

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

PROCÈS - VERBAUX

DES SÉANCES

2^e SÉRIE — TOME 35

56^e SESSION — 1967

(6-16 octobre)



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
Pavillon de Breteuil, F 92-SÈVRES, France

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 ⁽¹⁾.

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

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

Le Bureau International fonctionne sous la surveillance exclusive 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.

(1) Au 31 décembre 1967, 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 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 16 OCTOBRE 1967

Président

1. L. E. HOWLETT, Directeur de la Division de Physique Appliquée, Conseil National de Recherches, Sussex Drive, *Ottawa* 7, Ontario.

Vice-Président

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

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. J. V. DUNWORTH, Directeur du National Physical Laboratory, *Teddington*, Middlesex.
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, Délégué Général à la Recherche Scientifique et Technique, 103 rue de l'Université, *Paris 7^e*.
10. H. NIEWODNICZANSKI, Directeur de l'Institut de Physique Nucléaire, *Cracovie 23*.
11. I. I. NOVIKOV, Vice-Président du Comité National des Normes, des Mesures et Instruments de Mesure, Leninski prosp. 9 b, *Moscou V 49*.
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*.
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*.
-

LISTE DU PERSONNEL

DU

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

AU 1^{er} JANVIER 1968

Directeur : J. Terrien

LABORATOIRES

Physiciens Chercheurs principaux

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

Physiciens et Métrologistes

A. Rytz, G. Leclerc, A. Sakuma,
J. Bonhoure, J. Hamon, J.W.
Müller, G. Girard.

J. A. Hall (hors cadre † 4.1.1968).

Techniciens et Calculateurs

P. Bréonce, L. Lafaye, J. Milobedzki, D. Carnet, C. Colas, R. Czerwonka, F. Lesueur, J. Fournier, J. Hostache, J.-M. Chartier, C. Veyradier, C. Garreau, M^{me} M. Thomas, D. Bournaud (en congé), R. Pello.

M^{me} J.-M. Chartier (hors cadre).

Mécaniciens

R. Hanocq, R. Michard, G. Boutin,
C. Gilbert, J. Leroux, J. Diaz.

ADMINISTRATION ET SERVICES

Métrologiste rédacteur

H. Moreau.

Administrateur

A. Jeannin.

Secrétaires

M^{lles} J. Monprofit, D. Guégan,
M^{me} B. Petit.

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.
 2. Approbation de l'ordre du jour.
 3. Nomination de la Commission Administrative.
 4. Rapport du Secrétaire du Comité; tirage au sort en vue du renouvellement de la moitié du Comité.
 5. Rapport du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde et projets de résolutions.
 6. Rapport du Comité Consultatif de Thermométrie et projet de résolution.
 7. Rapport du Comité Consultatif des Unités et projets de résolutions.
 8. Photométrie; projet de résolution.
 9. Système gravimétrique de Potsdam.
 10. Préparation de la Treizième Conférence Générale: examen de son ordre du jour; rédaction finale des projets de résolutions à présenter; dotation du Bureau International.
 11. Rapport annuel du Directeur et travaux du Bureau International.
 12. Comités Consultatifs: composition et réunions futures.
 13. Rapport de la Commission Administrative.
 14. Élection du bureau du Comité.
 15. Questions diverses.
-

56° SESSION (OCTOBRE 1967)

PROCÈS-VERBAUX DES SÉANCES

TENUES A SÈVRES ET A PARIS

Présidence de Mr L.E. HOWLETT

Le Comité International s'est réuni pour sa 56^e session du vendredi 6 au lundi 16 octobre 1967. Il a tenu quatre séances au Pavillon de Breteuil à Sèvres et trois séances au Centre de Conférences Internationales du Ministère des Affaires Étrangères à Paris; ces séances ont eu lieu avant, pendant et immédiatement après la session de la Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures.

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

Mr BARRELL, membre honoraire du Comité, a participé aux travaux de la session.

Excusés : Mr SIEGBAHN, ainsi que Mr VOLET, directeur honoraire du Bureau International.

1. Ouverture de la session; quorum

Le Président ouvre la séance et constate que le quorum est atteint. Il souhaite la bienvenue à tous les membres et en particulier à MM. Cintra do Prado, Tomonaga et Verma, cooptés depuis la 55^e session, qui participent pour la première fois aux travaux du Comité.

