le carbone (sources « planes-coniques »). On considère des électrons Compton d'énergie cinétique  $T_0$ , dont les vitesses initiales sont disposées sur des cônes ayant leur sommet dans le plan d'abscisse  $z = 0$ , perpendiculaire à la direction des photons incidents. Le demi-angle au sommet  $\psi$  est relié à  $T_0$  et  $h\nu$  par l'équation :

$$\frac{T_0}{h\nu} = \frac{2\alpha}{1 + 2\alpha + (1 + \alpha)^2 \text{tg}^2 \psi},$$

avec

$$\alpha = h\nu/m_0 c^2.$$

L'équation de transport des électrons peut s'écrire comme une fonction des trois variables sans dimension  $x$ ,  $t$ ,  $\theta$ , avec  $x = z/r(T_0)$  et  $t = r(T)/r(T_0)$ , où  $r(T_0)$  est le parcours moyen de l'électron d'énergie initiale  $T_0$ , et  $r(T)$  le parcours résiduel de l'électron lorsque son énergie est égale à  $T$ ;  $\theta$  est l'angle que fait la trajectoire de l'électron avec la perpendiculaire au plan-source ( $z = 0$ ).

Soit  $2\pi I(t, \theta, x) d(\cos \theta) dt$  le débit de fluence, à la distance  $x$ , des électrons ayant un parcours résiduel compris entre  $t$  et  $t + dt$ , et dont les vitesses font avec la normale au plan-source des angles compris entre  $\theta$  et  $\theta + d\theta$ , et soit  $2\pi S(t, \omega) d(\cos \omega) dt$  la probabilité pour qu'un électron d'énergie  $T(t)$  subisse, lorsque son énergie passe de  $T(t + dt)$  à  $T(t)$ , une déflexion dont l'angle est compris entre  $\omega$  et  $\omega + d\omega$ . L'équation de transport prend la forme

$$-\frac{\partial I}{\partial t} + \cos \theta \frac{\partial I}{\partial x} = \int_0^{2\pi} d\varphi' \int_{-1}^{+1} d(\cos \theta') S(t, \omega) [I(t, \theta', x) - I(t, \theta, x)] + \frac{1}{2\pi} \delta(x)\delta(t-1) \delta(\cos \theta - \cos \psi),$$

où  $\omega$  est l'angle compris entre les directions  $(\theta', \varphi')$  et  $(\theta, \varphi)$  de la trajectoire de l'électron avant et après une collision, et  $\delta$  la fonction de Dirac (cf. L. V. Spencer, Energy dissipation by fast electrons, N.B.S. Monograph 1, 1959).

Pour résoudre cette équation, nous avons employé la méthode des moments que Spencer a utilisée pour le calcul des fonctions de dissipation de l'énergie des électrons dans le cas de sources planes rayonnant perpendiculairement à leur plan. La dissipation d'énergie (fig. 10) est caractérisée par la fonction sans dimension  $y(x)$  déterminée par la relation

$$(dT/dr)_{r_0} y(x) = f(z),$$

où  $f(z) dz$  représente l'énergie dissipée par centimètre carré entre deux plans d'abscisses  $z$  et  $z + dz$ , par des électrons d'énergie initiale  $T_0$  produits dans le plan  $z = 0$ , à raison de un électron par centimètre carré.

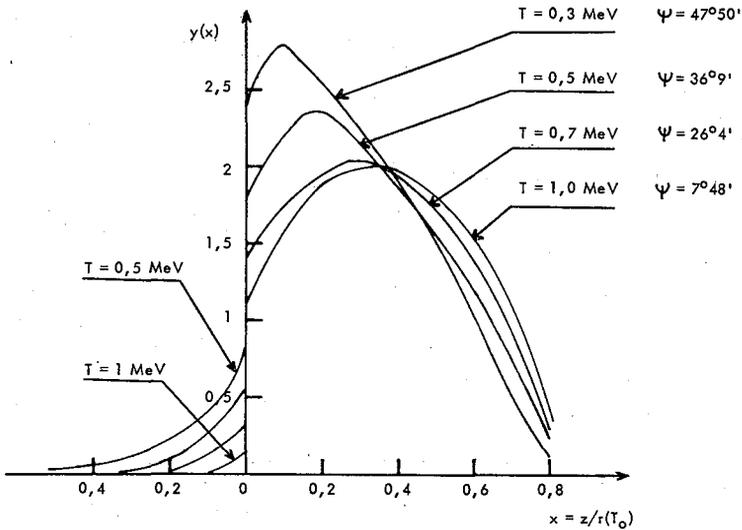


Fig. 10. — Fonction de dissipation de l'énergie des électrons pour des sources « planes-coniques ».

Mesure de l'activité d'une source de  $^{60}\text{Co}$  de 1 Ci (A.-M. Roux\*)

Le principe de la méthode a été décrit dans le Rapport de 1967, p. 60. Les expériences entreprises ont été poursuivies.

1. *Suite des mesures de transmission et de diffusion du rayonnement par le diaphragme du détecteur.* — Les mesures effectuées en 1967 ont conduit à rechercher des conditions de mesure telles qu'une grande partie du rayonnement diffusé par les bords du diaphragme soit éliminée. Pour cela, le détecteur et sa protection ont été éloignés du diaphragme d'une distance de 70 cm. Un collimateur en plomb d'un diamètre de 5 cm est placé devant le détecteur; il arrête le rayonnement diffusé par le diaphragme émis sous des angles  $\theta > 0,04$  radian, mais n'intercepte ni le faisceau direct, ni le rayonnement transmis par les bords du diaphragme. Deux sources, dont le rapport des activités est connu par des mesures  $4\pi\gamma$ , étaient placées à des distances  $l = 76$  et  $232$  cm du plan de sortie du diaphragme. Vingt mesures du taux de comptage de chacune de ces sources furent effectuées.

Le rapport  $\frac{\text{transmission par les bords pour } l = 76 \text{ cm}}{\text{transmission et diffusion par les bords pour } l = 232 \text{ cm}}$  déterminé à partir de ces mesures est :  $1,0289 \pm 0,0010$ . La valeur calculée pour le rapport

$$\frac{\text{transmission par les bords pour } l = 76 \text{ cm}}{\text{transmission par les bords pour } l = 232 \text{ cm}}$$

est 1,0286. En tenant compte du rayonnement diffusé sous des angles  $\theta < 0,04$  radian, ce rapport est 1,0291.

La comparaison du résultat expérimental aux valeurs théoriques montre que, dans ces conditions de mesure, la contribution due au rayonnement diffusé par le diaphragme ne peut être mise en évidence. Pour

rapporter le taux de comptage au cas d'un diaphragme idéal, on prendra comme correction la valeur théorique de la transmission par les bords. L'erreur ainsi introduite est négligeable.

2. *Mesure des distances de chaque source au plan de définition du diaphragme.* — Les supports des sources de 1 Ci et de 2 mCi, les deux collimateurs délimitant le faisceau émis par la source de 1 Ci (l'un devant le château de plomb, l'autre à 3,65 m de la source) et le diaphragme placé devant le détecteur ont été alignés sur un même axe. La mesure des distances entre les supports de source et le plan de définition du diaphragme a été effectuée avant la mise en place des sources dans leurs supports respectifs. Le support de la source de 1 Ci est fixé au mur. Les erreurs sur la mesure de la distance de cette source sont négligeables par rapport à celles qui sont introduites par les variations de longueur du bâtiment en fonction de la température; on a observé une variation de  $250 \mu\text{m}$  pour une variation de  $5^\circ\text{C}$  de la température du mur, ce qui entraînerait une correction relative de  $10^{-5}$  sur la distance. Le support de la source de 2 mCi est fixé sur le banc de tour. Les variations de température entraînant des déformations du banc de tour et de la table supportant le diaphragme, on observe une variation, avec la température, de la distance entre la position de la source de 2 mCi et le plan de définition; une variation de  $5^\circ\text{C}$  entraîne une variation de  $70 \mu\text{m}$  sur cette distance, soit une variation relative de  $5 \times 10^{-5}$ .

3. *Influence du collimateur intermédiaire.* — L'influence du collimateur placé à 3,65 m de la source de 1 Ci a été étudiée. Ce collimateur définit un faisceau d'un diamètre de 4 cm au niveau du diaphragme placé devant le détecteur. En l'absence du collimateur, le diamètre du faisceau en cet endroit devient 50 cm. L'air ainsi irradié introduit des sources de rayonnement diffusé.

Des séries de mesures effectuées avec et sans collimateur ont mis en évidence une augmentation de 0,13 % du taux de comptage en l'absence de collimateur. On a vérifié que le collimateur lui-même n'introduisait pas de rayonnement diffusé en faisant varier son diamètre; aucun écart n'a pu être mis en évidence pour des diamètres de 8 et 20 mm.

4. *Évaluation de l'erreur sur le rapport des taux de comptage.* — Les spectres relevés pour chacune des sources de 1 Ci et de 2 mCi diffèrent sensiblement. Pour la source de 2 mCi on observe moins de photons dépendant toute leur énergie dans le cristal et davantage de photons s'échappant latéralement; cela s'explique par le fait que le faisceau émis par la source de 1 Ci est sensiblement parallèle à l'intérieur du cristal, alors que celui de la source de 2 mCi est divergent: dans les conditions expérimentales présentes le faisceau de la source de 2 mCi est 1,5 fois plus large que celui de la source de 1 Ci.

Il résulte de cette différence entre les deux spectres que le rapport des taux de comptage des deux sources varie en fonction du seuil de comptage choisi. En augmentant le seuil, on élimine les photons qui ont dépensé une faible partie de leur énergie dans le cristal, et ceux-ci représentent une fraction plus grande du nombre de photons incidents pour la source de 2 mCi.

Il convient donc d'étudier le rapport des taux de comptage en fonction

du seuil et d'extrapoler à un seuil nul. Pour les mesures effectuées jusqu'à présent l'incertitude introduite par cette extrapolation est de l'ordre de 0,1 %. Des essais pour tenter de réduire cette incertitude sont en cours.

## Radionucléides

*Comparaisons internationales de radionucléides* (J. W. Müller, C. Colas, C. Veyradier, A. Rytz)

1. *Comparaison internationale des méthodes de dilution et de préparation de sources au moyen du  $^{60}\text{Co}$  (mai 1967)*. — L'organisation de cette comparaison, comme celle de la plupart des comparaisons précédentes de radionucléides, a été assurée par le Bureau International. A l'exception de la préparation des solutions et de la distribution des deux types d'ampoules contenant respectivement une solution « forte » et une solution « faible », dont le N.P.L. (Grande-Bretagne) s'était chargé, tous les travaux préparatoires ont été effectués par le B.I.P.M. Le résultat de cette première et très importante étape du travail a permis d'établir un formulaire de 19 pages, où l'on trouve non seulement une courte description des opérations à effectuer, mais aussi un rappel des formules nécessaires pour arriver à des résultats cohérents. Plusieurs pages sont consacrées aux données essentielles concernant l'équipement, la préparation des sources, les balances et la technique de dilution. Nous avons veillé particulièrement à une estimation correcte des erreurs aléatoires et systématiques. Vingt-cinq laboratoires nationaux ou internationaux nous ont transmis leurs résultats concernant la mesure de leurs 42 sources, dont 28 n'avaient été préparées qu'après dilution de la plus forte des deux solutions. Une fois tous ces résultats rassemblés, leur diffusion posait un problème. Nous avons réussi à les condenser d'une manière assez complète pour permettre aux participants d'avoir accès à un ensemble d'informations utiles, susceptibles de leur rendre service. Ces résultats, ainsi qu'une évaluation provisoire des activités massiques des solutions distribuées, sont contenus dans un rapport multicopié (voir p. 82, Publications du Bureau, 5°).

Le B.I.P.M. a également pris part à cette comparaison. Cela nous paraît indispensable pour bien connaître les problèmes et les techniques de mesure. Grâce à une petite comparaison préliminaire organisée entre le N.P.L. (Grande-Bretagne), le B.C.M.N. (Euratom) et le B.I.P.M., un certain nombre de pièges éventuels ont pu être évités.

Les figures du rapport précité, qui présentent les résultats finaux sous forme graphique, montrent clairement que presque la moitié des laboratoires arrivent à déterminer une activité massique d'une manière absolue à environ 0,1 % près, compte tenu des erreurs estimées.

Cependant, il faut mentionner que certains résultats s'écartent de la moyenne de 1 % ou plus. De toute évidence, la nécessité de faire des dilutions avant de préparer les sources est une des causes principales de l'augmentation de l'incertitude pour maints participants. Le rapport de deux activités massiques déterminé par une pesée directe permet de juger d'une manière absolue les résultats. Ils sont groupés, pour moitié, dans une zone s'étendant à  $\pm 0,1$  % de part et d'autre de la valeur correcte. Il est remarquable que les résultats de quatre laboratoires diffèrent, pour ce rapport, de moins de 0,01 % de la valeur prévue, mais il y a encore des

valeurs très éloignées de ce qu'on attendait. Toutefois, ce qui nous préoccupe le plus pour le moment c'est que, dans la plupart des cas, l'influence des erreurs est fortement sous-estimée, parfois d'un facteur dépassant dix. Il nous a donc paru essentiel de rechercher soigneusement les erreurs systématiques, en commençant par une analyse aussi complète que possible des résultats. Quoique cette étude soit encore loin d'être achevée, elle nous permet déjà de tirer quelques conclusions sur la nature probable de ces influences. Ainsi, il semble parfois évident que l'équipement électronique a mal fonctionné; l'ensemble de l'analyse des différentes mesures (normalement six par source) permet dans certains cas de tirer cette conclusion à la suite d'un désaccord significatif avec une distribution de Poisson. Dans d'autres cas, une analyse spéciale nous permet de mettre en évidence, pour les différentes sources, une tendance à l'évolution des résultats en fonction de l'ordre soit des mesures, soit des préparations; une telle tendance montre qu'une influence extérieure peut avoir modifié l'ensemble des résultats qui, par conséquent, ne peuvent plus être considérés comme indépendants.

Des analyses statistiques sérieuses portant sur l'ensemble des données expérimentales demandent, malheureusement, beaucoup de calculs supplémentaires. Parfois, il faut même rechercher d'abord les méthodes d'analyse, ou adapter les procédés usuels pour les rendre plus efficaces. Le résultat final de ces analyses, ainsi qu'une brève description des méthodes employées, seront présentés dans la deuxième partie du rapport sur cette comparaison.

En vue d'aider les laboratoires dans la détermination de la poussée de l'air et d'assurer l'uniformité de la méthode de calcul de cette correction pour faciliter son contrôle dans des comparaisons futures, nous avons envoyé à tous les participants, avec la première partie du rapport de la comparaison, une note se rapportant à ce sujet sous le titre « On the practical evaluation of the buoyancy correction for radioactive standard sources ».

2. *Comparaison internationale d'une solution de  $^{54}\text{Mn}$  (avril 1965).* — La préparation du rapport final de cette comparaison a été confiée à plusieurs membres du Groupe de travail pour la mesure des radionucléides. Nous avons traduit le texte allemand rédigé par H.M. Weiss de la P.T.B. (Allemagne); ce rapport sera diffusé dans un proche avenir.

*Expériences diverses concernant l'étalonnage de sources radioactives* (C. Colas, C. Veyradier, A. Rytz, J. W. Müller)

1. *Étalonnage d'une solution de  $^{56}\text{Mn}$ .* — Cet étalonnage a été effectué dans le cadre d'une détermination du taux d'émission de la source de neutrons Ra-Be du Bureau International. Les dix sources préparées ont été mesurées dans nos deux ensembles de comptage  $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$ .

2. *Comparaison de diverses techniques de dilution.* — Comme l'a montré la comparaison internationale des méthodes de dilution citée plus haut, les différents laboratoires utilisent des procédés très variés pour obtenir un mélange intime de la solution active et du diluant. Il est important de savoir s'il est nécessaire d'inverser la fiole dans laquelle on a mis la dilution, ou si l'on peut se contenter de l'agiter légèrement, sans mouiller le bouchon graissé. En retournant la fiole on peut éventuellement perdre une petite quantité de la solution active peu diluée, ce qui fausserait l'activité massique de la dilution. Dans les formulaires remplis par les participants on trouve des

modes opératoires très variés. Nous avons essayé de reproduire quelques cas caractéristiques, et d'établir chaque fois si le mélange est homogène ou non en prélevant des échantillons près de la surface et près du fond. Ces prélèvements ont été faits avec des « pycnomètres » en polythène à col effilé. Avec le contenu de chaque pycnomètre nous avons préparé dix sources suivant notre technique habituelle. Une première série englobant une soixantaine de sources a conduit aux conclusions suivantes :

a. Une solution de  $^{60}\text{CoCl}_2$  diluée par une solution non active et de même composition chimique ne diffuse pas assez dans le diluant, même après 24 heures.

b. En agitant la fiole légèrement pendant quelques minutes, sans mouiller le bouchon, on obtient toujours un mélange suffisamment homogène.

Une deuxième série de mesures avec 60 sources est en cours.

3. *Dissolution du cobalt.* — En vue d'une expérience future pour déterminer l'activité absolue d'un grain de cobalt activé, nous avons étudié les conditions les plus favorables de dissolution quantitative. Un cylindre de  $^{59}\text{Co}$  (diamètre = hauteur = 1 mm) est dissous dans de l'acide nitrique concentré en 10 minutes environ. Les pertes par évaporation sont négligeables. Avec les quantités de liquide envisagées et une dilution ultérieure (1/40), on aura tout juste la quantité d'entraîneur souhaitable.

4. *Recherches sur une nouvelle méthode pour la mesure absolue de taux de comptage.* — Le principe d'une nouvelle méthode de mesure absolue de l'activité de radionucléides émettant des rayons  $\beta$  et  $\gamma$  en coïncidence a été proposé dans un rapport interne intitulé « Proposition d'une nouvelle méthode pour mesurer des coïncidences ». Cette méthode s'inspire d'une technique appelée « comptage à corrélation », décrite par Friedländer en 1964, qui évite elle aussi l'emploi d'un circuit à coïncidences, mais repose sur un autre principe et nécessite un simple retard fixe. L'application de cette idée, si elle peut être réalisée, permettrait d'éviter toutes les corrections dues aux coïncidences fortuites et au temps de résolution, mais demandera probablement des temps de mesure assez longs. Les premiers essais sont prévus pour un proche avenir.

*Examen de l'état de l'étalon international de radium* (A. Rytz, C. Colas, C. Veyradier)

L'étalon de radium Hönigschmid, conservé au Bureau International dans le caveau supérieur de l'observatoire, n'a pas été utilisé depuis 1964, et ne le sera probablement plus pendant les prochaines années. Cependant, il nous a semblé prudent, pour des raisons métrologiques et de sécurité, d'examiner son état d'étanchéité.

L'ampoule contenant le sel de radium a été placée dans un tube de verre fermé contenant une rondelle de papier filtre. Ce papier avait auparavant été introduit dans un compteur proportionnel et s'était avéré inactif. Au bout de six semaines, il a été retiré du tube et remis dans le même compteur. Une activité de  $0,04 \text{ s}^{-1}$  a pu être décelée. La décroissance était compatible avec la période du radon. De même, les bourrelets de coton calant l'ampoule dans son tube protecteur depuis au moins quatre ans ont montré une légère activité alpha.

Nous avons aussi examiné les tubes métalliques de protection en les plaçant dans un spectromètre gamma, et par autoradiographie. Aucune activité  $\gamma$  appréciable n'a été décelée. Mais le tube extérieur est assez fortement contaminé par un émetteur  $\alpha$ . Il s'agit d'une contamination déjà ancienne et qui ne peut plus être enlevée par des moyens chimiques.

A notre avis, il apparaît normal qu'après plus de trente ans de bombardement intense, les parois minces (0,3 mm) de cette ampoule soient légèrement perméables. Par un calcul plutôt pessimiste on peut évaluer la perte annuelle relative du radon contenu dans l'ampoule à  $4 \times 10^{-6}$ , ce qui semble tolérable. Cela nous laisse penser que l'étalon est en bon état.

*Étude de phénomènes statistiques de comptage* (J. W. Müller, P. Bréonce, C. Veyradier)

La plupart des études statistiques mentionnées dans le Rapport de 1967 ont été activement poursuivies. En particulier, la méthode qui consiste à rendre « visibles » un grand nombre de phénomènes intéressants à l'aide de notre « intervallomètre » électronique s'est avérée très utile. Cette méthode permet de mettre en évidence toutes sortes d'intervalles de temps; les impulsions qui résultent d'une simulation continue du processus envisagé sont accumulées dans un sélecteur multicanaux utilisé en mode multi-échelle; la répartition des intervalles de temps est alors visible sur l'écran du sélecteur.

L'étude de la répartition effective des intervalles entre impulsions qui sont accompagnées d'un temps mort fixe (du type non cumulatif) nous a permis de mieux comprendre ce qui se produit vraiment dans ces conditions. La modification apportée à une séquence d'impulsions par un temps mort peut être très sensible et changer complètement la répartition des intervalles. Pour des cas soigneusement choisis, ces prévisions ont été parfaitement vérifiées par l'expérience.