Quelques instants de silence sont observés à la mémoire de A. Danjon, physicien et astronome de grande renommée, qui siégea pendant douze ans au Comité International, en dirigea les activités avec sagesse et fermeté pendant six années et fut également président du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde.

(1) Mr CINTRA DO PRADO s'était excusé pour les deux dernières séances du lundi 16 octobre.

(2) Mr DUNWORTH s'était excusé pour la séance du lundi matin 16.

(3) Mr MARÉCHAL n'a pu assister qu'à la séance du vendredi 13.

(4) Mr NOVIKOV n'a pas assisté aux quatre premières séances.

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

3. La *Commission Administrative* est ainsi constituée : MM. de Boer (président), Stulla-Götz (rapporteur), Astin, Kersten, Lehany, Niewodniczanski, Otero, Tomonaga. Tous les membres du Comité sont invités à suivre les travaux de cette Commission.

Mr de Boer donne lecture de son rapport.

4. Rapport du Secrétaire du Comité

(1^{er} octobre 1966 — 30 septembre 1967)

1. *Membres du Comité International*. — Deux sièges restaient vacants au 1^{er} octobre 1966, à la suite du décès de T. Isnardi et de la démission de Mr P.K. Kichlu. Deux autres démissions, celles de MM. G.D. Bourdoun et Z. Yamauti, ont porté à quatre le nombre des sièges vacants, qui ont été pourvus par des élections par correspondance à bulletins secrets. Les quatre nouveaux membres sont :

Mr I. I. NOVIKOV, Professeur, Docteur ès-sciences techniques et membre correspondant de l'Académie des Sciences de l'U.R.S.S., Vice-Président du Comité des Normes, Mesures et Instruments de Mesure auprès du Conseil des Ministres, élu le 19 décembre 1966;

Mr Luiz CINTRA DO PRADO, Professeur à l'Université, São Paulo, Brésil, élu le 14 février 1967;

Mr A.R. VERMA, Directeur du National Physical Laboratory, New Delhi, Inde, élu le 14 février 1967;

Mr Yoshio TOMONAGA, Directeur du National Research Laboratory of Metrology, Tokyo, Japon (*), élu le 18 avril 1967.

Le Comité, qui se compose de dix-huit membres, est maintenant au complet.

La 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures devra renouveler la moitié du Comité International, conformément aux Articles 7 (1875) et 8 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre; les neuf membres sortants seront les quatre nouveaux élus, avec MM. Kersten, Niewodniczanski et Dunworth, élus postérieurement à la 12^e Conférence Générale, et deux autres membres qui seront désignés par le sort.

Parmi nos membres honoraires, l'un des plus éminents, André Danjon, qui fut notre collègue de 1952 à 1964, et notre président de 1954 à 1960, est décédé à Paris le 21 avril 1967, à l'âge de 78 ans.

2. *Réunions de Comités Consultatifs et de Groupes de travail*. — Le Comité Consultatif des *Unités* a tenu sa première session au Pavillon de Breteuil du 4 au 7 avril 1967.

Il avait été convenu en octobre 1966 que le Comité Consultatif pour la *Définition de la Seconde* serait consulté par correspondance; mais cette consultation a fait apparaître qu'un échange plus complet d'informations et une discussion verbale étaient nécessaires pour que l'unanimité se fasse sur les recommandations exceptionnellement importantes à adopter; le président de ce Comité Consultatif, Mr H. Barrell, et le bureau du Comité International décidèrent donc de réunir le Comité Consultatif pour la *Définition de la Seconde* qui a tenu session au Pavillon de Breteuil le 12 et le 13 juillet 1967.

Le Comité Consultatif de *Thermométrie* s'est réuni du 6 au 14 septembre 1967 à Washington et à Ottawa.

Le Groupe de travail de *l'étalon primaire photométrique* (Comité Consultatif de Photométrie) s'est réuni à Washington et à Ottawa en juin 1967 à l'occasion de la 16^e session de la Commission Internationale de l'Éclairage à Washington.

3. *Activités du bureau du Comité International*. — La tâche principale du bureau du Comité était la préparation de la 13^e Conférence Générale, selon les directives adoptées à notre session d'octobre 1966.

(*) Depuis le 19 septembre 1967, Président de l'Agency of Industrial Science and Technology, Tokyo.

La convocation de la Conférence a été adressée en décembre 1966 aux représentants diplomatiques à Paris des États de la Convention du Mètre, avec un document multi-copié « Programme de travail et budget du Bureau International des Poids et Mesures dans les quatre années 1969-1972 ». Un premier complément à cette convocation a été envoyé en mai 1967, et un deuxième complément en août 1967. Ces documents contiennent des projets de résolutions que le Comité International devra examiner en séance plénière avant de les soumettre à l'approbation de la Conférence. Quelques États ont déjà présenté des commentaires sur ces projets de résolutions.

On trouve aussi dans le premier complément l'exposé des motifs qui pourraient amener à majorer de 8 pour cent les dotations financières demandées pour le fonctionnement du Bureau International, en raison de la suppression, par le Gouvernement français, à partir de mars 1967, de l'exonération des taxes sur les achats dont bénéficiait jusqu'ici le Bureau.

Une enquête par correspondance a été faite par notre Président, par lettre adressée le 16 décembre 1966 à tous les membres du Comité International, sur la valeur absolue de l'accélération due à la pesanteur et la révision du Système de Potsdam; les conclusions de cette enquête ont été résumées à l'intention des membres du Comité dans la lettre du Président du 8 mai 1967, et une lettre a été adressée au président de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale. Le Président de cette Union avait invité le Comité International à se faire représenter à l'Assemblée Générale qui a eu lieu en Suisse à partir du 25 septembre 1967: le bureau du Comité avait désigné Mr Terrien pour le représenter aux séances où ce sujet a été examiné.

Le bureau du Comité a chargé MM. Barrell et Terrien d'assurer la liaison avec l'Union Astronomique Internationale dont l'Assemblée Générale s'est tenue à Prague du 22 au 31 août 1967, spécialement pour participer aux discussions en relation avec le projet de définition atomique de la seconde.

4. *Accords avec d'autres Organisations intergouvernementales.* — Le Comité International avait autorisé le directeur du Bureau à conclure des accords, sous forme d'échanges de lettres, en 1961 avec l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (Vienne), en 1965 avec la Communauté Européenne de l'Énergie Atomique (EURATOM, Bruxelles). Une forme amendée de l'accord de 1961 avec l'Agence a été conclue entre les directeurs le 29 mars 1967, et l'accord de 1965 avec l'EURATOM a été prorogé le 26 juillet 1967 par échange de lettres avec la Commission des Communautés Européennes qui, entrée en fonctions le 6 juillet, fait suite à la Commission d'EURATOM.

5. *États adhérents à la Convention du Mètre.* — L'Uruguay, qui s'était placé dans le cas d'exclusion de l'Article 6 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre faute d'avoir payé ses contributions financières pendant six années consécutives, a demandé sa réintégration et a payé ses contributions arriérées jusqu'à 1965 inclus.

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

	1964	1965	1966	1967
Fonds ordinaires	363 014,65	410 584,04	355 644,11	786 956,47
Caisse de Retraites	88 265,10	59 021,37	78 603,39	98 945,53
Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique	203,59	8 663,59	8 663,59	8 663,59
Laboratoire pour les radiations ionisantes (construction et équiper- ment de base).....	592 632,63	425 966,89	582 469,96	538 636,79
Totaux	1 044 115,97	904 235,89	1 025 381,05	1 433 202,38

Au compte « Laboratoire pour les radiations ionisantes », 86 000 francs-or ont été dépensés pendant l'exercice 1966 pour achever de payer les travaux des entrepreneurs, à l'exception d'un seul pour lequel la réception définitive a été différée, et 116 000 francs-or pour l'équipement scientifique et l'équipement de bureau.

Au sujet du troisième paragraphe du point 3 de ce Rapport (taxes sur les achats du Bureau International), il est précisé que d'après des renseignements verbaux le Gouvernement français est disposé à accorder le remboursement des taxes déjà payées, sans attendre la conclusion de l'accord de siège. Le Ministre des Affaires Étrangères de France a d'autre part déclaré devant la 13^e Conférence Générale qu'une solution satisfaisante sera donnée à la question des taxes sur les achats et à celle de l'accord de siège ⁽⁶⁾.