Ces observations nous ont aussi amenés à penser que des effets beaucoup plus surprenants devraient se produire si l'on introduit deux temps morts successifs et si le premier ( $\tau_1$ ) est plus court que le second ( $\tau_2$ ). Lorsque  $\tau_1 > \tau_2$ , ce dernier n'a aucune influence; il n'en est plus de même dans le cas inverse. Nous posons  $\tau_1 = \alpha\tau$  et  $\tau_2 = \tau$ ;  $\alpha$  est donc le rapport du premier temps mort au second; nous envisagerons dans la suite le cas  $\alpha < 1$ . Cette situation est souvent réalisée, tout au moins approximativement, dans les circuits actuellement employés pour la mesure précise d'activités. Une théorie exacte a pu être établie, permettant, par exemple, de déterminer la répartition d'intervalles ou le taux de comptage observable à la sortie du dispositif. On admet que les impulsions proviennent par exemple d'une source radioactive (processus primaire poissonien avec taux d'émission  $\varrho$ ) et passent ensuite par deux dispositifs électroniques imposant des temps morts. Les calculs numériques « à la main » seraient inabornables. Mais ce genre de calcul itératif se prête très bien au traitement par ordinateur. Les différents programmes écrits en Fortran nous ont permis d'obtenir à l'aide de notre ordinateur I.B.M. 1130 une bonne vue d'ensemble des phénomènes.

Parmi les effets faciles à observer, deux sont assez remarquables :

a. L'inversion de l'ordre des temps morts change toujours le taux de comptage observé — à l'exception des cas triviaux où  $\alpha = 0$  ou 1 (fig. 11).

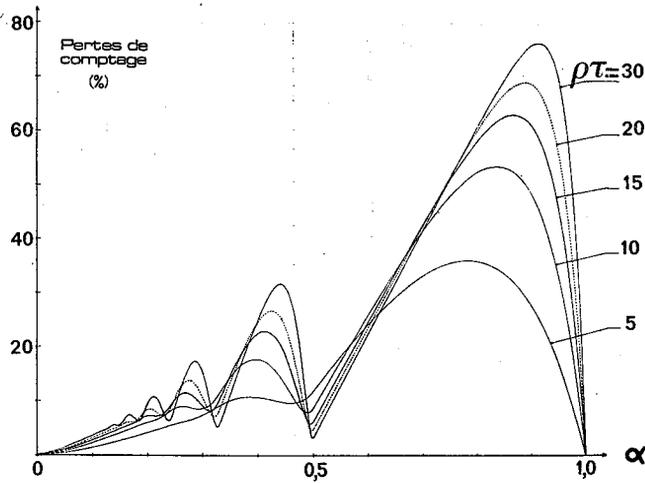


Fig. 11. — Pertes supplémentaires de comptage dues à l'influence du premier temps mort ( $\tau_1$ ). Cet effet peut être mis en évidence par simple inversion de l'ordre des deux temps morts.

$\rho$ , taux d'émission de la source radioactive utilisée;  
 $\tau$ , le second temps mort;  
 $\alpha = \tau_1/\tau$ .

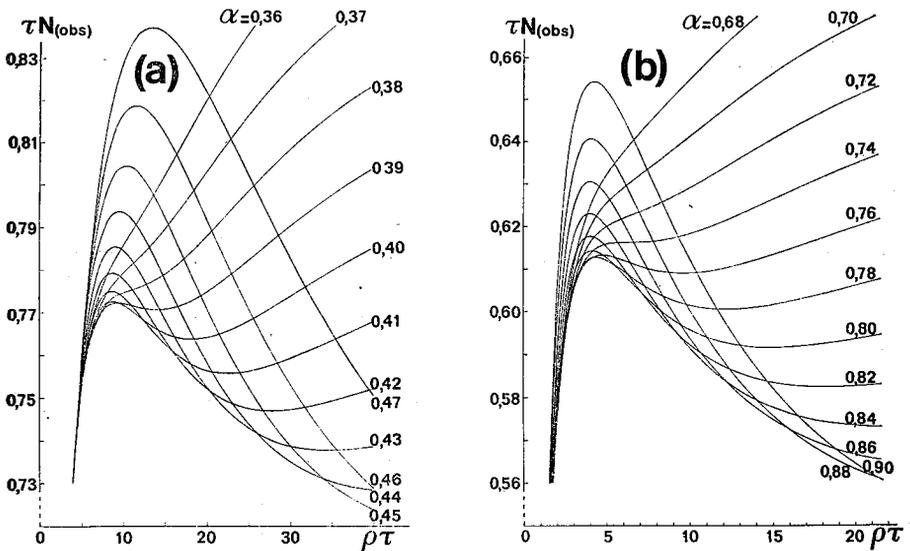


Fig. 12. — Taux de comptage observé  $N_{(obs)}$  à la sortie du dispositif en fonction du taux d'émission  $\rho$  de la source, pour différentes valeurs de  $\alpha = \tau_1/\tau$ :

(a)  $1/2 < \alpha < 1$     (b)  $1/3 < \alpha < 1/2$ .

(Voir les domaines correspondants de  $\alpha$  sur la figure 11.)

Les valeurs indiquées sur les axes de coordonnées sont celles des grandeurs sans dimensions  $\tau N_{(obs)}$  et  $\rho\tau$ .

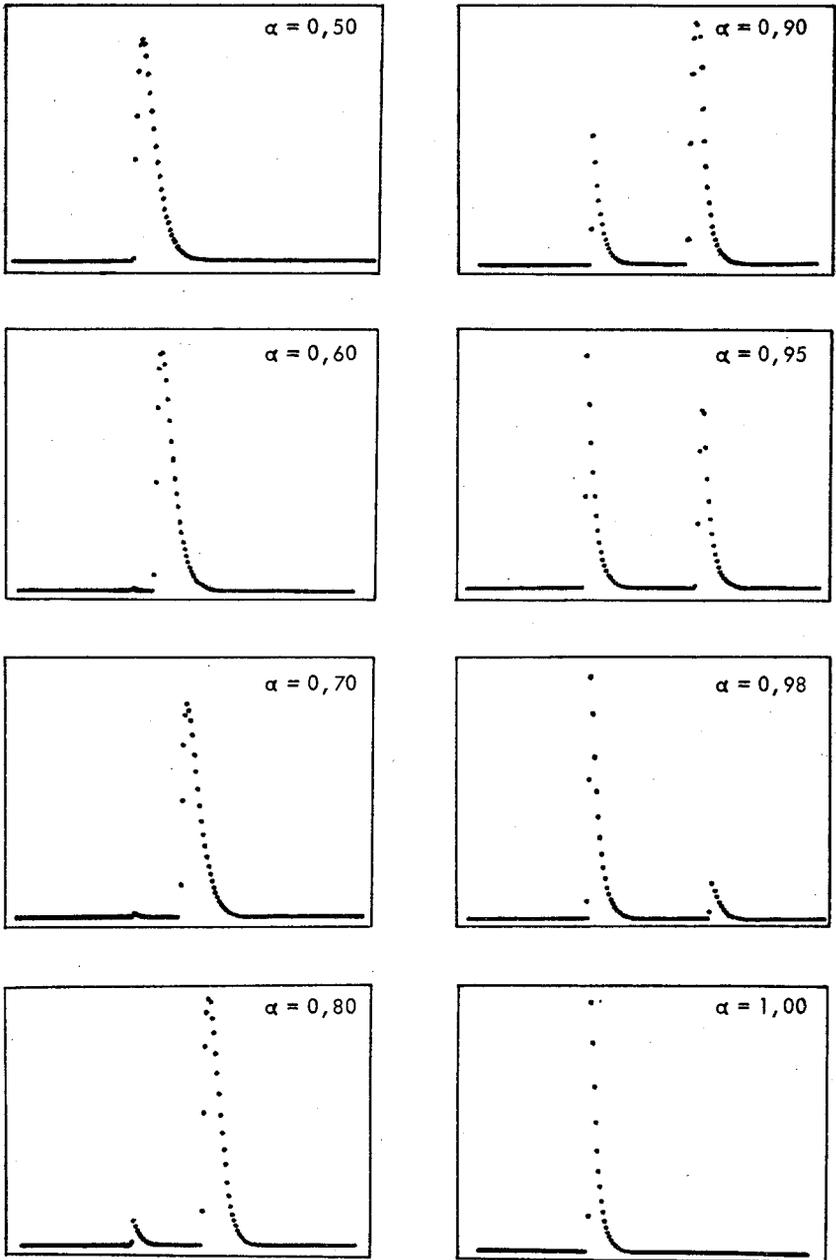


Fig. 13. — Enregistrements de la répartition d'intervalles entre impulsions à la sortie d'un dispositif imposant deux temps morts  $\tau_1$  et  $\tau$ , pour  $q\tau \approx 16$  et pour plusieurs valeurs de  $\alpha = \tau_1/\tau$ .  
Le début du premier pic correspond à l'intervalle  $\tau$ , celui du second pic à l'intervalle  $2\tau_1$ .

Mais l'augmentation d'un temps mort n'implique pas nécessairement un accroissement des pertes de comptage.

b. Il existe pour les taux d'émission élevés ( $q \tau > 3,8$  environ) des domaines pour  $\alpha$  où une diminution du taux d'émission de la source donne comme résultat une augmentation du taux de comptage observé à la sortie du dispositif électronique (*fig. 12*).

Une longue série de mesures a parfaitement confirmé toutes ces prévisions, souvent avec une précision excellente. La mesure directe de la répartition des intervalles entre impulsions (*fig. 13*) permet même un contrôle très sensible des grandeurs intermédiaires qui déterminent les taux de comptage observables.

Ces études sont décrites en détail dans les rapports internes suivants :

- On the interval distribution for recurrent events with a non-extended dead time;
- Influence de deux temps morts successifs sur le taux expérimental;
- On the influence of two consecutive dead times.

Une nouvelle direction de recherche que nous venons d'aborder se rapporte à un problème apparemment simple mais qui, à notre connaissance, n'a jamais été traité de façon satisfaisante. Il s'agit de connaître la répartition d'une grandeur  $V$ , rapport de deux variables aléatoires indépendantes réparties chacune, par exemple, suivant une loi de Gauss. Les premiers résultats positifs, qui semblent bien vérifiés par une simulation du type Monte Carlo effectuée sur notre ordinateur, se trouvent dans le rapport interne : « Sur la répartition du rapport de deux variables aléatoires et sa simulation par la méthode de Monte Carlo ».

#### *Spectrométrie $\alpha$* (B. Grennberg\*, P. Bréonce, A. Rytz)

1. *Production, mesure et stabilisation du champ magnétique.* — Depuis sa mise en service en avril 1967, l'électro-aimant a fonctionné environ 1 000 heures. La consommation d'eau de ville pour son refroidissement (environ  $10 \text{ m}^3/\text{h}$ ) était coûteuse et entraînait des variations de pression si grandes que nous avons décidé d'utiliser un système de réfrigération en circuit fermé. L'installation est achevée et sera amortie en moins de deux ans. En outre, nous espérons pouvoir diminuer l'échauffement de la masse de l'électro-aimant qui est actuellement d'environ  $4^\circ\text{C}$  après 10 heures de fonctionnement.

Les appareils de mesure du champ par résonance du proton ont été améliorés. En modifiant la fréquence de modulation et la teneur en ions paramagnétiques de l'eau de la sonde, on peut pousser la sensibilité jusqu'à  $10^{-6}$  du champ à mesurer. Pour que ces mesures gardent leur reproductibilité nous avons équipé les sondes d'ampoules scellées en verre, remplies d'eau très pure contenant une faible quantité de  $\text{MnSO}_4$ . Une de ces ampoules sera bientôt remplacée par une ampoule en quartz qui servira ainsi d'ampoule témoin sur un grand nombre d'années.

Une sonde fixe spéciale, introduite dans un tube étanche en cuivre, a été installée en permanence dans la chambre à vide. Elle ne gêne ni le passage des particules  $\alpha$ , ni celui de la sonde mobile servant à mesurer point par point le champ le long d'un demi-cercle.

Plusieurs régions du champ présentaient des gradients trop élevés qui auraient rendu incertain le calcul du champ effectif; ces défauts ont été corrigés à l'aide de feuilles de fer. Le champ effectif relatif au demi-cercle moyen est calculé à l'aide de la formule classique de Hartree, généralisée pour tenir compte des termes correctifs du second ordre liés aux variations radiales du champ; un programme Fortran permet de faire ce calcul rapidement.

La sonde à résonance nucléaire ne mesure que la valeur absolue du champ, indépendamment de sa direction. Nous avons donc construit un dispositif permettant de déterminer les composantes du champ situées dans le plan médian de l'entrefer, afin d'évaluer la correction supplémentaire correspondante. Nous avons pu montrer que la correction pour les variations de direction du champ ne dépasse pratiquement jamais  $1,5 \times 10^{-6}$ .

Le courant d'alimentation étant stabilisé à  $\pm 2 \times 10^{-5}$ , le champ était suffisamment stable pour les expériences préliminaires. Cependant, une stabilité plus élevée du champ est indispensable si nous voulons arriver à de bons résultats. Nous avons donc construit un dispositif assurant en un point donné — celui de la sonde fixe — un champ stable à environ  $\pm 2 \times 10^{-6}$ . Un détecteur sensible à la phase du signal de résonance crée une tension d'erreur correspondante qui est transmise à un amplificateur de puissance envoyant un courant de correction dans trois spires enroulées sur chaque pièce polaire. Si, par une variation lente, ce courant dépasse  $\pm 0,1$  A, un relais actionne la commande de l'alimentation et permet ainsi d'étendre le domaine couvert par l'amplificateur. Si, par une variation rapide, le signal sort de la région balayée par la modulation, l'amplitude de celle-ci est augmentée et permet, en général, de ramener le signal vers le milieu où l'amplitude de modulation est réduite à sa valeur normale. Pendant la période de modulation augmentée un signal acoustique discret est actionné. Si enfin, par une variation trop brusque du champ, le signal de résonance est déplacé hors de l'amplitude maximale de modulation, la stabilisation cesse de fonctionner et un avertisseur plus sonore retentit. L'opérateur doit alors intervenir rapidement si une pose photographique est en cours.

La fréquence du courant excitant la petite bobine de la sonde de stabilisation est déterminée par un oscillateur à quartz thermorégulé. Pour pouvoir modifier la valeur du champ sans être obligés de changer le quartz, nous avons choisi une fréquence assez basse (4,3 MHz) qui peut être multipliée par un nombre entier de 6 à 10 inclus. Ce choix de la fréquence de base permet de recueillir sur la même plaque photographique toutes les raies importantes d'une source quelconque.

2. *Spectrographe*. — Le dispositif permet de mesurer, avec une très grande exactitude, le diamètre des cercles décrits par les rayons  $\alpha$ . Nous définissons ce diamètre par la distance entre le bord intérieur de la fente d'entrée et le point extrapolé correspondant du spectre de traces retrouvées dans la plaque photographique située à l'autre extrémité. La barre reliant le porte-fente et le porte-plaque est en molybdène; elle est entourée d'une gaine extensible dans laquelle circule un faible courant d'eau thermorégulée qui maintient la température du spectrographe à une valeur connue pendant chaque pose (*fig. 14*).

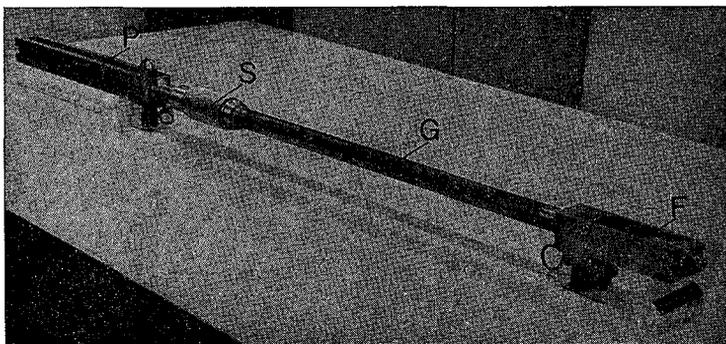


Fig. 14. — Vue du spectrographe.

P, support de la plaque photographique; F, support de la fente d'entrée; G, gaine à circulation d'eau, avec son soufflet extensible S, entourant la barre de molybdène.

Le bord intérieur de la fente d'entrée est une arête vive obtenue en polissant deux surfaces planes d'une plaquette métallique se rencontrant sous un angle de  $80^\circ$  environ. Les métaux frittés ne présentant pas les qualités désirées, nous avons fabriqué un alliage Cu-Sn voisin de celui du « speculum » classique. La figure 15 montre le porte-fente avant le montage de la barre de molybdène.

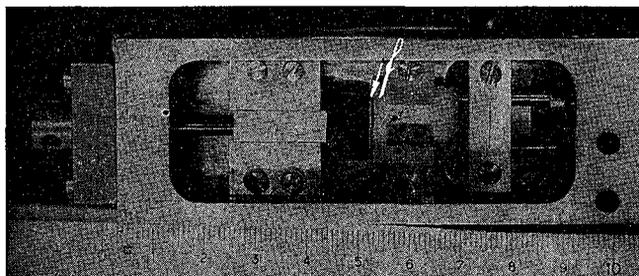


Fig. 15. — Porte-fente du spectrographe, vu dans la direction opposée à celle des particules  $\alpha$ . Les distances sont mesurées à partir du bord droit de la fente  $f$ .

La plaque photographique est en contact avec deux rangées de fentes de référence situées de part et d'autre du spectre de particules observées. Chacune de ces fentes renferme une mince feuille d'or activée par dépôt électrolytique de  $^{241}\text{Am}$  sur la tranche. Les particules  $\alpha$  émanant de ces sources auxiliaires marquent des traits fins sur chaque plaque. Les distances entre le bord intérieur de la fente d'entrée et les fentes de référence sont mesurées périodiquement à l'aide du comparateur universel de la salle 3.

La figure 16 illustre le rôle de ces fentes de référence : en (a) est représentée une des fentes vue à travers le microscope du comparateur universel; en (b) sont reproduites, à la même échelle, les traces correspondantes sur la plaque nucléaire, telles qu'elles apparaissent dans le microscope de dépouillement; la position d'une fente de référence peut être déterminée à mieux que  $1\mu\text{m}$ .

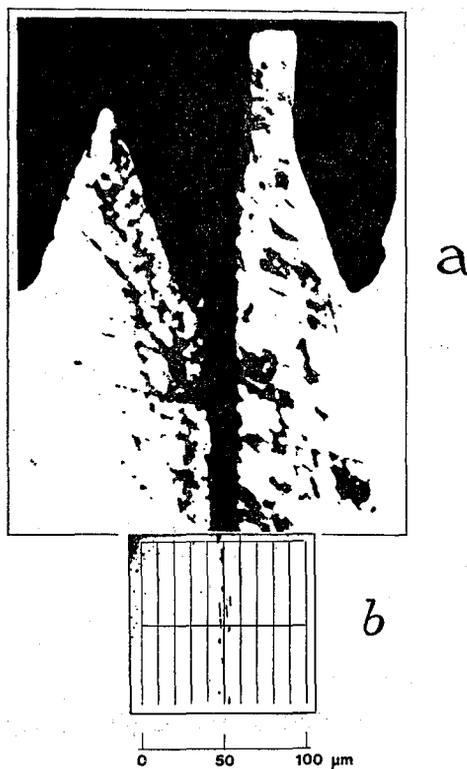


Fig. 16. — *a*. Microphotographie d'une fente de référence. On distingue, des deux côtés de la fente, les rayures du polissage et la structure du métal (alliage de tungstène); en haut, les dents du peigne du microscope.

*b*. Microphotographie des traces laissées sur la plaque nucléaire par les particules  $\alpha$  issues de la même fente. Les traces sont visibles de part et d'autre du trait central du réticule du microscope de dépouillement.

Ces deux microphotographies sont reproduites à la même échelle.

La forme du porte-plaque est telle qu'on peut prévoir les mêmes déformations si le spectrographe est en position de travail ou en position de mesure. Ces deux positions diffèrent d'un angle droit, l'entrefer du spectromètre étant horizontal alors que les axes des microscopes du comparateur sont verticaux.

Ce spectrographe a été construit entièrement par l'atelier du Bureau International.

3. *Système pour le vide.* — La pompe turbo-moléculaire Pfeiffer (900 m<sup>3</sup>/h) donne entière satisfaction. Nous obtenons un vide très propre d'environ 10<sup>-4</sup> N/m<sup>2</sup> en 15 minutes si on fait entrer l'air pour une courte durée. Les joints sont tous en « viton », non graissés; les tubes flexibles amenant l'eau au spectrographe sont en téflon.

La jauge à ionisation a dû être placée près de la pompe pour éviter qu'elle produise un éclairage parasite sur la plaque photographique et qu'elle soit

dans un champ magnétique trop fort. Cela introduit dans la mesure du vide un facteur de correction facile à déterminer.

4. *Sources.* — Comme les manipulations pour la préparation des sources sont souvent très contaminantes, il est souhaitable qu'elles soient effectuées en dehors du Bureau International. Le Centre de spectrométrie nucléaire et de spectrométrie de masse d'Orsay, dirigé par Mr Valadares, a accepté de nous aider à préparer les sources; nous sommes heureux de l'en remercier. Cependant, il est important que les opérations finales puissent être faites au Bureau dans un proche avenir, ce qui évitera d'exposer à l'air les sources fraîchement préparées. Nous avons donc commencé l'installation d'un petit laboratoire de chimie dans une roulotte aménagée à cet effet: la construction d'un évaporateur spécial est en cours, et les pots pour faire des activations par recul sont déjà construits.