Le Rapport du Secrétaire ne fait l'objet d'aucun autre commentaire; il est approuvé à l'unanimité.

En vue du renouvellement par moitié du Comité International par la 13^e Conférence Générale il est procédé, ainsi qu'il est indiqué au point 1 du Rapport du Secrétaire, au tirage au sort de deux membres pour compléter les sept membres (MM. Cintra do Prado, Dunworth, Kersten, Niewodniczanski, Novikov, Tomonaga, Verma) qui, cooptés depuis la 12^e Conférence Générale, font automatiquement partie de la moitié à renouveler; ce tirage au sort désigne MM. Nussberger et Väisälä. La réélection de ces neuf membres sera proposée à la Conférence Générale.

Le Comité entreprend ensuite l'examen des projets de résolutions que son bureau a envoyé aux États dans les deux compléments à la Convocation de la 13^e Conférence Générale, ainsi que l'examen des rapports des Comités Consultatifs.

5. Rapport du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (C.C.D.S.) et projets de résolutions

Mr Barrell, président du C.C.D.S., fait un bref compte rendu de la réunion que ce Comité Consultatif a tenue les 12 et 13 juillet 1967 (*voir* Rapport, p. 116), et des deux consultations par correspondance qui ont précédé cette réunion.

Le Comité Consultatif a été unanime à recommander que soit adoptée une définition de la seconde fondée sur la fréquence d'une transition atomique, et que cette transition soit celle qui sert déjà d'étalon, c'est-à-dire celle de l'atome de césium.

MM. Barrell et Terrien ont assisté aux réunions des Commissions 4 (Éphémérides) et 31 (Heure) de l'Union Astronomique Internationale à Prague en août 1967. Les astronomes présents à ces réunions sont eux aussi unanimement d'accord pour approuver le changement de définition de la seconde recommandé par le Comité Consultatif, mais ils voudraient que la Conférence Générale reconnaisse l'existence parallèle des

⁽⁶⁾ Une lettre du Ministère des Affaires Étrangères en date du 25 octobre 1967 a informé le Président du Comité International que le Ministère de l'Économie et des Finances accordait au Bureau International, à partir du 1^{er} mars 1967, la restitution des taxes sur le chiffre d'affaires qui grèvent ses acquisitions de biens et de services. Ce nouveau régime se substitue au régime antérieur de l'exonération.

échelles de temps astronomiques. Après discussion, le Comité International conclut que la 13^e Conférence Générale, si elle introduit une nouvelle définition de la seconde, doit nécessairement abroger l'ancienne, mais elle doit faire entendre clairement qu'elle s'occupe de l'unité de temps du Système International d'Unités, et qu'elle n'abroge que des Résolutions antérieures de la Conférence Générale ou du Comité International. Après avoir approuvé les conclusions du rapport du C.C.D.S., le Comité International se met d'accord sur les projets de résolutions à présenter à la Conférence Générale :

Projet de résolution J 1 (6)

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant

que la définition de la seconde décidée par le Comité International des Poids et Mesures à sa session de 1956 (Résolution 1) et ratifiée par la Résolution 9 de la Onzième Conférence Générale (1960), puis maintenue par la Résolution 5 de la Douzième Conférence Générale (1964) ne suffit pas aux besoins actuels de la métrologie;

qu'à sa session de 1964 le Comité International des Poids et Mesures, habilité par la Résolution 5 de la Douzième Conférence Générale (1964), a désigné pour répondre à ces besoins un étalon atomique de fréquence à césium à employer temporairement;

que cet étalon de fréquence est maintenant suffisamment éprouvé et suffisamment précis pour servir à une définition de la seconde répondant aux besoins actuels;

que le moment est venu de remplacer la définition actuellement en vigueur de l'unité de temps du Système International d'Unités par une définition atomique fondée sur cet étalon;

décide

1^o L'unité de temps du Système International d'Unités est la seconde définie dans les termes suivants :

« La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133. »

2^o La Résolution 1 adoptée par le Comité International des Poids et Mesures à sa session de 1956 et la Résolution 9 de la Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures sont abrogées.