En septembre 1967, le Lawrence Radiation Laboratory, Berkeley (U.S.A.) nous a généreusement offert 15 mCi de  $^{228}\text{Th}$  et 5 mCi de  $^{242}\text{Cm}$ . Ce dernier a été utilisé pour préparer quelques sources.

Les sources sont déposées par volatilisation dans le vide sur une plaquette de platine, et placées ensuite dans le porte-source. Celui-ci comprend un volet étanche permettant d'obstruer le parcours des particules, ou de fermer hermétiquement le petit volume contenant la source; ce volume peut être évacué séparément.

5. *Plaques nucléaires.* — Nous utilisons des plaques « Ilford » K2 de  $240 \times 14$  mm, faites sur mesure. La couche sensible a une épaisseur de  $25 \mu\text{m}$ ; elle est protégée par  $5 \mu\text{m}$  de gélatine pour éviter le noircissement par des effets mécaniques. Pour le développement, la fixation et le séchage, plusieurs récipients ont été construits.

Pour exploiter toute l'information contenue dans les plaques concernant l'énergie des particules, il faut avoir un instrument de mesure des longueurs muni d'une optique puissante. Nous avons équipé un comparateur d'Abbe (Zeiss, Iéna) d'une optique et d'un éclairage suffisants. Cet instrument répond maintenant très bien à nos besoins; il permet un dépouillement rapide et des mesures de distances exactes.

6. *Mesures effectuées.* — Toutes les sources ont été préparées à Orsay. Pour commencer, nous avons utilisé une source assez épaisse de  $\text{ThB} + \text{C}$  ( $^{212}\text{Pb} + ^{212}\text{Bi}$ ) pour vérifier si le spectromètre fonctionnait convenablement. Ensuite, deux sources successives, assez minces, de  $^{228}\text{Ra}$  ont permis d'effectuer un premier réglage du porte-source. Dès que la stabilisation du champ magnétique a fonctionné, nous avons demandé au Centre d'Orsay d'utiliser le  $^{242}\text{Cm}$  fourni par le Laboratoire de Berkeley et de nous préparer quelques sources. Les poses effectuées avec ces sources ont permis une mise au point plus fine et ont montré la nécessité d'apporter quelques améliorations.

Pour l'énergie du groupe le plus rapide des particules  $\alpha$  du  $^{242}\text{Cm}$  nous avons trouvé

$$E = (6\,111,30 \pm 0,25) \text{ keV.}$$

Ce résultat préliminaire est susceptible d'être modifié quand le fonctionnement du spectromètre sera plus perfectionné et quand nous pourrons préparer les sources nous-mêmes.

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

Le programme expérimental des mesures neutroniques comprend :

- le contrôle périodique du taux d'émission de la source de neutrons rapides Ra-Be ( $\alpha, n$ ) de 200 mCi du B.I.P.M. par la méthode d'activation d'un bain de sulfate de manganèse;
- la préparation de la mesure du taux d'émission d'une source de neutrons rapides Ra-Be ( $\gamma, n$ ) de 500 mCi par la même méthode, mais en utilisant la technique de circulation de la solution;
- la continuation de l'étude de la mesure de fluence de neutrons rapides monocinétiques émis dans la réaction  $D(d, n)^3\text{He}$  par la méthode de détection de la particule  $^3\text{He}$  associée à l'émission du neutron.

1. *Source Ra-Be ( $\alpha, n$ ) de 200 mCi du B.I.P.M.* — On a procédé, en janvier 1968, à un nouvel étalonnage du taux d'émission de neutrons de cette source. L'étalonnage précédent avait été effectué en avril 1964. La reproductibilité des mesures des diverses grandeurs qui interviennent dans l'étalonnage se présente acuellement comme suit :

— L'écart-type de la moyenne de huit mesures relatives d'activité de la solution de sulfate de manganèse irradiée par la source de neutrons est de  $5 \times 10^{-4}$ .

— L'écart-type de la mesure relative d'activité de la solution après addition d'une activité étalonée est de  $1,4 \times 10^{-3}$ .

— L'étalonnage de la solution radioactive ajoutée au bain de sulfate de manganèse a été effectué par le groupe de radioactivité du Bureau avec deux ensembles de comptage  $4\pi\beta\text{-}\gamma$ ; l'écart-type de la moyenne des mesures de dix sources est de  $3 \times 10^{-4}$  pour l'ensemble N° 1, et inférieur à  $10^{-4}$  pour l'ensemble N° 2. L'activité massique déterminée dans ces deux ensembles présente un écart significatif de  $2 \times 10^{-3}$  que nous n'avons pas encore élucidé.

— Le rapport du nombre de noyaux hydrogène/manganèse de la solution est déterminé par pesées avec une erreur inférieure à  $10^{-4}$ . Le taux d'émission de neutrons de la source Ra-Be ( $\alpha, n$ ) du B.I.P.M., déduit de la mesure effectuée en avril 1964 après correction pour la croissance de la source, est de  $3,231 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$ ; la mesure de janvier 1968 a donné  $3,217 \times 10^6 \text{ s}^{-1} \pm 1 \%$ . L'erreur de  $\pm 1 \%$  résulte de l'addition (quadratique) des erreurs de mesure et des erreurs sur l'évaluation de diverses corrections.

Sur la demande du Soreq Nuclear Research Centre de l'Israel Atomic Energy Commission, et du Centre d'Études Nucléaires du Commissariat à l'Énergie Atomique de Saclay, nous avons déterminé le taux d'émission des sources étalons Ra-Be ( $\alpha, n$ ) utilisées par ces deux organismes en les comparant à la source du Bureau International par activation de la solution de sulfate de manganèse.

2. *Source Ra-Be ( $\gamma, n$ ) de 500 mCi du B.I.P.M.* — Dans la méthode de mesure du bain de manganèse, les sources de neutrons Ra-Be ( $\gamma, n$ ) ont l'avantage sur les sources Ra-Be ( $\alpha, n$ ) de ne pas nécessiter de correction d'absorption par réaction ( $n, p$ ) et ( $n, \alpha$ ) sur l'oxygène et le

soufre, la limite supérieure de 700 keV de l'énergie des neutrons étant en-dessous du seuil de ces réactions. C'est pourquoi, en 1963, une capsule de bromure de radium de 500 mCi avait été achetée à l'Union Minière du Haut-Katanga en vue de constituer une deuxième source étalon de neutrons qui puisse être comparée aux sources de même type Ra-Be ( $\gamma, n$ ) existant dans les laboratoires nationaux. La capsule de radium a été logée au centre d'une petite sphère de beryllium de 3 cm de diamètre; elle est disposée en permanence, pendant la mesure, au centre d'une sphère de 50 cm de diamètre contenant une solution de sulfate de manganèse (concentration : 500 g/l); une pompe fait circuler la solution en circuit fermé (débit 6 l/min) entre la sphère de 50 cm, dans laquelle elle est soumise à l'irradiation des neutrons, et une enceinte distante de 10 m. Cette enceinte est protégée du rayonnement gamma de la source par les murs de la casemate et par un château de plomb de 20 cm  $\times$  20 cm  $\times$  50 cm de dimensions intérieures et 10 cm de paroi; dans l'enceinte protégée, un scintillateur NaI de 7,5 cm de diamètre et 5 cm d'épaisseur, accolé à un photomultiplicateur, mesure le rayonnement  $\gamma$  provenant de la désintégration  $\beta^-$  du  $^{56}\text{Mn}$ . Le comptage s'effectue à un seuil relativement bas de 50 keV après une forte amplification, ce qui a pour effet de réduire la dérive du gain de l'ensemble scintillateur-photomultiplicateur. La durée de chaque comptage et du temps d'arrêt étant préétablie, la mesure est enregistrée sur bande de papier. Cette technique de circulation du sulfate de manganèse et de saturation des impulsions, préconisée en premier lieu par le N.P.L., se prête à la mesure de sources de neutrons relativement peu intenses par accumulation du comptage de l'activité de la solution qui atteint un régime d'équilibre. Les premières mesures effectuées indiquent que cette méthode est susceptible d'une meilleure précision que la méthode précédemment utilisée avec la source Ra-Be ( $\alpha, n$ ). Avec la source Ra-Be ( $\gamma, n$ ) de 500 mCi, quand l'équilibre radioactif est atteint, on obtient un comptage de 800  $\text{s}^{-1}$  pour un mouvement propre de 6,60  $\text{s}^{-1}$ . Après avoir étudié les conditions de reproductibilité des mesures, nous procéderons à l'étalonnage du dispositif avec une activité étalonée par comptage  $4\pi\beta\text{-}\gamma$ .

3. *Mesure de fluence de neutrons d'une source*  $\text{D}(d, n)^3\text{He}$ . — Rappelons que nous constituons une source de neutrons monocinétiques  $\text{D}(d, n)^3\text{He}$  par accélération d'un faisceau atomique de deutons de 100 keV dirigé sur une cible de titane deutéré. La mesure de fluence de neutrons dans une direction d'émission déterminée s'effectue par deux méthodes indépendantes : par comptage de la particule  $^3\text{He}$  associée à l'émission du neutron, et par détection du neutron par proton de recul dans un scintillateur hydrogéné dont l'efficacité est déterminée, pendant la mesure, par le rapport entre le nombre de coïncidences  $^3\text{He}$ -neutron et le nombre de particules  $^3\text{He}$  détectées. Une sérieuse difficulté que nous avons rencontrée est la formation lente d'un dépôt sur la cible, qui entraînait un déplacement progressif du centre de gravité de la source; il en résultait un écart systématique, croissant avec le temps, dans la confrontation des deux méthodes de mesure. Actuellement, avec une cible fraîche de titane deutéré, le spectre des  $^3\text{He}$  enregistrés en coïncidence avec les neutrons est moins riche en impulsions de basse énergie et plus conforme au calcul. On vérifie que le centre de gravité de la source est bien confondu avec le centre géométrique par l'égalité de comptage des neutrons suivant deux directions symétriques

par rapport à l'axe du faisceau de deutons. Par ailleurs, dans des mesures où la cible est remplacée par une feuille d'aluminium, on a pu établir que la source secondaire de neutrons qui se forme par fixation de deutérium sur le diaphragme en tantale situé à 24 cm en arrière de la cible représente 0,4 % de la source principale. Le tableau ci-dessous montre les résultats obtenus pour trois séries de mesures effectuées avec un faisceau de deutons de 100 keV-2  $\mu$ A et observation des  $^3\text{He}$  à 150° de la direction des deutons. On compare les résultats obtenus pour le nombre de neutrons émis par la source dans l'angle solide du scintillateur, suivant qu'on déduit ce nombre du comptage des  $^3\text{He}$  ou du comptage des neutrons.

Mesure N°	(1)	(2)	(3)
Comptage $^3\text{He}$ .....	7 771	5 045	4 443
Comptage neutrons (corrigé)	7 820	5 044	4 458
Écart (%) .....	+ 0,6	0,0	+ 0,3

Les facteurs de correction qui ont été appliqués au comptage des neutrons par le scintillateur sont :

diffusion par le porte-cible	0,977
correction d'efficacité	0,991
source secondaire	0,996.

L'erreur sur la mesure de fluence étant de  $\pm 1$  % pour chacune des deux méthodes, les résultats obtenus sont donc concordants. Cependant, il faut signaler que dans la comparaison des deux méthodes il intervient un facteur de conversion des angles solides de détection du système de centre de masse au système du laboratoire; pour un angle d'observation des  $^3\text{He}$  de 150°, ce facteur varie notablement en fonction de l'énergie moyenne effective des deutons qui contribuent à la réaction : pour une variation de 5 keV de l'énergie moyenne des deutons, le facteur de conversion varie de 1,8 %. Dans les résultats du tableau ci-dessus, le facteur de conversion qui a été utilisé suppose une distribution uniforme du deutérium dans la cible. Les distributions expérimentales des spectres de particules chargées  $^3\text{He}$ ,  $^3\text{H}$  et  $^1\text{H}$  des deux réactions  $\text{D}(d, n)^3\text{He}$  et  $\text{D}(d, p)^3\text{H}$  ont été confrontées aux distributions calculées en utilisant les relations empiriques, données dans la littérature, entre l'énergie des deutons et le pouvoir d'arrêt dans la matière. Ces distributions sont cohérentes avec l'hypothèse d'une distribution uniforme du deutérium dans la cible. Aucune variation de cette répartition n'a pu être établie avec certitude pendant une évolution de structure de la cible. En vue d'utiliser des cibles de polythène deutéré, qui offrent l'avantage d'une distribution de deutérium initialement uniforme et qui déterminent une diffusion coulombienne des deutons dans la cible beaucoup plus faible que pour les cibles de titane deutéré, un dispositif de refroidissement de la cible à l'azote liquide a été étudié sur des cibles de polythène normal enrichies en deutérium par impact du faisceau de deutons. De nouvelles mesures en faisceau atomique de deutons avec observation des  $^3\text{He}$  à 90° sont envisagées, car pour cette direction d'observation l'erreur sur l'énergie moyenne des deutons est du second ordre dans la confrontation

des deux méthodes de mesure de fluence. Pour la comparaison entre laboratoires des mesures de fluence de neutrons monocinétiques par détection de la particule associée à l'émission du neutron, le principe des méthodes de comparaison doit être discuté lors de la prochaine réunion du Groupe de travail des mesures neutroniques.

*Développement de l'appareillage et nouveaux dispositifs pour les mesures neutroniques (L. Lafaye)*

a. Pour la source de neutrons Ra-Be ( $\alpha$ , n):

dispositif électromécanique permettant d'enrober à distance le cylindre en alliage « monel » de la capsule contenant le sel de radium de 200 mCi dans une chemise étanche de plexiglas de 1 mm d'épaisseur.

b. Pour la source de neutrons Ra-Be ( $\gamma$ , n):

dispositif électromécanique permettant de placer à distance la capsule de radium de 500 mCi successivement dans la sphère de beryllium de 3 cm de diamètre et dans une sphère de plexiglas étanche de 3 mm de paroi ajustée pour contenir la sphère de beryllium;

aménagement de la sphère en acier inoxydable de 50 cm de diamètre, du circuit de circulation de la solution de sulfate de manganèse et de l'enceinte de détection du rayonnement;

montage d'un second ensemble scintillateur NaI-photomultiplicateur de mêmes type et dimensions que celui qui existe déjà, pour permettre un contrôle mutuel d'une éventuelle variation d'efficacité de l'ensemble pour des conditions géométriques déterminées;

échelles de comptage adaptées à l'enregistrement sur bande de papier.

c. Pour la source de neutrons  $D(d, n)^3\text{He}$ :

porte-cible en aluminium pour l'observation à  $150^\circ$  permettant une meilleure reproductibilité et une meilleure définition de la position de la cible;

divers travaux d'entretien de l'accélérateur.

**Travaux en liaison avec des organismes internationaux et nationaux**

H. Moreau a achevé la préparation du manuscrit quadrilingue (français, anglais, allemand, russe) de la 3<sup>e</sup> édition du Vocabulaire International de l'Éclairage commun à la Commission Internationale de l'Éclairage et à la Commission Électrotechnique Internationale. La mise au point finale de ce Vocabulaire a encore nécessité quelques échanges de vues qui ont eu lieu par correspondance.

Le Bureau apporte sa contribution habituelle aux travaux de diverses organisations de normalisation, en particulier l'I.S.O./TC 12 et l'Association Française de Normalisation.

**Documentation et Système Métrique (H. Moreau)**

Dans le cadre de l'expansion du Système Métrique dans le monde, le Bureau continue à être fréquemment consulté sur les unités de mesure,

le SI, les étalons, etc. A signaler notamment les visites de Mr M. E. O'Hagan (Institute for Industrial Research and Standards, Dublin) qui est venu se documenter pour l'organisation d'un laboratoire national de métrologie, de Mr J. L. Whitwell (South African Bureau of Standards), de Mr Prabhaj Keonil (Applied Scientific Research Corporation, Bangkok) et de MM. Bello et Oyinkanola (Poids et Mesures du Nigeria).

Les développements récents du Système Métrique dans le monde sont résumés dans une annexe aux Comptes rendus de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures.

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

Depuis octobre 1967, les publications suivantes sont parues ou en cours d'impression :

1<sup>o</sup> *Comité Consultatif des Unités*, 1<sup>re</sup> session (1967).

2<sup>o</sup> *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde*, 4<sup>e</sup> session (1967).

3<sup>o</sup> *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures*, tome 35 (56<sup>e</sup> session, octobre 1967).

4<sup>o</sup> *Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures*, Volume 1, 1966-1967.

Cette nouvelle collection (voir *Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 34, 1966, p. 25; 35, 1967, p. 86) rassemble les tirés à part (ou les résumés) des articles sur les travaux effectués au Bureau International et qui sont publiés dans des revues et ouvrages scientifiques et techniques, ainsi que certains travaux ayant fait l'objet de rapports multico copiés à diffusion limitée.

5<sup>o</sup> Un rapport multico pié : — Report on the international comparison of dilution and source preparation methods by means of <sup>60</sup>Co. Part 1: Results of the individual laboratories, par J. W. Müller et A. Rytz (septembre 1967); ce rapport est publié dans le *Recueil de Travaux du B.I.P.M.*, Vol. 1.

Le compte rendu de la 8<sup>e</sup> session (1967) du Comité Consultatif de Thermométrie est en préparation. La composition des comptes rendus des cinq séances d'octobre 1967 de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures est achevée; les comptes rendus complets seront publiés après l'achèvement des travaux de cette Conférence Générale dont la fin de la session a été ajournée en octobre 1968.

#### Publications extérieures

TERRIEN (J.), Les étalons de départ des mesures physiques. In « Acquisitions récentes et tendances actuelles en physique et chimie, Centre International de Synthèse, XXVII<sup>e</sup> semaine, Mai 1966 », pp. 83-103, Edit. Aubier-Montaigne, Paris, 1968.

TERRIEN (J.) et MOREAU (H.), Rapport d'activité du Comité C.I.E./E-1.1 (Définitions-Vocabulaire), *Comm. Intern. Éclairage*, Compte rendu 16<sup>e</sup> session, Washington, 1967, Vol. A, pp. 31-34.

BONHOURE (J.) et TERRIEN (J.), The new standard manobarmeter of

the Bureau International des Poids et Mesures, *Metrologia*, 4, N° 2, 1968, pp. 59-68.

GIACOMO (P.), Les couches minces, éléments d'optiques modernes, In « Proceedings of the second colloquium on thin films, Budapest 1967 », pp. 225-232, Edit. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen et Akadémiai Kiadó, Budapest, 1968.

GIRARD (G.) et MENACHÉ (M.), Étude de la variation de la masse volumique de l'eau en fonction de sa composition isotopique, *C.R. Acad. Sci.*, 265, 1967, pp. 709-712.

NIATEL (M.-T.), An experimental study of ion recombination in parallel-plate free-air ionization chambers, *Phys. Med. Biol.*, 12, N° 4, 1967, pp. 555-563.

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

Dans la liste 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 Bureau a effectué les voyages suivants :

— à Winnipeg, Canada : participation à la réunion de la Commission des masses atomiques et constantes physiques associées de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, et à la Conférence organisée à cette occasion du 28 août au 1<sup>er</sup> septembre 1967 (avec A. Rytz);

— à Washington, puis à Ottawa : participation au Comité Consultatif de Thermométrie, du 6 au 14 septembre 1967;

— à Lucerne, Suisse : participation à la réunion de la section IV (gravimétrie) de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale (avec A. Sakuma), les 26 et 27 septembre 1967;

— au N.P.L., Teddington : participation à la réunion du comité de rédaction chargé par le Comité Consultatif de Thermométrie de mettre au point la révision de l'Échelle Internationale Pratique de Température, du 3 au 5 janvier 1968;

— au Kamerlingh Onnes Laboratorium, Leyde, Pays-Bas : deuxième réunion du même comité de rédaction du 8 au 10 mai 1968;

— au laboratoire de l'Euratom, Geel, Belgique : visite au directeur, Mr J. Spaepen, pour discussions sur les dosages d'isotopes dans l'eau et les mesures de densité, le 26 mars 1968;

— à Turin, Italie : visite de l'Institut de Thermométrie et de l'Institut Dynamométrique, et exposé sur les mesures de longueur le 17 avril 1968;

— à Washington : visite du N.B.S. et entretiens avec MM. A. V. Astin, A. G. McNish, L. E. Barbrow, R. P. Hudson, du 22 au 24 juin 1968;

— à Boulder, États-Unis : visite du N.B.S. et du Joint Institute for Laboratory Astrophysics, et participation à la Conférence on Precision Electromagnetic Measurements, du 25 au 28 juin 1968, avec un exposé général sur les comparaisons internationales d'étalons de mesure;

— visite du N.R.C. à Ottawa et entretiens avec le président du Comité International des Poids et Mesures, du 1<sup>er</sup> au 8 juillet 1968;

— visite du N.P.L. à Teddington et participation à la réunion de la Commission des masses atomiques et constantes associées le 2 août 1968.

A. Rytz a participé, du 28 août au 1<sup>er</sup> septembre 1967, à la Troisième Conférence Internationale sur les masses atomiques à l'Université de Manitoba, Winnipeg, Canada. Il a ensuite visité les Chalk River Nuclear Laboratories, les laboratoires du N.R.C. à Ottawa, le département de chimie de l'Université Laval à Québec, le Radiation Physics Laboratory du M.I.T. à Cambridge, États-Unis, et finalement plusieurs laboratoires du N.B.S. à Gaithersburg.

A. Allisy a participé aux réunions suivantes : ++ du 20 au 30 septembre 1967, à Madrid : Main Commission I.C.R.U.; + du 16 au 20 octobre 1967, à Vienne : « Panel on Medical Radiation Dosimetry » (représentant le B.I.P.M. et l'I.C.R.U.); du 13 au 15 novembre 1967, à Ispra : « Symposium on Microdosimetry »; ++ du 24 au 29 juin 1968, à Munich : Comité Ad Hoc I.C.R.U. Il a donné, du 12 au 14 février 1968, une série de conférences sur la dosimétrie au Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, Bologne, Italie.

A. Sakuma a participé, du 26 au 30 septembre 1967, à la 14<sup>e</sup> Assemblée Générale de l'U.G.G.I., à Lucerne, où il a présenté les résultats de ses mesures de  $g$ . ++ Les 30 novembre-1<sup>er</sup> décembre 1967 et 1-2 juillet 1968, il s'est rendu à l'Istituto Dinamometrico Italiano, à Turin, où il a fait une conférence et donné des conseils techniques en matière de gravimétrie et d'interférométrie; il reste en rapports suivis avec cet institut. Du 8 avril au 14 juin, il s'est rendu, avec sa famille, dans son pays natal; au cours de son voyage, il a participé, à Washington, du 8 au 11 avril, à la réunion de l'American Geophysical Union; il y a fait un exposé sur la gravimétrie au Bureau International; il a également fait des conférences et participé à des tables rondes diverses : Aerospace Corporation (El Segundo, Calif.), University of Hawai (Honolulu), National Research Laboratory of Metrology (Tokyo), International Latitude Observatory (Mizusawa), Japanese Union of Geophysics and Astrophysics (Tokyo), etc.

G. Girard a participé à Berne, dans le cadre de l'Assemblée Générale de l'U.G.G.I., du 4 au 6 octobre 1967, aux réunions du Joint Panel on Oceanographic Tables and Standards et à un Symposium sur les propriétés physiques de l'eau de mer où, avec Mr Menaché, il a présenté les premiers résultats de l'étude en cours sur la masse volumique de l'eau.

P. Giacomo a séjourné, du 26 février au 9 mars 1968, au National Physical Laboratory (Teddington) où il s'est plus spécialement documenté sur les travaux concernant les mesures de longueur (interférométrie, comptage de franges, lasers).

J. Bonhoure a fait le 20 juin 1968, à la Société Française des Électriciens, un exposé sur la radiométrie absolue et la comparaison internationale des échelles radiométriques.

H. Moreau<sup>+</sup> a visité le 5 juillet 1968 le Bureau Fédéral des Poids et Mesures à Wabern, Suisse, en profitant d'un déplacement à Genève au Bureau Central de la C.E.I.

Dans le cadre de la mise en service de notre ordinateur, plusieurs réunions du personnel intéressé ont eu lieu au Bureau; quelques exposés ont été présentés à cette occasion sur divers aspects pratiques du calcul par P. Carré, R. Czerwonka, J. Milobedzki.

### Visites et stages au Bureau International

Les visites de personnalités de divers pays, de groupes d'étudiants ou de chercheurs sont toujours aussi nombreuses. Nous mentionnerons seulement les visites de plusieurs jours et les stages de longue durée :

Comme les années précédentes, 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), M<sup>lle</sup> A.-M. Roux et Mr V. D. Huynh (Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants, Paris), ont participé de façon permanente au travail du groupe des rayons X et du groupe de mesures neutroniques de la Section des radiations ionisantes du Bureau.

Mr B. Grennberg (Institut de Physique de l'Université d'Uppsala) poursuit son stage consacré à la construction et à l'utilisation du spectromètre d'énergie alpha.

Mr Gupta (National Physical Laboratory, New Delhi) a effectué en septembre 1967 un stage de trois semaines à la section des masses, où il s'est familiarisé avec nos méthodes de comparaison et d'étalonnage.

MM. Busuoli et Lembo (Comitato Nazionale per l'Energia Nucleare, Bologne), du 24 au 27 octobre 1967.

Mr Seung Yup Park, directeur du Fine Instruments Center, Séoul, Corée, les 11 et 12 décembre 1967.

M<sup>me</sup> Calcatelli (Istituto Dinamometrico Italiano, Turin), du 12 au 14 décembre 1967.

Mr Gaudin (Société I.B.M. France) a fait un stage de un mois, en décembre 1967, pour s'initier à nos problèmes de programmation.

MM. R. Kaarls et W. Schaad, chargés d'établir un laboratoire d'étalonnage électrique pour le Service de Métrologie des Pays-Bas, les 23 et 24 janvier 1968.

Mr Somerwil (Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Utrecht), pour une comparaison internationale d'étalons d'exposition dans le domaine des rayons X mous, du 26 février au 1<sup>er</sup> mars 1968.

Mr P. Jeanguenin, responsable de la conservation des étalons électriques au Bureau Fédéral des Poids et Mesures Suisse, à Wabern, les 2 et 3 avril 1968.

MM. Blandy et Latuatti (Laboratoire National d'Essais, Paris) ont fait un stage de deux mois, en mai-juin-juillet 1968, pour s'initier aux mesures interférentielles.

Mr Norlén (Université de Lund, Suède) a séjourné au Bureau plusieurs semaines, en juin et juillet 1968, pour effectuer diverses mesures interférentielles de longueurs d'ondes (*voir* p. 40).

MM. J. E. Faller, J. A. Hammond et M. J. Hulett (Wesleyan University, Middletown, États-Unis) ont séjourné au B.I.P.M. pendant environ une semaine, à la fin de juillet 1968, afin d'effectuer des mesures de l'accélération due à la pesanteur au moyen de l'appareil transportable qu'ils avaient précédemment utilisé au N.B.S. et au N.P.L. (*voir* p. 50).

## CERTIFICATS. NOTES D'ÉTUDE

Pendant la période du 1<sup>er</sup> septembre 1967 au 31 août.1968  
66 Certificats et 6 Notes d'étude ont été délivrés.

### CERTIFICATS

1967

N°		
16.	Quatre calibres en acier de 25, 50, 75 et 100 mm .....	Laboratoire National d'Essais, Paris.
17.	Kilogramme prototype, N° 56 .....	Afrique du Sud.
18.	Quatre thermomètres Prolabo, N°s 192, 193, 195 et 196 .....	Société Genevoise d'Instruments de Physique, Genève.
19.	Quatre thermomètres Prolabo, N°s 191, 194, 197 et 198 .....	Id:
20.	Calibre étalon en acier de 250 mm .....	Office National des Mesures, Budapest.
21.	Fil de 24 m, N° 1207 (addition) .....	Société Française de Stéréotopogra- phie, Paris.
22.	Fil de 24 m, N° 1314 (addition) .....	Id.
23.	Mètre prototype, N° 3C .....	Danemark.
24.	Étalon de 1 ohm, N° 8148 .....	Service de la Métrologie Belge, Bruxelles.
25.	Étalon de 1 ohm, N° 3894 .....	Id.
26.	Étalon de 1 ohm, N° L-93 262 .....	Id.
27.	Étalon de 0,1 ohm, N° L-378 019 .....	Id.
28.	Deux étalons de force électromotrice, N°s 397 351 et 397 367 .....	Office National des Mesures, Budapest.
29.	Deux étalons de force électromotrice, N°s 347 902 A et B (addition) .....	Id.

1967 (suite)

N°		
30.	Quatre étalons de force électromotrice, N°s 378 257 A et B, 378 322 et 378 351 (addition) .....	Société Anonyme Belge de Constructions Aéronautiques, Bruxelles.
31.	Etalon de 0,1 ohm, N° 134 899 MF 01 (addition) .....	Id.
32.	Deux étalons de 1 ohm, N°s 1 617 922 et 134 900 MF 01 (addition) .....	Id.
33.	Douze étalons de force électromotrice, N°s 7500 à 7511 .....	Det Norske Justervesen, Oslo.
34.	Trois étalons de force électromotrice, N°s 847, 848 et 849 .....	Institut de Recherche de la Défense Nationale, Stockholm.
35.	Six étalons de force électromotrice, N°s 878 à 883 .....	Institut National des Tests Industriels, Stockholm.
36.	Six étalons de force électromotrice, N°s 7425, 7428, 7429, 7433, 7440 et 7441 .	Id.
37.	Etalon de 1 ohm, N° FOA 3M-04 906 .....	Institut de Recherche de la Défense Nationale, Stockholm.
38.	Etalon de 1 ohm, N° 84 490 309 (addition) .	Urad pro Normalizaci, Prague.
39.	Etalon de 1 ohm, N° 1 862 550 .....	Id.
40.	Etalon de 10 ohms, N° 4 707 753 .....	Id.
41.	Etalon de 100 ohms, N° 1 862 720 .....	Id.
42.	Deux étalons secondaires d'intensité lumineuse, N°s 29 A et 43 A (Tc 2353 °K) (addition) .....	Laboratoire Central d'Electricité, Rhode-St-Genese.
43.	Quatre étalons secondaires de flux lumineux, N°s 2B, 2C, 2E, 2H (Tc 2353 et 2788 °K) .....	Id.
44.	Etalon de 1 ohm, N° 000 312 (addition) ....	Direction Générale de la Métrologie, de la Normalisation et des Inventions, Bucarest.
45.	Etalon de 1 ohm, N° 017 204 .....	Id.
46.	Etalon de 10 ohms, N° 021 054 .....	Id.
47.	Etalon de 100 ohms, N° 022 625 .....	Id.
48.	Etalon de 1 000 ohms, N° 024 934 .....	Id.
49.	Etalon de 10 000 ohms, N° 028 132 .....	Id.
50.	Etalon de 0,1 ohm, N° 014 723 .....	Id.
51.	Etalon de 0,01 ohm, N° 011 711 .....	Id.
52.	Ruban de 50 m en invar, N° 94 .....	Yugolaboratorija, Belgrade.
53.	Deux fils de 24 m, N°s 3 et 4 .....	Service du Cadastre, Paris.
54.	Fil de 10 m, N° 624 .....	Laboratoire National d'Essais, Paris.

1967 (suite)

N°		
55.	Fil de 14 m, N° 625 .....	Laboratoire National d'Essais, Paris.
56.	Cinq étalons secondaires d'intensité lumineuse, N°s 364/680, 369/685, 370/686, 371/687, 375/691 (Tc 2854 °K) .....	Office National des Mesures, Budapest.
57.	Trois étalons secondaires d'intensité lumineuse, N°s E 23, E 24, E 92 (Tc 2353 °K) .	Urad pro Normalizaci, Prague.
58.	Quatre étalons secondaires de flux lumineux, N°s 22 A, 22 B, 22 C, 22 D (Tc 2788 °K) .....	Id.
59.	Deux fils de 24 m, N° S 513 et S 514 (addition) .....	Société Française de Stéréotopographie, Paris.
60.	Fil de 24 m, N° 482 (addition) .....	Id.
61.	Fil de 24 m, N° 1320 (addition) .....	Id.
62.	Quatre étalons de force électromotrice ....	Centre National d'Etudes Spatiales, Brétigny-sur-Orge.

1968

1.	Quatre thermomètres Prolabo, N°s 199 à 202 .....	Société Genevoise d'Instruments de Physique, Genève.
2.	Quatre calibres étalons en acier de 125, 150, 175 et 400 mm .....	Institut de Normalisation, Mesures et Appareils de Mesure, Sofia.
3.	Série de masses de 10 à 2 kg .....	National Physical Laboratory for Metrology, Le Caire.
4.	Deux fils de 24 m, N°s 607 et 608 (addition) .....	Institut Géographique National, Paris.
5.	Fil de 24 m, N° 341 (addition) .....	Id.
6.	Fil de 24 m, N° 342 (addition) .....	Id.
7.	Trois fils de 20 m, N°s 1253, 1266 et 1268 (addition) .....	Id.
8.	Trois fils de 12 m, N°s 1, 42 et 193 (addition) .....	Id.
9.	Trois fils de 8 m, N°s 1379, 1381 et 1383 (addition) .....	Id.
10.	Trois fils de 4 m, N°s 1, 690 et 1223 (addition) .....	Id.
11.	Ruban de 4 m en invar, N° 6906 (addition) .	Electricité de France, Paris.
12.	Kilogramme en nickel-chrome, N° 1 (addition) .....	National Physical Research Laboratory, Pretoria.
13.	Série de masses de 500 g à 1 mg, N° 85 ....	Urad pro Normalizaci, Prague.
14.	Quatre fils de 24 m, N°s 676, 679, 680 et 684 (addition) .....	Institut Géographique de l'Armée Populaire Yougoslave, Belgrade.

1968 (suite)

N°

- |     |   |   |
|-----|---|---|
| 15. | Fil de 8 m, N° 591 (addition) .....                         | Institut Géographique de l'Armée<br>Populaire Yougoslave, Belgrade. |
| 16. | Kilogramme prototype, N° 44 (addition) ....                 | Australie.  |
| 17. | Kilogramme en platine iridié, marqué IV<br>(addition) ..... | Laboratoire National d'Essais,<br>Paris.                            |
| 18. | Trois étalons de force électromotrice .....                 | Centre d'Essais en Vol,<br>Brétigny-sur-Orge.                       |
| 19. | Règle en invar, N° 10 230 .....                             | Organisation Européenne pour la<br>Recherche Nucléaire, Genève.     |

NOTES D'ETUDE

1967

- |    |   |   |
|----|---|---|
| 5. | Etalon spécial de résistance, N° 159 462 .. | Office Central de Métrologie,<br>Varsovie.                            |
| 6. | Cinq thermomètres à mercure .....           | Société Anonyme Belge de Construc-<br>tions Aéronautiques, Bruxelles. |

1968

- |    |  |  |
|----|--|--|
| 1. | Masse en acier inoxydable .....  | Stanton Instruments Ltd., Londres.                                     |
| 2. | Etude de la dilatabilité de quatre<br>longueurs de fil d'invar de 24 m ..... | Organisation Européenne pour la<br>Recherche Nucléaire, Genève.        |
| 3. | Cale en silice de 256 mm .....   | Laboratoire Central des Industries<br>Electriques, Fontenay-aux-Roses. |
| 4. | Trois règles en invar, N°s 11 910, 11 914<br>et 11 915 (addition) .....      | Norges Geografiske Oppmaling,<br>Oslo.                                 |

#### IV. — 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 1967.

##### Compte I. — Fonds ordinaires

###### RECETTES

	francs-or
Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1967.....	786 956,47
Recettes de l'exercice.....	<u>1 782 864,83</u>
Total.....	<u><u>2 569 821,30</u></u>

###### DÉPENSES

	francs-or
Dépenses budgétaires.....	1 696 195,71
Différences de change.....	6 780,56
Versement au compte « Remboursements aux États ».....	7 500,00
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1967.....	<u>859 345,03</u>
Total.....	<u><u>2 569 821,30</u></u>

###### DÉTAIL DES RECETTES

Versements de contributions :		francs-or
au titre de l'exercice 1967.....	1 563 974,00	}
au titre des exercices antérieurs.....	90 264,00	
au titre de l'exercice 1968.....	75 198,00	
Intérêts des fonds.....		29 176,13
Taxes de vérification.....		5 208,28
Remboursements des taxes sur les achats.....		17 681,50
Recettes diverses.....		<u>1 362,92</u>
Total.....		<u><u>1 782 864,83</u></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.....	812 502,75	} 977 117,56	830 000	} 991 000	17 497,25	-		
2. Allocations familiales.....	53 039,22		50 000		-	3 039,22		
3. Sécurité sociale.....	29 002,99		28 000		-	1 002,99		
4. Assurance-accidents.....	7 572,60		8 000		427,40	-		
5. Caisse de Retraites.....	75 000,00		75 000		-	-		
<b>B. Dépenses de fonctionnement :</b>								
1. Bâtiments (entretien).....	145 451,41	} 413 425,14	160 000	} 439 000	14 548,59	-		
2. Mobilier.....	3 851,53		10 000		6 148,47	-		
3. Laboratoire et ateliers.....	132 306,79		125 000		-	7 306,79		
4. Chauffage, eau, énergie électrique...	35 480,37		60 000		24 519,63	-		
5. Assurances.....	3 305,10		4 000		694,90	-		
6. Impressions et publications.....	26 587,37		30 000		3 412,63	-		
7. Frais de bureau.....	27 576,13		28 000		423,87	-		
8. Voyages.....	28 866,44		12 000		-	16 866,44		
9. Bureau du Comité.....	10 000,00		10 000		-	-		
<b>C. Dépenses d'investissement :</b>								
1. Laboratoire.....	208 206,98	} 253 995,37	190 000	} 255 000	-	18 206,98		
2. Atelier de mécanique.....	22 367,52		40 000		17 632,48	-		
3. Atelier d'électronique.....	13 319,07		10 000		-	3 319,07		
4. Bibliothèque.....	10 101,80		15 000		4 898,20	-		
<b>D. Frais divers et imprévus :</b>								
	51 657,64		85 000		33 342,36	-		
<b>Totaux.....</b>	<b>1 696 195,71</b>		<b>1 770 000</b>		<b>123 545,78</b>	<b>49 741,49</b>		

**Compte II. — Caisse de Retraites**

RECETTES

Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1967.....	francs-or 98 945,53
Intérêts des fonds.....	3 707,23
Retenues sur les traitements.....	37 285,23
Virement du Compte I.....	75 000,00
<b>Total.....</b>	<b>214 937,99</b>

DÉPENSES

Pensions servies.....	francs-or 68 419,83
Remboursement des cotisations d'une secrétaire démissionnaire....	1 657,80
<b>ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1967.....</b>	<b>144 860,36</b>
<b>Total.....</b>	<b>214 937,99</b>

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

Ce compte n'a enregistré en 1967 aucun mouvement en recette ou en dépense. Comme au 1<sup>er</sup> janvier 1967, il se présente ainsi :

ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1967.....	francs-or <u>8 663,59</u>
--------------------------------	------------------------------

**Compte IV. — Laboratoire pour les radiations ionisantes**

**RECETTES**

Actif au 1 <sup>er</sup> janvier 1967.....	francs-or 538 636,79
Recettes de l'exercice.....	<u>72 117,25</u>
<b>Total.....</b>	<b><u>610 754,04</u></b>

**DÉPENSES**

Dépenses de l'exercice.....	francs-or 249 304,40
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1967.....	<u>361 449,64</u>
<b>Total.....</b>	<b><u>610 754,04</u></b>

**DÉTAIL DES RECETTES**

Versements de contributions exceptionnelles.....	francs-or 55 592,00
Intérêts des fonds.....	12 604,41
Remboursements de taxes sur les achats.....	<u>3 920,84</u>
<b>Total.....</b>	<b><u>72 117,25</u></b>

**DÉTAIL DES DÉPENSES**

Bâtiments.....	francs-or 10 181,38
Équipement scientifique de base.....	<u>239 123,02</u>
<b>Total.....</b>	<b><u>249 304,40</u></b>

## Bilan

AU 31 DÉCEMBRE 1967

	francs-or
Compte I « Fonds ordinaires ».....	859 345,03
Compte II « Caisse de Retraites ».....	144 860,36
Compte III « Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique ».....	8 663,59
Compte IV « Laboratoire pour les radiations ionisantes ».....	361 449,64
ACTIF NET.....	<u>1 374 318,62</u>

Cet actif se décompose comme suit :

*a.* Les fonds déposés en banque :

	francs-or
1° En monnaie française.....	209 559,73
2° En monnaie U.S.A. ....	632 167,62
3° En monnaie suisse.....	519 295,17
4° En monnaie britannique.....	15 376,61

<i>b.</i> Les espèces en caisse.....	15 405,62
Total.....	<u>1 391 804,75</u>

*A déduire :*

Provision pour remboursements aux États.....	15 000,00	}	17 486,13
Créditeurs divers.....	2 486,13		
ACTIF NET.....			<u>1 374 318,62</u>

---

**DOUZIÈME RAPPORT**  
DU  
**COMITÉ CONSULTATIF D'ÉLECTRICITÉ**  
AU  
**COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES**

Par P. VIGOUREUX, Rapporteur

---

Le Comité Consultatif d'Électricité (C.C.E.) a tenu sa douzième session au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, au cours de cinq séances les 1<sup>er</sup>, 2 et 3 octobre 1968 <sup>(1)</sup>.

Étaient présents : Mr F. J. LEHANY, président.

Les délégués des laboratoires membres :

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [P.T.B.], Braunschweig  
(H. CAPPTULLER, H. J. SCHRADER).

National Bureau of Standards [N.B.S.], Washington (C. H. PAGE).

Conseil National de Recherches [N.R.C.], Ottawa (A. F. DUNN).

Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris (P. B. OLMER,  
J. BLOUET, N. ELNÉKAVÉ, Laboratoire Central des Industries  
Électriques [L.C.I.E.], Fontenay-aux-Roses).