Projet de résolution K (7)

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant que l'étalon de fréquence à césium est encore perfectible et que des expériences en cours autorisent l'espoir de réaliser d'autres étalons ayant des qualités encore meilleures pour servir à définir la seconde,

invite les organisations et laboratoires experts dans le domaine des étalons atomiques de fréquence à poursuivre activement leurs études.

(6) Ce projet de résolution a été adopté sans modification par la 13^e Conférence Générale (Résolution 1).

(7) Ce projet de résolution a été adopté sans modification par la 13^e Conférence Générale (Résolution 2).

De plus, le Comité International approuve le projet d'une lettre que son Président adressera au Président de l'Union Astronomique Internationale afin de lui expliquer que la position prise par le Comité International traduit le souci de n'apporter aucune gêne aux travaux des astronomes (voir le texte de cette lettre à l'Annexe 1, p. 139).

6. Rapport du Comité Consultatif de Thermométrie (C.C.T.) et projet de résolution

Mr de Boer rend compte des travaux de la 8^e session du C.C.T. qui s'est tenue à Washington et à Ottawa du 6 au 14 septembre 1967. La tâche essentielle du C.C.T. est la révision de l'Échelle Internationale Pratique de Température afin de la mettre en accord aussi bon que possible avec l'échelle thermodynamique et de l'étendre vers les basses températures. Un comité de rédaction est chargé de rédiger le projet d'un nouveau texte sur lequel le C.C.T. sera appelé à donner son accord par correspondance avant la prochaine session du Comité International en octobre 1968. La recommandation T 2 et le rapport du C.C.T. (p. 122), qui sont approuvés par le Comité International, donnent à ce comité de rédaction les instructions nécessaires, en particulier une liste de points fixes dont les températures sont parfois légèrement modifiées par rapport aux valeurs admises en 1966.

Un compte rendu sera présenté à la 13^e Conférence Générale sur la situation et le Comité International demandera à cette Conférence le pouvoir pour la mise en vigueur d'une nouvelle Échelle en lui soumettant le projet de résolution suivant :

Projet de résolution L (8)

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant

qu'il est urgent de réviser l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1948 comme l'a déjà constaté la Douzième Conférence Générale (1964) dans sa Résolution 10,

que les laboratoires compétents se sont maintenant mis d'accord sur les grandes lignes de la révision de cette Échelle,

donne pouvoir au Comité International des Poids et Mesures de prendre les décisions nécessaires pour que soit mise en vigueur dès que possible une nouvelle Échelle Internationale Pratique de Température.

7. Rapport du Comité Consultatif des Unités (C.C.U.) et projets de résolutions

Mr de Boer, président du C.C.U., rappelle les motifs de la création en 1964 de ce Comité Consultatif et ses tâches qu'il a exposés en préambule

(8) Ce projet de résolution a été adopté sans modification par la 13^e Conférence Générale (Résolution 8).

du rapport sur la première session du C.C.U. tenue à Sèvres du 4 au 7 avril 1967 (voir p. 100).

Le Comité examine ensuite les diverses recommandations prises par le C.C.U., les projets de résolutions correspondants préparés par le bureau du Comité International et envoyés aux États en mai 1967 (*Comptes rendus 13^e Conférence Générale*, p. 18, projets de résolutions A à H), ainsi que les commentaires reçus des délégations à la Conférence sur ces projets.

La recommandation U 1 (p. 112) concernait principalement la règle de formation des noms des multiples et sous-multiples du kilogramme. Le Comité International, estimant qu'il n'est pas dans les attributions de la Conférence Générale de s'occuper des modalités d'application des résolutions qu'elle adopte, décide d'énoncer la règle particulière à appliquer au cas du kilogramme dans une recommandation qui sera simplement portée à la connaissance de la 13^e Conférence Générale (*Recommandation 2*, p. 29).