Electrotechnical Laboratory [E.T.L.], Tokyo (Y. INOUE).

Institut de Métrologie D. I. Mendéléev [I.M.M.], Leningrad  
(Mme T. B. ROJDESTVENSKAIA) <sup>(2)</sup>.

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris [I.E.N.], Turin  
(E. ARRI, G. GIACHINO).

National Standards Laboratory [N.S.L.], Chippendale (A. M.  
THOMPSON).

National Physical Laboratory [N.P.L.], Teddington (P. VIGOU-  
REUX, A. E. BAILEY, G. H. RAYNER).

---

<sup>(1)</sup> La liste des documents de travail et des communications présentés à cette session est publiée dans *Comité Consultatif d'Électricité*, 12<sup>e</sup> session, 1968, Annexe E 1.

<sup>(2)</sup> Retardée dans son voyage, Mme Rojdestvenskaia n'a pu assister qu'aux deux dernières séances.

Le Directeur du Bureau International [B.I.P.M.], J. TERRIEN. Assistaient aussi à la session : MM. G. LECLERC et A. SAKUMA (B.I.P.M.), invités.

Mr H. KÖNIG (Berne), membre nominativement désigné, s'était excusé; MM. W. KEMNITZ et W. SCHLESOK (Deutsches Amt für Messwesen und Warenprüfung [D.A.M.W.], Berlin) et Mr V. YOVANOVITCH, membre nominativement désigné, empêchés, étaient absents.

Après avoir souhaité la bienvenue aux participants le *Président* rappelle la mort de R. Hérou, du L.C.I.E., survenue en 1966 et prie l'assistance d'observer quelques instants de silence pour honorer sa mémoire.

L'ordre du jour est adopté et Mr Vigoureux (assisté de Mr Leclerc comme secrétaire) est nommé rapporteur.

Mr *Terrien* rappelle les principales conclusions du rapport de la 11<sup>e</sup> session (1965), rapport qui fut adopté par le Comité International des Poids et Mesures à sa session d'octobre 1965.

#### Comparaisons des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice

Mr Leclerc commente les résultats des onzièmes comparaisons des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice effectuées au B.I.P.M. en 1966-1967 (Annexes E 2 et E 3) <sup>(3)</sup>. Ces résultats montrent que les comparaisons permettent un rattachement des représentations nationales de l'ohm à  $\Omega_{\text{BIPM}}$  avec une précision de quelques  $10^{-7}$ . Pour le volt la précision n'est guère meilleure que  $10^{-6}$ , les changements que subissent les étalons de force électromotrice pendant leur transport limitant la précision des comparaisons. Les résultats obtenus indiqueraient peut-être une très légère augmentation de  $V_{\text{BIPM}}$ , à peine significative, dans les dix dernières années.

Sur la demande de Mr *Page*, il est proposé qu'à l'avenir le Bureau International publie aussi les résultats des comparaisons dans *Metrologia* afin que ces résultats soient portés le plus rapidement possible à la connaissance du monde scientifique, par un bref article qui devra expliquer ce que l'on entend par « unités nationales ».

Le C.C.E. confirme que les prochaines comparaisons devront, comme par le passé, être faites trois ans après les précédentes. Le B.I.P.M. prie les laboratoires participants de lui envoyer leurs étalons voyageurs au plus tard le 1<sup>er</sup> décembre 1969.

---

<sup>(3)</sup> Les Annexes E mentionnées dans ce rapport sont publiées dans *Comité Consultatif d'Électricité*, 12<sup>e</sup> session, 1968.

### Comparaisons circulaires d'étalons de capacité

#### 1° *Étalons de 10 pF*

Les deux premiers cycles des comparaisons ont été terminés comme il avait été prévu (Annexe E 4). Mr Leclerc fait remarquer que, bien que plusieurs des laboratoires aient utilisé comme base des condensateurs calculables, les écarts entre les résultats de ces laboratoires dépassent  $10^{-6}$ . Mr *Dunn* pense que l'écart constaté pour le N.R.C. s'explique sans doute par quelques changements d'un condensateur, qui est actuellement à l'étude dans ce laboratoire.

La discussion porte ensuite sur l'opportunité de divulguer ou non les résultats avant la fin des comparaisons. Le C.C.E. décide que, contrairement à ce qui avait été prévu à l'origine, les résultats seraient désormais communiqués à tous les participants aussitôt qu'ils seraient disponibles.

Mr *Terrien* soulève ensuite la question de la température à laquelle les comparaisons devraient être faites, et souligne que le Bureau International s'intéresse à cette question puisque dans un proche avenir il pourrait être chargé de comparaisons internationales d'étalons de capacité électrique. Le C.C.E. confirme la conclusion déjà obtenue par correspondance : les résultats seront donnés à  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$  et les laboratoires qui préfèrent travailler à  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  appliqueront les corrections fournies par le N.B.S. Cette décision du C.C.E. au sujet de la température ne s'applique pas en général aux autres étalons.

Au cours de cette discussion Mr *Olmer* a fait remarquer qu'il faut distinguer deux températures : celle à laquelle on fait la mesure et celle à laquelle on conserve les étalons. Il serait plus coûteux et plus gênant pour bien des laboratoires de changer la seconde plutôt que seulement la première.

#### 2° *Étalons de 0,1 $\mu\text{F}$*

Le C.C.E. a pris connaissance des résultats de la deuxième et dernière partie de la comparaison circulaire commencée en 1959 (Annexe E 5).

Mr *Thompson* fait remarquer que cette deuxième partie a donné des résultats plus homogènes que la première, en particulier à cause de la meilleure stabilité des étalons retenus pour cette deuxième partie. La stabilité de ces étalons reste cependant inférieure à celle des condensateurs de  $10\text{ pF}$ ; il n'est donc pas utile de continuer à faire circuler des condensateurs au mica de  $0,1\text{ }\mu\text{F}$ . Mr *Thompson* remarque encore que l'accord sur les résultats des mesures des angles de pertes est encourageant.

### Déterminations absolues

Le C.C.E. a pris connaissance des travaux en projet ou en cours sur la détermination des unités électriques absolues, en particulier en ce qui concerne l'ampère (N.B.S., L.C.I.E.), le condensateur calculable Thomp-

son-Lampard (P.T.B., N.S.L., L.C.I.E., E.T.L., I.M.M. (Annexe E 6)) et la détermination du volt par une mesure de force électrostatique (N.S.L., L.C.I.E., E.T.L.) et en utilisant l'effet Stark (E.T.L., Annexe E 7).

**Ajustement des valeurs attribuées aux étalons nationaux  
et aux étalons du B.I.P.M.**

Mr Terrien remarque que selon les mesures absolues les plus exactes,  $\Omega_{\text{BIPM}}$  semble être égal à l'ohm absolu au millionième près, tandis que  $V_{\text{BIPM}}$  semble supérieur au volt absolu d'environ 11 millionièmes; il prie en conséquence le C.C.E. d'examiner l'opportunité de corriger cet écart. Après discussion le C.C.E. tombe d'accord sur la proposition du B.I.P.M. d'apporter une correction de  $-11 \times 10^{-6}$  à  $V_{\text{BIPM}}$  et de maintenir sans changement  $\Omega_{\text{BIPM}}$ .

La plupart des délégués indiquent que leur laboratoire a l'intention d'ajuster lui aussi ses unités électriques à cette occasion, si possible à la même date que le fera le B.I.P.M. Quelques laboratoires, par exemple le N.S.L., utiliseront les moyens dont ils disposent pour déterminer l'ohm absolu afin d'attribuer la valeur nécessaire à leurs étalons de résistance. D'autres laboratoires annoncent leur intention d'ajuster leurs étalons sur la base des résultats des comparaisons de 1967, en tenant compte éventuellement de la dérive de leurs étalons depuis la date moyenne de ces comparaisons. L'I.M.M. désire attendre l'achèvement prochain de déterminations en cours.

Le C.C.E. décide de soumettre au Comité International des Poids et Mesures la *Recommandation E 1* (p. 101).

Les changements prévus par les laboratoires sont les suivants :

Laboratoire	Changements à apporter aux « unités » des laboratoires	
	Résistance	Force électromotrice
D.A.M.W. (Berlin) .....	( <sup>1</sup> )	( <sup>1</sup> )
P.T.B. (Braunschweig) .....	- 5,1 $\mu\Omega$	- 10,4 $\mu\text{V}$
N.B.S. (Washington) .....	0	- 8,4
N.S.L. (Chippendale) .....	+ 3,8 ( <sup>2</sup> )	- 16,2
N.R.C. (Ottawa) .....	+ 2,7	- 8,0
L.C.I.E. (Fontenay-aux-Roses) .....	+ 12,2	- 6,1
I.E.N. (Turin) .....	0	- 10,1
E.T.L. (Tokyo) .....	0	- 8,3
N.P.L. (Teddington) .....	+ 3,7	- 13,0
I.M.M. (Leningrad) .....	0	( <sup>2</sup> )

(<sup>1</sup>) La correction, d'après les comparaisons internationales, serait inférieure à  $1 \mu\Omega$  pour résistance, et de  $-4 \mu\text{V}$  pour force électromotrice.

(<sup>2</sup>) La valeur exacte sera fondée sur l'ohm absolu selon les déterminations faites au N.S.L.

(<sup>3</sup>) Note ajoutée aux épreuves. En décembre 1969, l'I.M.M. a fait savoir qu'une correction de  $-16 \mu\text{V}$  a été apportée à la valeur de son « unité » de force électromotrice.

### Piles étalons

A sa session de 1965, le C.C.E. avait chargé le L.C.I.E. de faire une synthèse des rapports présentés sur la fabrication des éléments Weston. Le L.C.I.E. a préparé un document où ces renseignements sont rassemblés et Mr *Olmer* souhaite que les laboratoires lui communiquent les quelques informations qui manquent encore. Le C.C.E. remercie Mr *Olmer*; il prend ensuite connaissance des récents travaux présentés par plusieurs laboratoires sur les piles étalons (Annexes E 8, E 9, E 10).

Mr *Page* insiste sur l'intérêt qu'il y aurait à maintenir les piles voyageuses, durant les transports, à la température à laquelle elles sont conservées; il décrit un dispositif commercial construit dans ce but et qu'il vient d'utiliser pour le mettre à l'épreuve pendant un transport N.B.S.-B.I.P.M. et retour. Il pense que la précision du rattachement des unités serait améliorée par l'emploi d'un tel dispositif. Le C.C.E. est d'accord pour que lors de la prochaine comparaison internationale, les laboratoires qui le désireraient envoient leurs piles dans des enceintes thermorégulées, et le B.I.P.M. se déclare disposé à mesurer chaque groupe d'étalons à la température à laquelle ils sont maintenus.

### Diodes de Zener

Le C.C.E. a pris connaissance des études faites par la P.T.B., le N.B.S. et l'I.M.M. D'après des mesures effectuées à la P.T.B. et au N.B.S. sur trois diodes appartenant au N.B.S., il ressort que les valeurs attribuées par ces deux laboratoires à ces trois diodes ont présenté un écart moyen relatif de  $1,3 \times 10^{-6}$ . L'I.M.M. a continué ses travaux sur des diodes fabriquées en U.R.S.S. et a obtenu des résultats qui, comme ceux du N.B.S. et de la P.T.B., sont encourageants.

### Contrôle de la permanence des étalons de référence

Mr *Vigoureux* remarque que l'on dispose de trois appareils qui permettent, ou permettront bientôt, de contrôler la stabilité des étalons qui servent à la conservation des unités électriques. Ce sont :

1° l'appareil pour la mesure du coefficient gyromagnétique du proton qui permet de contrôler l'ampère;

2° l'appareil pour la mesure de  $h/e$  par l'effet Josephson, qui permet de contrôler le volt;

3° le condensateur calculable utilisé pour réaliser le farad et l'ohm, qui peut servir également au contrôle des étalons de capacité et de résistance.

Puisque trois de ces unités sont liées par la loi d'Ohm, deux méthodes suffiraient pour leur contrôle. On dispose par conséquent d'une surabondance de méthodes de contrôle, ce qui permettra de vérifier leur concordance.

### Passage courant continu-courant alternatif

Depuis quelques années plusieurs laboratoires ont étudié des méthodes de mesure en courant alternatif par référence aux étalons qui servent en courant continu. Parmi ces méthodes, celle qui utilise le thermocouple a été mise au point au N.B.S., à l'E.T.L. (Annexe E 11), au N.P.L., à l'I.M.M. (Annexe E 12) et ailleurs.

Mr *Page* annonce que des comparaisons sont envisagées entre le N.B.S. et le N.P.L., et il invite d'autres laboratoires, par exemple l'I.M.M., à s'associer à ce travail.

Après une discussion provoquée par Mr *Schrader* sur l'intérêt de ces comparaisons, le C.C.E. approuve la poursuite des mesures comparatives en cours ou en projet.

### Rapports des Groupes de travail

#### *Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences*

Mr *Blouet* présente le rapport de ce Groupe de travail (p. 102) qui s'est réuni les 23, 24 et 25 septembre 1968 sous la présidence de Mr *Lehany*. Le C.C.E. approuve les recommandations présentées par ce Groupe (p. 103) et le remercie pour le travail qu'il a effectué.

Le C.C.E. estime que les nombreux travaux recommandés par ce Groupe de travail nécessiteront une nouvelle réunion dans quelques années. D'autre part, devant l'intérêt que portent plusieurs laboratoires, autres que les laboratoires nationaux, aux mesures dans le domaine des radiofréquences, le C.C.E. a examiné la question d'une plus large information sur les travaux de ce Groupe.

#### *Groupe de travail pour les méthodes et les résultats de mesure du coefficient gyromagnétique du proton*

Mr *Vigoureux* présente le rapport de ce Groupe de travail (p. 106) qui s'est réuni sous sa présidence les 26, 27 et 30 septembre 1968.

Après examen de ce rapport, le C.C.E. approuve la proposition du Groupe concernant la valeur du coefficient gyromagnétique du proton ( $\gamma'_p$ ) et adopte la *Recommandation E 2* (p. 101) dans laquelle la valeur attribuée à  $\gamma'_p$  est exprimée en fonction des nouvelles valeurs de référence  $\Omega_{69 \text{ BI}}$  et  $V_{69 \text{ BI}}$  qui seront attribuées aux étalons de résistance et de force électromotrice du Bureau International à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1969.

Le C.C.E. décide de laisser à son président le soin de convoquer ce Groupe de travail lorsque l'obtention de nouveaux résultats justifiera une telle réunion.

### Travaux du Bureau International

Les membres du C.C.E. ont été invités à visiter le laboratoire d'électricité du Bureau International et à présenter leurs suggestions sur le

développement des installations existantes et sur les travaux du Bureau.

Mr *Olmer* demande quel sera le rôle du Bureau International lorsque les déterminations absolues des unités seront aussi précises que les mesures relatives. Les laboratoires nationaux et d'autres disposeront dans un avenir pas trop éloigné d'appareils pour contrôler la stabilité de leurs étalons, par exemple les appareils pour la mesure du coefficient gyromagnétique du proton et celui qui est fondé sur l'effet Josephson. Les travaux expérimentaux du Bureau International seront-ils alors superflus? Que se passe-t-il actuellement par exemple pour le mètre?

Mr *Terrien* répond que la mission principale du Bureau International est de favoriser les progrès et d'assurer l'uniformité dans le domaine des mesures physiques.

Le Comité International des Poids et Mesures est l'organe directeur responsable, qui doit donc en particulier examiner l'état des unités des pays de la Convention du Mètre; mais le Comité International ne se réunit que quelques jour par an, et il est nécessaire d'avoir un organisme permanent pour l'informer, pour préparer ses travaux et prendre soin de leur exécution; c'est là une des fonctions du Bureau International. Par ailleurs, beaucoup de pays n'ont pas les moyens de réaliser eux-mêmes leurs unités, ni même de contrôler l'évolution de leurs étalons; c'est le cas pour le mètre. Les nouvelles méthodes électriques ne changeront pas la situation pour les unités électriques dans ces pays. Par conséquent les fonctions expérimentales du Bureau International demeureront aussi importantes qu'auparavant. Il lui faudra donc conserver un bon personnel scientifique, et pour cela il est indispensable que le Bureau International fournisse à ce personnel l'occasion de faire des recherches pour l'amélioration de méthodes connues et pour le développement de méthodes nouvelles. Un niveau suffisant du personnel scientifique est encore plus nécessaire dans les cas où le Bureau International doit jouer le rôle d'arbitre scientifique international, soit à cause de sa compétence particulière, soit à cause des susceptibilités nationales.

#### Questions diverses

En ce qui concerne les documents présentés à cette session, le *Président* fait approuver par le C.C.E. la liste de ceux qui seront publiés en annexes.

Mr *Dunn* donne une description des nouveaux comparateurs conçus par le N.R.C. et réalisés en collaboration avec l'industrie. Ces appareils, qui comparent les courants continus en annulant les champs qu'ils produisent dans des noyaux magnétiques, permettent d'atteindre une précision supérieure à celle qui est obtenue jusqu'à présent par d'autres méthodes.

Le *Président* remercie les membres du Comité Consultatif de leur fructueuse collaboration. Au nom de ses collègues, Mr *Page* remercie à son tour le *Président* pour la façon aussi aimable qu'efficace avec laquelle il a dirigé les travaux de cette douzième session du C.C.E.

(4 octobre 1968)

**Recommandations  
du Comité Consultatif d'Électricité  
présentées  
au Comité International des Poids et Mesures**

Valeurs attribuées à  $\Omega_{\text{BIPM}}$  et  $V_{\text{BIPM}}$

RECOMMANDATION E 1 <sup>(a)</sup>

*Le Comité Consultatif d'Électricité,*

CONSIDÉRANT

*que les étalons de résistance et de force électromotrice du Bureau International des Poids et Mesures définissent depuis le 1<sup>er</sup> janvier 1948 les valeurs de référence  $\Omega_{\text{BIPM}}$  et  $V_{\text{BIPM}}$  auxquelles sont rapportées les valeurs analogues définies par les étalons des laboratoires nationaux;*

*que le Bureau International estime le moment venu de mettre les valeurs de  $\Omega_{\text{BIPM}}$  et  $V_{\text{BIPM}}$  en accord plus étroit avec l'ohm et le volt sur la base des déterminations absolues;*

*RECOMMANDE que le Bureau International soit autorisé à mettre en application le 1<sup>er</sup> janvier 1969 les nouvelles valeurs de référence suivantes :*

$$\begin{aligned}\Omega_{69\text{-BI}} &= \Omega_{\text{BIPM}}, \\ V_{69\text{-BI}} &= V_{\text{BIPM}} (1 - 11 \times 10^{-6}).\end{aligned}$$

*Le Comité Consultatif d'Électricité a pris bonne note que les laboratoires nationaux consultés pendant la session sont disposés à ajuster la valeur attribuée à leurs étalons à la même date ou peu après, et il a constaté que ces changements assureront à la fois une meilleure uniformité des mesures dans le monde et une meilleure concordance avec la définition des unités électriques.*

Valeur de  $\gamma_p$  pour l'usage métrologique international

RECOMMANDATION E 2 <sup>(a)</sup>

*Le Comité Consultatif d'Électricité,*

CONSIDÉRANT

*que le Comité International des Poids et Mesures, à sa session de 1963, a approuvé la Recommandation E 5 du Comité Consultatif d'Électricité*

---

<sup>(a)</sup> Cette Recommandation a été approuvée sans changement par le Comité International à sa 57<sup>e</sup> session (octobre 1968).

proposant l'adoption d'une valeur provisoire du coefficient gyromagnétique du proton;

que le moment est venu de prendre en considération les mesures plus récentes qui donnent des résultats plus exacts et mieux concordants;

RECOMMANDE d'employer à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1969 pour l'usage métrologique international, la valeur suivante du coefficient gyromagnétique du proton dans l'eau, sans correction diamagnétique,

$$\gamma'_p = 2,675\ 12 \times 10^8 \text{ rad s}^{-1} \text{ T}^{-1},$$

qui peut s'exprimer sous la forme équivalente et souvent mieux adaptée à l'usage pratique

$$\gamma'_p = \frac{\gamma'_p}{2\pi} = 42,575\ 857 \dots \text{ MHz T}^{-1}.$$

Cette valeur de  $\gamma'_p$  est fondée sur les valeurs qui seront attribuées à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1969 aux étalons de résistance et de force électromotrice conservés au Bureau International des Poids et Mesures de façon qu'ils soient amenés en concordance aussi exactement qu'il est possible avec les définitions des unités électriques adoptées par la Conférence Générale des Poids et Mesures.

## Appendices

### Rapport du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences

Le Groupe de travail s'est réuni au Pavillon de Breteuil à Sèvres, les 23, 24 et 25 septembre 1968.

Étaient présents: MM. F. J. LEHANY, qui a assumé la présidence en l'absence de Mr G. D. BOURDOUN empêché par des raisons de santé, G. ALMASY (I.R.T., Budapest), H. M. ALTSCHULER (N.B.S.), A. E. BAILEY (N.P.L. et U.R.S.I.), H. BAYER (P.T.B.), J. BLOUET (L.C.I.E. et Commission Électrotechnique Internationale), A. F. DUNN (N.R.C.), G. GIACHINO (I.E.N.), Y. INOUE (E.T.L.), P. O. LUNDBOM (R.I.N.D., Stockholm), A. M. THOMPSON (N.S.L.).

Assistaient aussi à la réunion: MM. J. TERRIEN, directeur du Bureau International des Poids et Mesures, G. LECLERC et A. SAKUMA (B.I.P.M.).

Absents: Les représentants du D.A.M.W. (Berlin), de l'I.M.M. (Leningrad), de l'Institut Radiotechnique de Tchécoslovaquie (Prague), de l'Union Internationale des Télécommunications (Genève) et de la Radio Research Station (Slough).

Au cours de cette réunion, les débats ont porté sur les sujets suivants.

#### 1. Comparaisons en cours

a. *Instruments de mesure des faibles puissances à 3 GHz.* — Cette comparaison, pour laquelle le laboratoire pilote est le N.B.S., est pratiquement terminée et a donné des résultats encourageants.

Après avoir examiné les possibilités d'élargissement de cette comparaison à de nouveaux laboratoires, les problèmes posés par la diffusion des résultats et la stabilité des instruments, le Groupe de travail a émis la *Recommandation* GT-RF 1.

b. *Instruments de mesure des faibles puissances à 10 GHz.* — Le Groupe de travail est informé de l'état d'avancement de la première comparaison pour laquelle l'E.T.L. est le laboratoire pilote; cette comparaison devrait normalement être terminée dans un délai de l'ordre d'une année. Le Groupe de travail regrette la lenteur de la circulation des étalons et souhaite qu'à l'avenir elle puisse être accélérée.

La deuxième comparaison pour laquelle l'I.M.M. est le laboratoire pilote n'a, semble-t-il, pas encore été entreprise et aucune information n'est parvenue à son sujet.

Le Groupe de travail est informé par ailleurs de l'existence de plusieurs comparaisons entreprises par accord mutuel entre les participants :

- comparaison circulaire entre l'I.E.N., le L.C.I.E. et le R.I.N.D. : terminée;
- comparaison entre l'I.E.N. et la P.T.B. : en cours;
- comparaison entre le R.I.N.D. et l'E.T.L. : terminée;
- comparaison entre l'I.M.M. et le L.C.I.E. : en cours;
- comparaison entre le N.R.C., le N.S.L. et l'un des laboratoires précédents : envisagée.

Étant donné d'une part que ces laboratoires étaient, pour la plus grande part, inscrits pour participer à la deuxième comparaison initialement prévue et, d'autre part, que l'E.T.L., laboratoire pilote de la première comparaison, est inclus dans ces échanges, le Groupe de travail estime que les résultats obtenus dans ces opérations peuvent pallier en partie le retard actuel de la deuxième comparaison et adopte en conséquence la *Recommandation* GT-RF 2.

c. *Mesures comparatives des paramètres des diélectriques à 10 GHz.* — A la suite du retrait du N.P.L., le N.B.S. a accepté en janvier 1967 d'être le laboratoire pilote pour cette comparaison.

Les mesures ont été effectuées à l'I.M.M. et au N.B.S.; elles restent à faire au N.R.C., mais certaines difficultés dues aux dimensions des échantillons à étudier retardent les mesures et ne permettent pas de fixer la date de la fin des comparaisons.

### 2. Comparaisons à entreprendre

Le Groupe de travail, ayant défini le but des comparaisons internationales, examine les modalités générales d'organisation de ces comparaisons et les mesures à prendre pour en faciliter le déroulement rapide; il discute également les problèmes posés par la diffusion des résultats.

D'autre part, le Groupe de travail établit la liste des nouvelles comparaisons à entreprendre et fixe un ordre d'urgence.

Les résultats de l'ensemble de ces discussions font l'objet des *Recommandations* GT-RF 3 à 7.

### 3. Liaisons avec l'U.R.S.I.

Le Groupe de travail confie à Mr Bailey le soin de rapporter à Mr Essen, président de la Commission N° 1 de l'U.R.S.I., les résultats de ses travaux.

*Le Rapporteur,*  
J. BLOUET

*Le Président,*  
F. J. LEHANY

*Recommandations*  
*du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences*  
*présentées*  
*au Comité Consultatif d'Électricité*

Les sept recommandations suivantes ont été approuvées par le Comité Consultatif d'Électricité à sa 12<sup>e</sup> session (octobre 1968) et par le Comité International des Poids et Mesures à sa 57<sup>e</sup> session (octobre 1968).

Mesures de puissance à la fréquence de 3 GHz

#### RECOMMANDATION GT-RF 1

*Le Groupe de travail recommande,*  
*que la comparaison sur les mesures de puissance à la fréquence de 3 GHz, décidée en 1965 et actuellement en cours avec le N.B.S. comme laboratoire pilote, soit achevée et qu'une comparaison nouvelle soit entreprise, avec éventuellement un autre laboratoire pilote, si d'autres pays demandent à participer à une telle comparaison;*  
*que le rapport du laboratoire pilote sur cette comparaison, après accord des participants,*

soit diffusé aux membres du Groupe de travail pour commentaires, puis transmis au Comité Consultatif d'Électricité;  
que les instruments voyageurs qui ont été employés dans cette comparaison soient conservés afin que l'on suive leur évolution et qu'ils puissent être utilisés dans d'autres comparaisons éventuelles.

Mesures de puissance à la fréquence de 10 GHz

#### RECOMMANDATION GT-RF 2

En attendant que l'I.M.M., laboratoire pilote d'une des deux comparaisons décidées en 1965 sur les mesures de puissance à la fréquence de 10 GHz, ait la possibilité d'en assurer l'organisation,

le Groupe de travail recommande aux laboratoires participants de poursuivre le cycle des comparaisons qu'ils ont déjà entreprises de leur propre initiative, et invite le L.C.I.E. à faire office provisoirement de laboratoire pilote pour le cycle restreint actuellement en cours.

Considérations générales sur l'organisation des comparaisons

#### RECOMMANDATION GT-RF 3

I. Les moyens d'action du B.I.P.M. étant limités, il est rappelé que la majeure partie du travail d'organisation des comparaisons doit être exécutée à l'extérieur du B.I.P.M., en particulier dans les laboratoires pilotes, le B.I.P.M. recevant copie des lettres officielles échangées (voir le Rapport du Groupe de travail, mai 1965, Comité Consultatif d'Électricité, 11<sup>e</sup> session, 1965, p. E 16).

II. Le Groupe de travail recommande que toute liberté soit laissée aux laboratoires pilotes pour organiser au mieux les comparaisons et qu'en particulier ils choisissent le mode de circulation des étalons le mieux approprié.

III. Le Groupe de travail reconnaît que les comparaisons internationales ont 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; ces autres laboratoires et les laboratoires participant à une comparaison sont invités à entrer en rapport afin que ce deuxième objectif soit atteint.

Comparaisons à entreprendre

#### RECOMMANDATION GT-RF 4 (\*)

I. Le Groupe de travail recommande que soient entreprises en première urgence des comparaisons portant sur les grandeurs suivantes :

a. tension à 1 GHz (laboratoire pilote N.B.S., participants : N.P.L., N.R.C., R.I.N.D. (Stockholm));

b. affaiblissement à 30 MHz (laboratoire pilote N.S.L., participants : E.T.L., N.B.S., N.P.L., N.R.C.);

c. affaiblissement à 10 GHz sur guide d'ondes (laboratoire pilote R.I.N.D., participants : E.T.L., I.E.N., L.C.I.E., N.P.L., N.S.L., P.T.B.);

d. affaiblissement jusqu'à 8 GHz en coaxial (laboratoire pilote N.P.L., participants : E.T.L., N.B.S., N.R.C., R.I.N.D.);

e. affaiblissement jusqu'à 8 GHz sur guide d'ondes (laboratoire pilote N.R.C., participants : I.R.T. (Budapest), N.P.L., P.T.B., R.I.N.D.).

---

(\*) Par suite de l'absence du membre soviétique à la réunion du Groupe de travail, la participation éventuelle de l'U.R.S.S. aux comparaisons prévues au paragraphe I de cette Recommandation n'a pas pu être examinée.

II. Le Groupe de travail adopte la liste des grandeurs ci-après pour des comparaisons à considérer. De telles comparaisons peuvent être entreprises dès que plusieurs laboratoires sont disposés à y participer et que l'un d'eux accepte de jouer le rôle de laboratoire pilote.

Liste des grandeurs pour des comparaisons proposées

	Fréquence	Valeur
Sur tension des bobines d'inductance en coaxial .....	1 MHz, 10 MHz	100
Résistance, en coaxial .....	10 MHz	100 Ω
Capacité, en coaxial .....	10 MHz	1 000 pF
Étalon de longueur électrique (impédance) .....	10 MHz	1 pF
Amplitude du coefficient de réflexion : sur guide d'ondes .....	10 MHz, 4 GHz, 9 GHz	Dérivé d'une ligne coaxiale 50 Ω à air
sur coaxial 50 Ω .....	8,2 à 12,4 GHz	Γ  ≈ 0,2
	7 GHz	Γ  ≈ 0,1
	9 et 17 GHz	Γ  ≈ 0
Affaiblissement { en coaxial 50 Ω ....	8 à 18 GHz	20 et 40 dB
{ sur guide d'ondes ...	26,5 à 40 GHz	10 et 30 dB
Déphasage, sur guide d'ondes .....	8,2 à 12,4 et 12,4 à 18 GHz	0 à 360°; de préférence 0 à 720°
Tension, sur coaxial .....	100 MHz ou 300 MHz	0,1-1 V
Amplitude de tension d'une impulsion.	durée 1-10 μs répétition 10 <sup>2</sup> -10 <sup>4</sup> Hz	5 à 1 000 V dans une ligne de 50 Ω
Intensité de courant .....	1 MHz, 500 MHz, 1 GHz	0,5-10 A
Intensité de champ magnétique .....	0,1, 1,5, 10, 20 et 30 MHz	correspondant dans l'onde à un champ électrique de 0,1 V/m
Intensité de champ électrique .....	0,05, 0,1, 0,5, 0,9 GHz	0,1 V/m
Gain d'un cornet, sur guide d'ondes ...	8,2-12,4 GHz	gain d'environ 15 dB
Puissance, en coaxial .....	500 ou 300 MHz 10 GHz	20-30 W 10 mW
Puissance, sur guide d'ondes .....	26,5-40 GHz 2,60 à 5,85 et 8,2 à 12,4 GHz	5 à 12 mW — 100 dB (mW)
	30 MHz	Température de bruit : 79 K et 373 K
	1 GHz	Température de bruit : 79 K, 373 K et tube à décharge dans l'argon
Bruit (blanc), en coaxial .....	2,2-3,95 GHz	Température effective de bruit : tube à décharge dans l'argon ou le xénon
	2,6-5,8 GHz	Température de bruit : 79 K et 4 K
	2,6-3,95 GHz	Température effective de bruit : tube à décharge dans l'argon ou le xénon,
Bruit (blanc), sur guide d'ondes .....	8,2-12,4 GHz	Température effective de bruit : tube à décharge dans l'argon
Puissance laser .....	λ = 632,8 nm	1-50 mW
Énergie laser .....	λ = 694,3 nm	1-10 J

## Difficultés administratives pour le transport des étalons

### RECOMMANDATION GT-RF 5

*Dans l'espoir d'éviter le renouvellement des retards qui se sont produits dans le transport des étalons voyageurs d'un pays à un autre, le Groupe de travail recommande :*

1° que le B.I.P.M. établisse une note de caractère général destinée à informer les services administratifs et douaniers du caractère purement scientifique des comparaisons et mettant l'accent sur l'importance d'une circulation rapide des étalons pour le succès scientifique. Cette note demanderait donc d'accélérer dans toute la mesure du possible les formalités au passage des frontières ;

2° que le B.I.P.M. établisse pour chaque comparaison, à partir des indications qui lui seront fournies par le laboratoire pilote, la liste détaillée permettant l'identification précise de tous les instruments faisant l'objet de la comparaison ;

3° que ces deux documents soient envoyés conjointement à chacun des laboratoires participants à qui il appartiendra d'en faire état auprès des autorités compétentes.

## Information mutuelle sur les résultats

### RECOMMANDATION GT-RF 6

*Le Groupe de travail recommande 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.*

## Publication des résultats des comparaisons

### RECOMMANDATION GT-RF 7

*Le Groupe de travail reconnaît la nécessité d'avoir, en plus de la publication du rapport final dans les comptes rendus des travaux du Comité Consultatif d'Électricité, une publication des résultats des comparaisons dans un journal scientifique permettant une diffusion plus large et des descriptions techniques plus détaillées.*

*Il invite les laboratoires pilotes et les laboratoires participants à prendre les initiatives nécessaires, en observant à l'égard des autres participants les règles de courtoisie qui sont habituelles lorsqu'il s'agit d'un travail collectif.*

## Rapport du Groupe de travail pour les méthodes et les résultats de mesure du coefficient gyromagnétique du proton

Le Groupe de travail a tenu sa 2<sup>e</sup> réunion au Pavillon de Breteuil les 26, 27 et 30 septembre 1968, pour examiner les méthodes de mesure du coefficient gyromagnétique du proton ( $\gamma_p$ ) utilisées par les laboratoires nationaux et pour discuter les résultats obtenus depuis 1963.

Étaient présents : MM. VIGOUREUX (président), CAPPTULLER, DUNN, INOUE, PAGE, membres du Groupe de travail. Mr LEHANY, président du C.C.E., qui a assisté à la 1<sup>re</sup> séance, a témoigné aux membres l'intérêt que le C.C.E. prenait à leurs travaux en raison de l'importance croissante que la connaissance des valeurs des constantes physiques fondamentales a acquise pour le contrôle et le maintien des unités électriques. Mr TERRIEN, directeur du B.I.P.M., a assisté à toutes les séances et a apporté une aide précieuse aux discussions. Mr Capptuller fut désigné comme rapporteur.

Après avoir entendu les exposés sur les travaux nouveaux faits aux États-Unis d'Amérique (N.B.S.), en U.R.S.S. (I.M.I.M.K. et I.M.M.) et au Japon (E.T.L.), le Groupe de travail a constaté que les écarts entre les résultats numériques ont de beaucoup diminué, probablement à la suite de l'amélioration des méthodes et de l'appareillage de mesure.

Mr Page a décrit le laboratoire non magnétique construit récemment dans un endroit isolé de la grande propriété du N.B.S. à Gaithersburg, près de Washington.

Les expériences faites dans ce nouveau laboratoire ont démontré que les perturbations magnétiques étaient extrêmement faibles. Les résultats obtenus à Gaithersburg ne diffèrent que de 2 millièmes au maximum des résultats obtenus antérieurement à Fredericksburg et à Washington.

En l'absence du membre russe, le Groupe de travail a examiné les rapports de l'I.M.I.M.K. et de l'I.M.M. qui décrivent les déterminations de  $\gamma'_p$  faites respectivement en champ fort et en champ faible. Pour les mesures en champ fort, qui dépendent de l'accélération due à la pesanteur, on remarque que les auteurs ont employé une valeur de  $g$  dans le Système de Potsdam diminuée de 11 millièmes. Étant donné que les déterminations récentes plus précises de  $g$  indiquent une correction de - 14 millièmes, le Groupe de travail a tenu compte de l'amélioration de la connaissance de  $g$  en appliquant une correction qui augmente le résultat de l'I.M.I.M.K. de 3 millièmes en valeur relative. Si l'on tient compte de ce changement on peut en déduire que la moyenne géométrique des résultats obtenus en U.R.S.S. en champ faible et en champ fort donne pour  $\gamma'_p$  la valeur  $(2,675\ 120 \pm 0,000\ 015) \times 10^8$  rad s<sup>-1</sup> T<sup>-1</sup> en fonction de l'ampère absolu.

La discussion a ensuite porté sur les travaux de l'E.T.L. Le rapport déjà présenté au C.C.E. en 1965 a été étudié, et un supplément décrivant les améliorations apportées à l'appareillage et à la méthode de mesure depuis lors a été examiné en détail.

Les représentants du N.P.L., du N.R.C. et de la P.T.B. ont exposé les expériences qui sont en projet dans leur laboratoire en vue de la détermination de  $\gamma'_p$ .

Deux questions de nomenclature furent ensuite discutées. Mr Page a fait remarquer qu'il est le plus souvent utile d'employer pour  $\gamma'_p$  une valeur exprimée en Hz T<sup>-1</sup> qu'on pourrait indiquer par le symbole  $\gamma'_p$ . (Le symbole simplifié  $\gamma$  serait sans doute admissible dans bien des cas.)

Au sujet des mots « rapport » et « coefficient », la discussion a fait apparaître que dans certains pays, par exemple en France, on désire réserver le mot « rapport » exclusivement aux nombres sans dimension et qu'en conséquence c'est par le terme *coefficient gyromagnétique* que l'on doit désigner  $\gamma$ . De semblables considérations s'appliquent en Allemagne. En revanche, il semble que dans les pays de langue anglaise le mot « ratio » paraît acceptable et qu'il serait très difficile d'introduire l'usage d'un terme autre que *gyromagnetic ratio*.

Les emplois métrologiques de  $\gamma'_p$  ont été passés en revue. On a fait remarquer que l'appareillage utilisé pour déterminer ce coefficient peut aussi être employé pour contrôler l'invariabilité des étalons qui servent à la conservation de l'ampère. Il est bien connu aussi que la méthode de résonance nucléaire est précieuse en géophysique et dans les laboratoires pour la mesure précise de l'induction magnétique.

Ayant examiné les résultats des travaux mentionnés ci-dessus, le Groupe de travail peut maintenant donner dans le tableau ci-après des valeurs plus précises que celles qui figurent dans le rapport de sa 1<sup>re</sup> réunion en 1963 (*Comité Consultatif d'Électricité*, 10<sup>e</sup> session, 1963, p. 16).

*Résultats des mesures  
du coefficient gyromagnétique du proton  $\gamma'_p$*   
(Unité: 10<sup>8</sup> rad s<sup>-1</sup> T<sup>-1</sup>)

Laboratoire	Méthode du champ faible		Moyenne champ fort- champ faible (unités absolues)
	(en fonction de A <sub>BIPM</sub> )	(unités absolues) (c)	
ETL	2,675 146 (a)	2,675 117	2,675 120 (d)
IMIMK-IMM			
NBS	2,675 156	2,675 127	
NPL	2,675 151 (b)	2,675 121	
Moyenne	{ en unités absolues ..... 2,675 121 { en fonction de A <sub>BIPM</sub> ..... 2,675 151		

(a) La valeur donnée par l'E.T.L. en 1968 d'après  $A_{ETL}$  est 2,675 138.

(b) La valeur donnée par le N.P.L. en 1961 d'après  $A_{NPL}$  est 2,675 171.

(c) On a admis le facteur de conversion  $A_{abs} = (1 - 11 \times 10^{-6})A_{BIPM}$  en 1968. Lorsque le changement des valeurs assignées aux étalons du volt conservés au Bureau International des Poids et Mesures aura été effectué (1<sup>er</sup> janvier 1969), les nombres des colonnes 3 et 4 exprimeront aussi les valeurs de  $\gamma'_p$  en fonction de  $A_{69-BI}$ .

(d) La valeur donnée en 1968 par l'I.M.I.M.K. (méthode du champ fort) d'après les étalons représentatifs de l'ampère de l'U.R.S.S. est 2,675 071, qui devient 2,675 079 avec la valeur admise récemment pour  $g$ . La valeur donnée par l'I.M.M. (méthode du champ faible) d'après les mêmes étalons est 2,675 162. On sait que la moyenne des résultats obtenus par les deux méthodes s'exprime en unités absolues; en effet, l'erreur sur les valeurs attribuées aux étalons représentatifs de l'ampère s'élimine dans cette moyenne.

En conclusion, la valeur moyenne du coefficient gyromagnétique du proton dans l'eau, sans correction diamagnétique, ( $\gamma'_p$ ), est la suivante :

$$\left. \begin{aligned} \gamma'_p &= 2,675\,151 \times 10^8 \text{ rad s}^{-1} \text{ T}^{-1} \\ \text{ou } \gamma'_p &= \frac{\gamma'_p}{2\pi} = 42,5764 \text{ MHz T}^{-1} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{en fonction} \\ \text{de } A_{BIPM} \end{array}$$

*Le Rapporteur,*  
H. CAPTULLER

*Le Président,*  
P. VIGOUREUX

## ANNEXE 1

---

### **Commission préparatoire pour la coordination internationale des échelles de temps**

Rapport au Comité International des Poids et Mesures

Par J. BONANOMI

---

Cette Commission préparatoire a été constituée en vue d'une mise en application éventuelle de la Recommandation S 3 adoptée par le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde à sa 4<sup>e</sup> session (juillet 1967). Elle comprend un petit nombre de personnes expertes dans les questions en cause, bien au courant des organismes qui s'occupent des émissions de fréquences étalons et des signaux horaires, et renseignées sur les besoins des différentes catégories d'utilisateurs.

La Commission s'est réunie au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 10 et 11 octobre 1968, sous la présidence de Mr L. E. Howlett, président du Comité International des Poids et Mesures (C.I.P.M.). Toutes les personnes invitées par le C.I.P.M. avaient répondu à son invitation.

Étaient présents : L. E. HOWLETT, président.