La recommandation U 2 (p. 113) concerne le nom *kelvin* et le symbole « K » à attribuer à l'unité de température thermodynamique. A sa session de septembre 1967, le Comité Consultatif de Thermométrie s'est déclaré en accord avec ce nom et ce symbole mais il a recommandé que, temporairement, les désignations actuellement en vigueur, telles que « degré Kelvin », restent admises. Le projet de résolution finalement proposé à la Conférence Générale est le suivant :

Projet de résolution B 1 ()*

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,
considérant

les noms « degré Kelvin » et « degré », les symboles « ° K » et « deg » et leurs règles d'emploi contenus dans la Résolution 7 de la Neuvième Conférence Générale (1948), dans la Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale (1960) et la décision prise par le Comité International des Poids et Mesures en 1962 (*Procès-Verbaux*, 30, page 27),

que l'unité de température thermodynamique et l'unité d'intervalle de température sont une même unité qui devrait être désignée par un nom unique et par un symbole unique,

décide

1° l'unité de température thermodynamique est désignée sous le nom « kelvin » et son symbole est K;

2° ce même nom et ce même symbole sont utilisés pour exprimer un intervalle de température;

3° un intervalle de température peut aussi s'exprimer en degrés Celsius;

4° les décisions mentionnées au premier considérant concernant le nom de l'unité de température thermodynamique, son symbole et la désignation de

(*) Ce projet de résolution a été adopté sans modification par la 13^e Conférence Générale (Résolution 3).

l'unité pour exprimer un intervalle ou une différence de température sont abrogées, mais les usages qui sont la conséquence de ces décisions restent admis temporairement.

Les recommandations U 7 et U 3 (p. 115 et 113), qui donnent une rédaction explicite de la définition du *kelvin* et de la définition de la *candela* sont présentées à la Conférence Générale sous la forme suivante :

Projet de résolution C 1 ⁽¹⁰⁾

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant qu'il est utile de formuler dans une rédaction explicite la définition de l'unité de température thermodynamique contenue dans la Résolution 3 de la Dixième Conférence Générale (1954),

décide d'exprimer cette définition de la façon suivante :

« Le kelvin, unité de température thermodynamique, est la fraction $1/273,16$ de la température thermodynamique du point triple de l'eau. »

Projet de résolution D 1 ⁽¹¹⁾

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant

la définition de l'unité d'intensité lumineuse ratifiée par la Neuvième Conférence Générale (1948) et contenue dans la « Résolution concernant le changement des unités photométriques » adoptée par le Comité International des Poids et Mesures en 1946 (*Procès-Verbaux*, 20, page 119) en vertu des pouvoirs conférés par la Huitième Conférence Générale (1933),

que cette définition fixe bien la grandeur de l'unité d'intensité lumineuse mais prête à des critiques d'ordre rédactionnel,

décide d'exprimer la définition de la *candela* de la façon suivante :

« La *candela* est l'intensité lumineuse, dans la direction perpendiculaire, d'une surface de $1/600\,000$ mètre carré d'un corps noir à la température de congélation du platine sous la pression de $101\,325$ newtons par mètre carré. »

La recommandation U 4 (p. 114) demandant que la *mole* soit introduite dans le Système International d'Unités comme unité de base donne lieu à une discussion.

C'est l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (U.I.P.P.A.) qui a souligné le fait que la *mole*, qui est d'un usage très répandu, est une unité de quantité de matière à ne pas confondre avec une unité de masse. L'avis de l'U.I.P.P.A. est que la *mole* est une unité de base. Après étude par la Commission S.U.N. de l'U.I.P.P.A., une définition de cette unité a été approuvée par l'Assemblée Générale de l'U.I.P.P.A. il y a déjà quelques années. L'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée est d'accord avec cette définition et l'I.S.O./TC 12 s'est déclarée favorable à l'inclusion de cette unité dans le SI. Cependant, les avis expri-

⁽¹⁰⁾ Ce projet de résolution a été adopté sans modification par la 13^e Conférence Générale (Résolution 4).

⁽¹¹⁾ Ce projet de résolution a été adopté sans modification par la 13^e Conférence Générale (Résolution 5).

més par diverses délégations à la Conférence Générale n'étaient pas en faveur de l'introduction de la mole dans le SI comme septième unité de base. La mole ne pouvant pas être classée dans la catégorie des unités dérivées, la proposition de la classer dans celle des unités supplémentaires a été envisagée, mais n'a pas été acceptée par la Conférence. Le projet de résolution finalement soumis à la Conférence par le Comité est le suivant :

Projet de résolution E 2 (12)

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant les avis de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée et de l'Organisation Internationale de Normalisation concernant le besoin de définir une unité de quantité de matière,

décide

1° La mole, symbole mol, est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12.