J. A. BARNES, National Bureau of Standards [N.B.S.], Boulder;

G. BECKER, Physikalisch-Technische Bundesanstalt [P.T.B.], Braunschweig;

J. BONANOMI, Observatoire Cantonal de Neuchâtel, Neuchâtel;

B. DECAUX, Centre National d'Études des Télécommunications [C.N.E.T.], Bagneux;

V. I. ERMAKOV, Comité National des Normes, des Mesures et Instruments de Mesure, Moscou;

L. ESSEN, National Physical Laboratory [N.P.L.], Teddington;

B. GUINOT, Bureau International de l'Heure, Paris;

J. T. HENDERSON, Conseil National de Recherches [N.R.C.], Ottawa;

D. H. SADLER, Nautical Almanac Office, Hailsham;

H. M. SMITH, Nautical Almanac Office, Hailsham;

Ch. STETTLER, Commission d'Études VII du Comité Consultatif International des Radiocommunications [C.C.I.R.], Genève;

J. TERRIEN, Bureau International des Poids et Mesures [B.I.P.M.], Sèvres;

G. W. WINKLER, U. S. Naval Observatory, Washington.

A l'ouverture de la séance, le président expose les raisons qui ont provoqué cette réunion : à la suite de l'adoption de la nouvelle définition de l'unité de temps par la Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures, le C.I.P.M. a reçu des demandes le priant de s'occuper aussi de la façon dont le temps est rendu accessible aux usagers, c'est-à-dire, pratiquement, des améliorations possibles du système TUC (temps universel coordonné) actuellement en vigueur.

Avant d'entreprendre une action quelconque dans un domaine nouveau, le C.I.P.M. a pour politique de s'assurer au préalable que cette action répond à un besoin important, et qu'elle ne peut pas être entreprise par d'autres organismes existants. Le C.I.P.M. a donc invité quelques experts à se réunir afin qu'ils lui fassent connaître leurs avis sur les difficultés à résoudre, les solutions à envisager, et les actions à entreprendre. Sur la demande du président, MM. Essen, Sadler et Winkler ont rédigé des documents destinés à servir de base aux discussions. Ces documents ont été diffusés aux membres de la Commission en mai 1968.

Le système TUC (temps universel coordonné) actuellement en vigueur est une forme altérée volontairement du temps atomique, conçue de telle façon que le TUC reste voisin du TU2 (temps universel défini par la rotation de la Terre). Les pays qui adhèrent au système TUC diffusent et utilisent le même temps à moins de 1 ms près. Afin de maintenir l'écart entre TUC et TU2 inférieur à 0,1 s, la fréquence dont sont déduits les signaux horaires est décalée; en plus de ce décalage de fréquence, il est nécessaire d'effectuer de temps en temps des sauts brusques d'état des signaux horaires, la valeur de ces sauts étant un multiple entier de 0,1 s. Un grand nombre de pays ont adopté ce système.

MM. Essen et Winkler donnent un résumé de leurs arguments qui font ressortir les défauts du système TUC actuellement en vigueur et proposent des améliorations.

Le document soumis par Mr Sadler est le résultat d'une enquête effectuée parmi les usagers des signaux horaires. On peut le résumer en constatant qu'il existe un besoin limité pour des signaux horaires ne s'écartant pas du temps universel TU2 de plus de 0,1 s, qu'un nombre appréciable d'applications requièrent un écart inférieur à 0,25 s, que la majorité des usagers pourraient s'accommoder d'un écart allant jusqu'à 0,5 s, mais que des écarts plus grands seraient hautement indésirables.

Mr Smith expose son point de vue, en sa qualité de président du groupe de travail créé par la Commission d'Études VII du C.C.I.R. pour enquêter sur les besoins et les avis de tous les utilisateurs et élaborer si possible le projet d'un système nouveau. Il se réfère au document VII/70 qui contient les conclusions de la réunion C.C.I.R. de juillet 1968 à Boulder (Colorado) et il exprime le vœu que les débats de la présente réunion faciliteront une nouvelle rédaction du document 374 du C.C.I.R., document qui pourrait être soumis à la Conférence générale du C.C.I.R. en janvier 1970.

Les résultats des discussions ultérieures sont résumés dans les conclusions de la réunion; ces conclusions (p. 112) ont été adoptées à l'unanimité des membres présents. Il y a lieu de noter toutefois que Mr Sadler, empêché de participer à la séance du 11 octobre, avait annoncé préalablement qu'il ferait des réserves à l'égard de toute solution qui proposerait d'augmenter les sauts de 0,1 s actuellement appliqués.

Le point le plus important des conclusions de la réunion est le vœu unanime d'abandonner les décalages (« offset »).

Le deuxième point en ordre d'importance est la reconnaissance de deux systèmes TUC qui pourraient coexister sans inconvénient majeur. Ces deux systèmes proposés au cours des discussions visent à maintenir l'accord TUC — TU2 inférieur à environ 0,5 s et impliquent des sauts de temps dans la succession des signaux horaires. La différence des deux systèmes porte sur la date et l'amplitude de ces sauts.

Le premier système prévoit des sauts de 1 seconde entière à effectuer au début d'un mois de calendrier après avoir été annoncés deux mois au préalable par le Bureau International de l'Heure (B.I.H.). L'avantage de ce système est double : les sauts sont exactement égaux à l'unité de temps, donc l'intervalle entre deux signaux quelconques est toujours un multiple entier de l'unité de temps ; la simplicité de sa mise en œuvre constitue le second avantage. Les avocats de ce système ont été surtout MM. Winkler, Barnes, Becker, Essen.

Le deuxième système prévoit d'effectuer les sauts de temps à des dates fixes (par exemple 1<sup>er</sup> janvier de chaque année). Si la rotation de la Terre continue à évoluer comme au cours des dernières années, il suffira d'effectuer un seul saut chaque année ; si nécessaire un deuxième saut pourrait intervenir, par exemple le 1<sup>er</sup> juillet. L'amplitude des sauts sera un multiple entier de 0,2 s. Ce système a l'avantage de faciliter la diffusion préalable de l'information concernant l'amplitude du saut et évite par la date fixe la possibilité qu'un saut passe inaperçu d'un usager. Ce deuxième système, défendu par Mr Ermakov, a été reconnu en U.R.S.S. comme étant le meilleur compromis.

Le problème de l'extrapolation de la vitesse de rotation de la Terre pour prévoir correctement la date ou l'amplitude du saut est à peu près équivalent pour les deux systèmes.

Un groupe de travail composé de MM. Guinot, Barnes et Ermakov s'est réuni afin de chercher à éliminer un des deux systèmes en faveur de l'autre. Il a été toutefois reconnu que les exigences des avocats de l'un et l'autre système sont inconciliables et qu'il ne sera pas possible de proposer un système unique. Il a cependant aussi été reconnu que la coexistence de ces deux systèmes ne serait pas très nuisible à la condition que le B.I.H. coordonne l'application des deux systèmes.

Les deux systèmes imposent, en plus de l'annonce des sauts par des publications écrites, une information radioélectrique par un codage simple permettant de connaître à 10 ms près les écarts entre les signaux horaires et le TU2.

Il a été envisagé aussi que le deuxième système, afin de le rendre compatible avec le premier, adopte des sauts de 1 seconde entière plutôt que des multiples de 0,2 s. Le désavantage d'une telle solution est qu'elle implique des écarts TUC — TU2 plus grands que 0,5 s et pouvant atteindre la seconde entière.

La discussion a porté encore sur la question de savoir si l'on pourrait introduire, tôt ou tard, le temps atomique pur dans lequel on abandonnerait non seulement les décalages, mais aussi les sauts de temps. Actuellement, il faut constater que des difficultés pratiques s'opposent d'une façon péremptoire à l'introduction du temps atomique pur ; ces difficultés proviennent

du fait que les corrections TA (temps atomique) — TU2 deviendraient très importantes et qu'il ne suffirait pas d'en informer l'utilisateur par un codage ajouté aux signaux horaires. En effet, beaucoup d'utilisateurs utilisent des signaux horaires secondaires (horloges parlantes ou radiodiffusion par exemple) où l'information concernant l'écart ne peut être ajoutée. Il deviendrait dès lors nécessaire de publier les corrections préalablement dans les almanachs nautiques et autres moyens de navigation, ce qui est impossible à cause de la nature imprévisible de ces corrections.

La discussion a aussi porté sur la tâche d'importance croissante que devra accomplir à l'avenir le B.I.H. Le budget du B.I.H. est actuellement assuré à raison de 80 à 90 % par l'Observatoire de Paris. Si la tâche du B.I.H. est effectuée dans l'intérêt d'un nombre croissant de pays, il serait logique de rechercher aussi une assise financière assurée par ces mêmes pays; cela impliquerait d'autre part une modification du statut administratif du B.I.H.

La question de la date à laquelle un nouveau système TUC amélioré pourra être introduit a également été débattue. MM. Ermakov, Winkler, Stettler et Smith ont tous reconnu que pour des raisons diverses il sera difficile d'introduire le nouveau système avant le 1<sup>er</sup> janvier 1971, mais que cette date devait être fermement envisagée.

#### Conclusions

Les principales conclusions de la Commission peuvent être résumées comme suit :

1. Il existe un besoin d'améliorer les conventions qui définissent le temps universel coordonné TUC.
2. Une amélioration souhaitable serait :
  - a) de renoncer au décalage des fréquences;
  - b) et de maintenir entre les signaux horaires des intervalles exacts de temps atomique.
3. On reconnaît que l'écart entre les signaux horaires et le TU2 ne devrait pas excéder environ 0,5 s.
4. L'abandon du décalage de fréquence impose donc de temps en temps des sauts de temps dans la succession des signaux horaires et des décisions sur la date et l'amplitude de ces sauts.
5. En plus de l'annonce des sauts par des publications écrites, il est nécessaire de fournir une information radioélectrique par un codage simple permettant de connaître à 10 ms près les écarts entre les signaux horaires et le TU2.
6. Au sujet des décisions à prendre mentionnées au paragraphe 4, les participants de la Commission ont pris en considération les avantages et les inconvénients, pour les diverses catégories d'utilisateurs, de plusieurs systèmes proposés. Bien qu'un système unique soit préférable, ils considèrent qu'il n'y a pas d'inconvénient majeur à la coexistence de deux systèmes distincts, l'un comportant des sauts d'amplitude variable à des dates

prédéterminées, l'autre des sauts de 1 s à des dates variables, à la condition que l'écart entre les deux systèmes soit un multiple entier de 200 ms. Pour toutes ces questions et les questions connexes, il est important que le B.I.H. accomplisse son rôle coordinateur; il serait donc souhaitable qu'il reçoive les moyens d'action nécessaires.

7. La Commission exprime le vœu que le C.I.P.M. prenne les initiatives qu'il estimera appropriées pour hâter la conclusion d'un accord international sur l'amélioration du TUC.

(Octobre 1968)

## ANNEXE 2

---

### **Un programme international pour les étalons matériels de référence Exposé préliminaire**

Présenté par A. V. ASTIN

Directeur du National Bureau of Standards (États-Unis d'Amérique)

---

Plus l'humanité compte sur les instruments et les machines pour dompter la nature et en utiliser les ressources, plus elle a un besoin croissant de mesures significatives qui puissent contribuer au progrès et à la maîtrise de ces instruments et de ces machines. Aujourd'hui, la complexité des interactions entre l'homme et son environnement exige des appareils extrêmement compliqués et des mesures exactes qui soient non seulement en accord interne mais encore complètement cohérentes avec les mesures faites en d'autres temps et en d'autres lieux. Un monde où les avions supersoniques et les communications instantanées par satellites suppriment les distances, exige un accord permanent et souvent immédiat des mesures d'un pays à l'autre.

La base fondamentale de l'accord des mesures dans le monde entier se trouve dans les termes de la Convention du Mètre de 1875 qui a conduit à la fondation du Bureau International des Poids et Mesures. Les progrès scientifiques et techniques ont entraîné des changements importants dans la nature et l'étendue des activités couvertes par cette Convention. Néanmoins, l'étalonnage d'instruments suivant un schéma pyramidal dont le Bureau International occupe le sommet demeure le moyen essentiel de réaliser l'accord des mesures.

Ce procédé d'uniformisation des mesures présente cependant des inconvénients qui sont bien connus : pertes d'exactitude fréquentes aux différents niveaux de la pyramide des étalonnages, pertes de temps et difficultés inhérentes au transport des instruments jusqu'aux centres d'étalonnage et vice versa.

Un autre moyen efficace d'assurer cet accord des mesures est l'emploi d'« Étalons Matériels de Référence » ( « Standard Reference Materials »). Ces étalons fournissent un point de référence pour l'étalonnage par l'inter-

médiaire d'une propriété physique ou chimique certifiée et permettent un étalonnage *in situ*; on évite ainsi les pertes de temps occasionnées par l'expédition du matériel à un laboratoire central d'étalonnage.

Depuis plus de 60 ans le National Bureau of Standards à Washington a mis en œuvre un programme pour la fourniture de tels « Étalons Matériels de Référence ». Ce programme a eu des conséquences d'importance croissante sur la normalisation internationale; au cours des trois dernières années plus de 25 % des expéditions effectuées dans le cadre de ce programme (comprenant plus de 10 000 articles) ont été réparties en dehors des États-Unis.

Dans certains pays, comme la Grande-Bretagne, l'U.R.S.S., l'Allemagne, la Tchécoslovaquie et le Japon, des organismes mettent des « Étalons Matériels de Référence » à la disposition d'industries particulières, comme par exemple la sidérurgie, à l'intérieur du pays. Ces étalons font souvent l'objet d'une certification de portée restreinte, tels les étalons de société à l'intérieur des États-Unis, et ne jouent pas exactement le rôle d'étalons « primaires » ou « de référence » que remplissent la plupart des « Étalons Matériels de Référence » du N.B.S. Ainsi, à l'heure actuelle, les « Étalons Matériels de Référence » du N.B.S., reconnus et acceptés dans le monde entier, occupent une position presque unique.

En dépit du succès atteint avec les « Étalons Matériels de Référence » du N.B.S., ou peut-être à cause de ce succès, les efforts actuels sont loin de satisfaire les importants besoins de la science et de l'industrie. Il est établi qu'il existe des besoins importants et spécifiques pour plus de 200 types nouveaux ou à renouveler d'« Étalons Matériels de Référence », alors qu'il en existe à l'heure actuelle environ 600 types. Les ressources nécessaires pour satisfaire ces besoins avec la rapidité souhaitable excèdent celles d'un seul pays. Comme la plupart de ces besoins ne sont pas limités par les frontières nationales, il semble approprié d'envisager une approche internationale du problème.

Les dépenses principales pour la préparation d'« Étalons Matériels de Référence » concernent la conduite de la préparation de l'étalon et l'analyse de sa composition ou de ses propriétés. En conséquence, préparer en grand nombre des étalons d'un type donné revient en général à peine plus cher que d'en préparer un petit nombre. Ce qui veut dire que l'on pourrait réaliser des économies importantes si l'on préparait des « Étalons Matériels de Référence » pour un marché à l'échelle mondiale au lieu de le faire pour un marché à l'échelle nationale. De plus, si plusieurs pays coopéraient en se partageant les travaux de mise au point et de distribution d'« Étalons Matériels de Référence », un plus grand nombre d'étalons pourrait être mis à la disposition de la science et de la technologie dans le monde. Un avantage supplémentaire d'un tel programme international d'« Étalons Matériels de Référence » serait que les compétences particulières des différents pays pourraient être mises en commun aussi bien pour préparer que pour caractériser les étalons, et cela au profit de tous.

Il semble donc important de mettre au point un système pour la coopération internationale effective dans la préparation et la distribution des « Étalons Matériels de Référence ». Le National Bureau of Standards serait désireux de partager sa grande expérience dans ce domaine en amorçant une action internationale. Un tel programme international pourrait englo-

ber tous les pays industrialisés et devrait définir des critères et des règles de conduite acceptables dans le monde entier.

La demande d'« Étalons Matériels de Référence » se situe au niveau international et, bien que chaque pays ait des domaines particuliers d'intérêt, les discussions avec des scientifiques et des ingénieurs de divers pays montrent qu'une partie importante des besoins en « Étalons Matériels de Référence » mentionnés dans la liste des priorités aux États-Unis est également valable pour beaucoup de pays industrialisés.

Afin d'explorer les possibilités de lancer un tel programme, on propose qu'un petit groupe d'étude se réunisse au National Bureau of Standards à Gaithersburg. Les personnalités à inviter à cette réunion devraient comprendre une ou deux personnes de chacun des pays qui, à l'heure actuelle, fournissent des étalons matériels pour les besoins de l'industrie. Tous les pays en question adhérant à la Convention du Mètre, la liste d'invitations pour la réunion du groupe d'étude suggéré pourrait être celle des pays représentés à la Conférence Générale des Poids et Mesures. A l'avenir, d'autres pays pourraient collaborer à ce programme, mais au début les règles fondamentales doivent être mises au point par des personnes qui ont une expérience effective dans le domaine des étalons matériels.

En conséquence, on propose que la première réunion soit patronnée par le Comité International des Poids et Mesures. Comme le but des « Étalons Matériels de Référence » est de réaliser l'uniformité des mesures par un procédé d'étalonnage, le patronnage de cette réunion par le C.I.P.M. est compatible avec les objectifs de ce Comité.

Un programme international viable pour les « Étalons Matériels de Référence » devrait 1° conduire à une prise de conscience plus large des possibilités et de l'utilisation des « Étalons Matériels de Référence » pour l'étalonnage de tous les types de systèmes de mesure; 2° augmenter, pensons-nous, le nombre total des « Étalons Matériels de Référence » disponibles dans le monde, une fois établies les procédures garantissant la qualité certifiée.

(Octobre 1968)

---

**Règlement de la Caisse de retraites  
et de prévoyance du personnel <sup>(1)</sup>**

---

Le présent Règlement a pour but de fixer les conditions dans lesquelles le personnel titulaire bénéficie des différents avantages sociaux accordés par le Bureau International des Poids et Mesures.

I. — RETRAITE

**ARTICLE 1<sup>er</sup>. Condition d'ancienneté.** — Tout fonctionnaire du Bureau a droit, après 15 années de service, à une allocation de retraite dont l'entrée en jouissance est fixée, au plus tôt, au premier jour du trimestre civil suivant son 60<sup>e</sup> anniversaire. Le paiement de cette allocation est subordonné à la cessation d'activité de l'intéressé.

**ART. 2. Montant de la retraite.** — Le montant annuel de la retraite est égal à  $N \times 0,02 \times S$ ;

N, au plus égal à 35, représente le nombre d'années de service accomplies au Bureau depuis la date de titularisation;

S, représente le tiers de la somme des traitements perçus au cours des 36 derniers mois d'activité.

**ART. 3. Retraite différée.** — L'entrée en jouissance de la retraite peut être différée, les années de service accomplies après 60 ans étant prises en considération pour le calcul de la retraite et ce, toujours, dans la limite maximale des 35 années.

**ART. 4. Périodes d'invalidité.** — Les années pendant lesquelles un fonctionnaire bénéficie de la rente d'invalidité prévue à l'article 6 sont considérées pour le calcul de la retraite, ou de la pension du conjoint survivant, comme des années de service actif.

**ART 5. Droits du conjoint et des orphelins.** — En cas de décès d'un fonctionnaire (homme ou femme) en activité ou à la retraite, le conjoint bénéficie d'une pension fixée à 50 % des droits que le fonctionnaire avait acquis par son ancienneté de service. Le conjoint ne peut toutefois percevoir cette pension avant l'âge de 40 ans, sauf s'il a au moins deux enfants mineurs à

---

<sup>(1)</sup> Ce Règlement remplace celui de 1957 (*Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 25, 1956, p. 63), amendé en 1958 (*Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 26-A, 1958, p. 80).

charge. Dans ce dernier cas, il en bénéficie immédiatement et ce, jusqu'à ce que le plus jeune de ses enfants ait atteint l'âge de 21 ans.

Lorsque le conjoint est prédécédé, chacun des orphelins a droit jusqu'à 21 ans à une allocation fixée à 20 % des droits acquis par le fonctionnaire, sans que la somme totale répartie aux enfants puisse dépasser le montant de ces droits. En cas de dépassement, l'attribution de chacun des ayants droit est réduite à due concurrence.

## II. — INVALIDITÉ

ART. 6. — Si un fonctionnaire, après avoir interrompu son travail depuis un an, pour cause de maladie ou accident, voit sa capacité de retirer un revenu de sa profession, ou d'une profession socialement équivalente, réduite d'au moins deux tiers, il est réputé atteint d'invalidité. Dans ce cas, il a droit, à compter de la date anniversaire de l'interruption de travail et pendant la durée de celle-ci, à une pension fixée à 40 % de son traitement moyen au cours des 12 mois précédant sa cessation d'activité.

Cette pension est suspendue à l'âge de 60 ans. Ensuite le fonctionnaire passe éventuellement sous le régime de la retraite.

## III. — DÉCÈS

ART. 7. — Les fonctionnaires en activité bénéficient de la garantie d'un capital-décès égal à la moitié de leur traitement annuel au moment du décès.

Cette garantie est également accordée aux fonctionnaires qui reçoivent une pension d'invalidité. Elle est alors calculée sur la même base que cette pension.

## IV. — RESSOURCES DE LA CAISSE

ART. 8. — Les allocations définies ci-dessus sont servies par le Comité International des Poids et Mesures au moyen des ressources suivantes :

1° une cotisation obligatoire de 5 % prélevée sur les traitements du personnel;

2° les intérêts des fonds placés;

3° les subventions accordées par le Comité International sur le budget du Bureau International, pour maintenir l'équilibre financier de la Caisse.

Sous le contrôle du Comité International, le Directeur du Bureau est chargé de veiller aux placements, dans les meilleures conditions possibles, des fonds affectés à la Caisse. Il peut, s'il le juge utile, souscrire auprès d'une Société d'Assurances un contrat assurant tout ou partie des prestations prévues.

## V. — DISPOSITIONS DIVERSES

ART. 9. — Les pensions de retraite et d'invalidité sont payables par trimestre échu. Elles cessent à la date du décès du titulaire.

ART. 10. — Le fonctionnaire qui quitte volontairement le Bureau sans que les conditions d'ancienneté de service pour une pension de retraite soient remplies, a droit à la restitution sans intérêt des cotisations qu'il a versées.

ART. 11. — En cas de contestation, les parties choisiront un arbitre dont elles s'engagent à accepter la décision.

ART. 12. — Les prestations de la Caisse sont calculées en points-or; la conversion en monnaie de paiement s'effectue suivant les taux en vigueur pour le décompte des traitements des fonctionnaires en activité.

ART. 13. — Le présent Règlement a pris effet le 1<sup>er</sup> janvier 1967; toutefois le montant des pensions des fonctionnaires partis à la retraite antérieurement au 1<sup>er</sup> janvier 1969 ne sera pas révisé.

---



# INDEX

- Accélération due à la pesanteur  
détermination absolue de  $g$ , 46  
liaison gravimétrique Amérique-Europe, 50  
Système gravimétrique de Potsdam  
(voir à)
- Avertissement historique, 5
- Balance Stanton 2 g (réparation), 43
- Base géodésique, mesures interférentielles  
(règle I 4 de 4 m), 38
- Bâtiments  
alimentation en eau, 30  
loges gardiens, 30, 31  
mur derrière observatoire, 19  
réfection salle 15, 30
- Budget 1969, 19, 20
- Caisse de retraites  
augmentation des pensions et des  
contributions, 19, 20  
règlement, 117
- Certificats, Notes d'étude, 86
- Chambres d'ionisation (étalons d'exposition), comparaisons, 61
- Coefficient gyromagnétique du proton, 17  
rapport du Groupe de travail, 106  
valeur moyenne adoptée, 101
- Comités Consultatifs  
composition et réunions futures, 22  
diffusion des rapports, 24  
Électricité, présentation du rapport, 17;  
12<sup>e</sup> rapport, 94; recommandations,  
101
- Comité International, 7  
bureau du, activités, 13  
élection nouveau bureau, 27  
rapport du secrétaire, 13
- Commission Administrative, 12; rapport,  
19
- Commission préparatoire des Échelles de  
temps (voir Échelles)
- Comparaisons internationales  
étalons de capacité électrique de 0,1  $\mu$ F  
et 10 pF, 59, 96  
étalons d'exposition dans domaine  
rayons X mous, 61  
étalons nationaux  $\Omega$  et V, 55, 95
- instruments de mesure pour les grands  
aux radiofréquences, 59  
radionucléides, 67
- Comparateur photoélectrique et interférentiel (améliorations), 33
- Comptage de franges, 41.
- Comptes, 14, 90
- Conférence Générale 13<sup>e</sup> (Commission  
*ad hoc*, dotation du Bureau), 13, 14
- Convention du Mètre, suggestions en vue  
centenaire, 25
- Dépôt des prototypes métriques, visite,  
25
- Dispositifs de transfert à diodes de  
Zener, 58, 98
- Documentation, 81
- Dotation du B.I.P.M., projet de résolution,  
14
- Échelle Internationale Pratique de Température,  
adoption Échelle 1968, 16
- Échelles de temps, Commission préparatoire,  
13, 18; rapport, 109
- Électricité  
Comité Consultatif, 17; 12<sup>e</sup> rapport, 94  
cuve pour comparaison étalons f.é.m.,  
53  
diodes de Zener, dispositif de transfert  
à, 58, 98  
étalons  
capacité 0,1  $\mu$ F et 10 pF, comparaisons  
internationales, 59, 96  
en dépôt au B.I.P.M., 58  
nationaux  $\Omega$  et V, comparaisons,  
55, 95  
résistance de 1  $\Omega$  en Au-Cr et manganine  
spéciale, 56  
grandeurs aux radiofréquences, comparaisons  
internationales, 17, 59; rapport  
Groupe de travail, 102;  
recommandations, 103  
passage courant continu-courant alternatif,  
99  
piles étalons (éléments Weston), 98  
 $\gamma_p$  (voir coefficient gyromagnétique du  
proton)
- $\Omega_{BIPM}$  et  $V_{BIPM}$ , valeurs attribuées au  
1.1.1969, 17, 97, 101

- $\Omega$  et V nationaux, changements, 97  
Éléments Weston (piles étalons), 98  
Étalons  
  électriques (*voir* Électricité)  
  énergie  $\alpha$  (Groupe de travail), 18  
  exposition (*voir* Rayons X)  
  longueur  
    à bouts, 36  
    à traits (*voir* Règles)  
    pour la mesure de  $g$ , 36, 46  
  masse, 43  
  international de Ra, examen état, 69  
  matériels de référence, 21, 114.
- Fils géodésiques, 38
- Grandeurs aux radiofréquences (*voir* Électricité)  
Gravimétrie (*voir* Accélération due à la pesanteur et Système de Potsdam)  
Groupes de travail  
  étalons d'énergie  $\alpha$ , 18  
  coefficient gyromagnétique du proton, 106  
  grandeurs aux radiofréquences, 102  
  radionucléides (réunion), 13
- Interférométrie, 39  
  comptage de franges, 41  
  étude de radiations infrarouges, 39  
  lasers, mesure de  $\lambda$ , 41  
  monochromatisation interférentielle, 41  
  déformation des franges achromatiques (mesure de  $g$ ), 47
- Kilogrammes prototypes N<sup>os</sup> 44, IV et du Bureau (N<sup>os</sup> 9, 31, 25), 43
- Lasers (*voir* Interférométrie)
- Manométrie, manobaromètre interférentiel, 52  
Masse volumique de l'eau, 44  
Masses, études diverses d'étalons, 43  
Mesures neutroniques, 78  
  sources  
    D(d, n)<sup>3</sup>He, 79  
    Ra-Be( $\alpha$ , n) 200 mCi, 78  
    Ra-Be( $\gamma$ , n) 500 mCi, 78
- Monochromatisation interférentielle, 41
- Ordinateur, 32; réduction des observations pour les mesures de longueur, 38
- Organismes internationaux et nationaux, relations (O.I.M.L.) et travaux en liaison avec, 24, 81
- Personnel du B.I.P.M., 9, 29  
  décès (J. A. Hall), 29  
  départs, 29  
  engagements, 29  
  promotion (J. W. Müller), 19  
  salaires, 19  
  sous-directeur, nomination (P. Giacomo), 12  
  voyages, visites, exposés et conférences, 83
- Photométrie, 59  
  installations de mesure, contrôle, 60  
  sphère lumenmètre, 60
- Publications  
  du Bureau, 82  
  extérieures, 82
- Radiations ionisantes (*voir* Mesures neutroniques, Radionucléides, Rayons X et  $\gamma$ )
- Radionucléides, 67  
  comparaisons internationales, 67  
  étalon international de Ra, examen état, 69  
  étalonnage sources radioactives, expériences diverses (dilution, dissolution Co, taux comptage), 68  
  phénomènes statistiques de comptage, étude de, 70  
  spectrométrie  $\alpha$ , 73
- Radium, étalon international (examen état), 69
- Rapport du directeur, 19, 24, 29
- Rayons X et  $\gamma$ , 61  
  activité source <sup>60</sup>Co de 1 Ci, 65  
  énergie électrons dans C, fonction de dissipation, 64  
  étalons exposition dans domaine rayons X mous, comparaisons, 61
- Règles étalons de 1 m (N<sup>os</sup> 12 924, 10 230, 11 910, 11 914, 11 915), 35
- Règle géodésique I 4 de 4 m, 38
- Rubans géodésiques, 38
- SI (sur appellation et recommandation 1 de 1967), 26
- Spectrométrie  $\alpha$ , 73
- Système gravimétrique de Potsdam (changement); 21; résolution, 27
- Système métrique, progrès dans le monde, 82
- Temps, Échelles de, Commission préparatoire (*voir* Échelles)
- Thermométrie, 51  
  adoption de l'E.I.P.T.-1968, 16  
  réalisation des points fixes (Ag, Au, Zn), 51, 52  
  thermocouples, étalonnage, 52
- Unités électriques  
   $\Omega_{\text{BIPM}}$  et  $V_{\text{BIPM}}$ , valeurs attribuées au 1.1.1969, 17, 97, 101  
   $\Omega$  et V nationaux, changements, 97
- Visites et stages au B.I.P.M., 85  
Voyages, visites, exposés et conférences personnel du B.I.P.M., 83

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

### COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

57<sup>e</sup> Session (Octobre 1968)

---

	Pages
Avertissement historique .....	5
Liste des membres du Comité International .....	7
Liste du personnel du Bureau .....	9
Ordre du jour de la session .....	10
<b>Procès-verbaux des séances, 14-17 octobre 1968</b> .....	<b>11</b>
Ouverture de la session; quorum; membres excusés .....	11
Invitation faite à V. Ermakov d'assister aux séances de cette session .....	11
Nomination de P. Giacomo comme sous-directeur du Bureau International... ..	12
Constitution de la Commission Administrative .....	12
<i>Rapport du Secrétaire du Comité International</i> (Membres du Comité International: pas de changement depuis octobre 1967. Réunions de Comités Consultatifs et de Groupes de travail. Activités du bureau du Comité: préparation de la reprise de la 13 <sup>e</sup> Conférence Générale (dotation du Bureau International), Commission préparatoire des échelles de temps. Indications financières) .....	13
Préparation de la reprise de la 13 <sup>e</sup> Conférence Générale: dotation annuelle du Bureau International (Projet de résolution 12 établi par le Comité International en conclusion des délibérations de la Commission <i>ad hoc</i> ; discussion sur la façon dont les pays acquitteront la part de leur contribution en monnaie nationale; projet de résolution présenté à la Conférence Générale) .....	14
Présentation et adoption du texte de l'« Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 » .....	16
<i>Rapports du Comité Consultatif d'Électricité et de ses Groupes de travail</i> (Compte rendu de la 12 <sup>e</sup> session du C.C.E. Approbation du changement de la valeur attribuée aux étalons de force électromotrice du B.I.P.M. et de la nouvelle valeur attribuée au coefficient gyromagnétique du proton dans l'eau ( $\gamma_p^A$ ). Approbation des recommandations présentées par le « Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences ») .....	17
<i>Groupe de travail pour les étalons d'énergie <math>\alpha</math></i> (Compte rendu de la réunion de ce Groupe; travaux du B.I.P.M.) .....	18

<i>Rapport de la Commission préparatoire pour la coordination internationale des échelles de temps</i> (Compte rendu de la réunion d'octobre 1968 de cette Commission qui a examiné les conséquences du changement de définition de la seconde sur l'utilisation pratique des échelles de temps) .....	18
<i>Rapport de la Commission Administrative</i> (Personnel : salaires, grades et avancement. Bâtiments : état du mur de soutènement derrière les laboratoires. Approbation de l'exercice 1967. Caisse de retraites : nouveau règlement. Examen du budget 1969) ..	19
Examen du Rapport précédent ; approbation de la nomination de J. W. Müller au grade d'Adjoint, du nouveau règlement de la Caisse de retraites, du Rapport de la Commission et du budget pour 1969 .....	19
Étalons matériels de référence (Exposé de A. V. Astin sur l'importance de tels étalons et l'intérêt de leur normalisation internationale. Approbation d'une réunion en 1969 patronnée par le Comité International) .....	21
Système gravimétrique de Potsdam : adoption de la Résolution 1 (1968) qui fixe la nouvelle valeur de $g$ à Potsdam .....	21
Comités Consultatifs : composition et réunions futures ; diffusion des rapports (Électricité et Définition de la Seconde : pas de changement ; Radiations Ionisantes : l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique et l'Euratom sont considérées maintenant comme observateurs ; Photométrie : désignation du Dr G. A. W. Rutgers (Utrecht) comme membre expert ; Thermométrie : désignation de J. Skakala (Prague) comme membre expert ; Unités : révision de sa composition. Échange de vues sur la publication des rapports des réunions tenues au B.I.P.M. et la diffusion des documents de travail des Comités Consultatifs et des Groupes de travail) .....	22
<i>Rapport du directeur et travaux du Bureau International</i> (Commentaires succincts sur quelques points de ce rapport [voir détails plus loin]) .....	24
Visite du dépôt des Prototypes métriques .....	25
Suggestions en vue du centenaire de la Convention du Mètre .....	25
<i>Questions diverses</i>	
Recommandation 1 (1967) du C.I.P.M. (Nécessité de revoir cette Recommandation à la suite des critiques auxquelles elle a donné lieu ; nouvelle proposition ; le Comité International décide de ne pas publier la Recommandation 1 (1967) dans les <i>Procès-Verbaux</i> ) .....	26
Démission de L. E. Howlett de la présidence du C.I.P.M. ; élection d'un nouveau bureau (Président : J. M. Otero, vice-président : J. V. Dunworth, secrétaire : J. de Boer) .....	26
Résolution 1 (1968) : adoption, pour les besoins métrologiques, de la valeur $9,812\ 60\ \text{m/s}^2$ (au lieu de $9,812\ 74\ \text{m/s}^2$ ) pour la valeur de $g$ à Potsdam .....	27
<b>Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau International</b> (1 <sup>er</sup> septembre 1967-1 <sup>er</sup> octobre 1968) .....	29
I. PERSONNEL. — (Situation. Décès de J. A. Hall ; retraite de J. Dias et départ de M <sup>lle</sup> R. Coutin. Engagements : A. Montbrun, M <sup>mes</sup> A. Delfour et G. Pedrielli) ...	29
II. BÂTIMENTS. — Laboratoire pour la section des radiations ionisantes (Amélioration de l'alimentation en eau ; installation d'un nouveau système de refroidissement de l'électro-aimant ; travaux d'entretien divers). Observatoire (Réfection de la salle des mesures électriques). Petit Pavillon (Aménagement de la loge du gardien). Dépendances (Aménagement, au premier étage de la menuiserie, d'une loge secondaire) .....	30
III. INSTRUMENTS ET TRAVAUX .....	31
Réflexion sur le rôle du personnel scientifique du B.I.P.M. dans les travaux internationaux .....	31
<i>Ordinateur</i> . — Mise en service de l'ordinateur I.B.M. 1130 et premières utilisations .....	32

<i>Longueurs.</i> — Comparateur photoélectrique et interférentiel (Conditionnement d'air de la salle 2; circuit pour la vérification et l'étalonnage des thermocouples; réglage du positionnement des règles divisées; horizontalité de la plate-forme supportant le comparateur). Étalons à traits (Étude au comparateur photoélectrique des règles N <sup>os</sup> 12 924 et 10 230; étude au comparateur à dilatation des règles N <sup>os</sup> 11 910, 11 914 et 11 915). Étalons à bouts (Coefficient de dilatation des étalons N <sup>os</sup> 1 et 2 pour la mesure de g). Études courantes (Cale en silice de 256 mm, calibres divers). Base géodésique (Mesure interférentielle de la règle I 4 de 4 m; étude de fils et rubans divers). Réduction des observations pour les mesures de longueur à l'aide de l'ordinateur (Mesures interférentielles, comparaisons de règles, coefficient de dilatation) .....	33
<i>Interférométrie.</i> — Étude de radiations infrarouges émises par des lampes à <sup>86</sup> Kr classique et sans électrodes. Mesures de longueurs d'onde de lasers. Monochromatisation interférentielle (Premiers résultats obtenus pour quelques radiations du <sup>86</sup> Kr). Comptage de franges (Premiers essais d'un montage expérimental) .....	39
<i>Masses.</i> — Balance Stanton de 2 g (Réparation). Kilogrammes prototypes N <sup>os</sup> 44 (Australie), IV (France), 9, 31 et 25 (B.I.P.M.). Études courantes (Kilogramme N <sup>o</sup> 1 (Afrique du Sud) et masses diverses). Masse volumique de l'eau (Suite de l'étude de la masse volumique de l'eau en fonction de sa composition isotopique) .....	43
<i>Gravimétrie.</i> — Détermination absolue de g (Étalons de longueur; influence des variations de la pression atmosphérique; déformation des franges achromatiques; nouvelle série de mesures de g; microséismes à longue période; séismes; liaison gravimétrique Amérique-Europe. Matériel acheté) .....	46
<i>Thermométrie.</i> — Thermomètres à résistance de platine (Échange et achat de thermomètres). Réalisation de P.E.I.P.T. : points de congélation du zinc, de l'argent et de l'or (fours, creusets), thermocouples étalons (étalonnage). Température thermodynamique du point de l'or. Études courantes de thermomètres à mercure .....	51
<i>Manométrie.</i> — (Étude de jauges à hélice en quartz et de deux baromètres Fuess par comparaison au manobaromètre interférentiel) .....	52
<i>Électricité.</i> — Équipement (Rénovation de la salle; nouvelle cuve pour la comparaison des étalons de force électromotrice; achat de 34 résistances de 10 <sup>4</sup> et 50 × 10 <sup>4</sup> Ω. Comparaisons périodiques des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice (Résultats des 11 <sup>e</sup> comparaisons). Comportement des étalons de résistance de 1 Ω en alliage Au-Cr et en manganine spéciale. Dispositif de transfert à diodes de Zener (Résultats obtenus sur un montage de la P.T.B.). Étalons en dépôt au B.I.P.M. (Étude des étalons V et Ω et des instruments de passage australien et japonais). Études courantes. Comparaisons internationales circulaires (Situation des comparaisons des étalons de capacité de 0,1 μF et de 10 pF; instruments pour la mesure des grandeurs aux radiofréquences) .....	53
<i>Photométrie.</i> — Achèvement de la rénovation des installations (Remplacement du groupe frigorifique pour le conditionnement d'air; étalonnage et contrôle des appareils et des installations électriques de mesure). Sphère lumenmètre (Nouveau revêtement intérieur). Études courantes .....	59
<i>Rayons X et γ.</i> — Comparaisons de chambres d'ionisation (étalons d'exposition) dans le domaine des rayons X mous (Mesures préliminaires; résultats). Fonction de dissipation de l'énergie des électrons dans le carbone. Mesure de l'activité d'une source de <sup>60</sup> Co de 1 Ci (Suite des mesures de transmission et de diffusion du rayonnement par le diaphragme du détecteur; mesure des distances de chaque source au plan de définition du diaphragme; influence du collimateur intermédiaire; évaluation de l'erreur sur le rapport des taux de comptage) .....	61

<i>Radionucléides.</i> — Comparaisons internationales : méthodes de dilution et de préparation de sources au moyen du $^{60}\text{Co}$ ; solution de $^{54}\text{Mn}$ . Expériences diverses concernant l'étalonnage de sources radioactives (Étalonnage d'une solution de $^{56}\text{Mn}$ ; comparaison de diverses techniques de dilution; dissolution du cobalt; recherches sur une nouvelle méthode pour la mesure absolue de taux de comptage). Examen de l'état de l'étalon international de radium. Étude de phénomènes statistiques de comptage. Spectrométrie $\alpha$ (Production, mesure et stabilisation du champ magnétique; spectrographe; système pour le vide; sources; plaques nucléaires; mesures effectuées) .....	67
<i>Mesures neutroniques.</i> — Sources Ra-Be ( $\alpha$ , n) de 200 mCi et Ra-Be ( $\gamma$ , n) de 500 mCi. Mesure de fluence de neutrons d'une source D(d, n) $^3\text{He}$ . Développement de l'appareillage et nouveaux dispositifs pour les mesures neutroniques .....	78
Travaux en liaison avec des organismes internationaux et nationaux ..	81
Documentation et Système Métrique .....	81
Publications du Bureau .....	82
Publications extérieures .....	82
Voyages, visites, exposés et conférences du personnel .....	83
Visites et stages au Bureau International .....	85
Certificats. Notes d'études .....	86
IV. COMPTES. — (I. Fonds ordinaires. II. Caisse de retraites. III. Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique. IV. Laboratoire pour les radiations ionisantes. Bilan) .....	90
<b>Douzième Rapport du Comité Consultatif d'Électricité au Comité International des Poids et Mesures, par P. Vigoureux .....</b>	<b>94</b>
<b>Annexes</b>	
1. <i>Rapport de la Commission préparatoire pour la coordination internationale des échelles de temps, par J. Bonanomi .....</i>	109
2. <i>Un programme international pour les étalons matériels de référence. Exposé préliminaire, par A. V. Astin .....</i>	114
3. <i>Règlement de la Caisse de retraites et de prévoyance du personnel .....</i>	117
<b>INDEX .....</b>	<b>121</b>