2° Lorsque l'on emploie la mole, les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, d'autres particules, ou des groupements spécifiés de telles particules.

La recommandation U 5 (p. 114) proposait :

1° que la désignation « Système International d'Unités » n'englobe que l'ensemble cohérent des unités de base et des unités dérivées;

2° la suppression de l'appellation « unités supplémentaires » donnée à cette catégorie d'unités qui seraient alors incluses dans la catégorie des « unités dérivées » (*voir* recommandation U 6, p. 114);

3° la dénomination « Système International d'Unités Élargi ».

Ces propositions, reprises dans les projets de résolutions A et G envoyés aux États en mai 1967, ont suscité de la part des délégations à la Conférence Générale des critiques et des commentaires. Après discussion, le Comité International décide de ne proposer aucun changement à la Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale (1960), et de conserver par conséquent la catégorie des « unités supplémentaires » dans laquelle on classe des unités que l'on ne veut pas, pour une raison quelconque, classer dans les unités de base ou dans les unités dérivées. Le Comité précise, dans une Recommandation 1, l'interprétation à donner à la Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale en ce qui concerne l'appellation « Système International d'Unités » (13).

(12) Ce projet de résolution a été discuté par la Conférence Générale qui a finalement décidé d'ajourner sa décision en chargeant le Comité International et son Comité Consultatif des Unités de poursuivre l'étude de cette question, et de soumettre à une prochaine Conférence Générale un nouveau projet de définition de la mole.

(13) *Note ajoutée aux épreuves.* A sa 57^e session (octobre 1968), le Comité International a reconnu que cette Recommandation 1 nécessitait un nouvel examen; il a décidé en conséquence de ne pas en publier le texte dans ces procès-verbaux.

Dans la liste d'unités dérivées de la recommandation U 6 (p. 114) se trouvent des unités qui dérivent du kelvin et qu'il était difficile de mentionner avant l'adoption du nom « kelvin »; le Comité International propose donc à la Conférence le projet de résolution suivant qui contient de telles unités et quelques autres :

Projet de résolution G 1 ⁽¹⁴⁾

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,
considérant qu'il est utile de citer d'autres unités dérivées dans la liste du paragraphe 4° de la Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale (1960),

décide d'y ajouter :

Nombre d'ondes	1 par mètre	m^{-1}
Entropie	joule par kelvin	J/K
Chaleur massique	joule par kilogramme kelvin	J/(kg · K)
Conductivité thermique	watt par mètre kelvin	W/(m · K)
Intensité énergétique	watt par stéradian	W/sr
Activité (d'une source radioactive) ..	1 par seconde	s^{-1}

Il est par ailleurs apparu utile de demander à la Conférence Générale d'abroger certaines décisions antérieures qui, ne l'ayant pas été au moment où de nouvelles résolutions étaient adoptées, se trouvent en contradiction avec celles-ci. Le projet de résolution suivant a donc été proposé :

Projet de résolution H 1 ⁽¹⁵⁾

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant que les décisions prises ultérieurement par la Conférence Générale concernant le Système International d'Unités contredisent quelques parties de la Résolution 7 de la Neuvième Conférence Générale (1948),

décide en conséquence de retirer de la Résolution 7 de la Neuvième Conférence :

1° le nom d'unité « micron », et le symbole « μ » qui fut attribué à cette unité et qui est devenu un préfixe;

2° le nom d'unité « bougie nouvelle ».

8. Photométrie; projet de résolution

Mr Otero rappelle que la photométrie implique des considérations psychophysiques et que dans ce domaine on ne peut éviter de rencontrer la colorimétrie. Dès 1965, le Comité International avait déjà autorisé et encouragé le Comité Consultatif de Photométrie à s'occuper de certains

⁽¹⁴⁾ Ce projet de résolution a été adopté sans modification par la 13^e Conférence Générale (Résolution 6).

⁽¹⁵⁾ Ce projet de résolution a été adopté sans modification par la 13^e Conférence Générale (Résolution 7).

aspects de la colorimétrie liés à la photométrie. D'autre part, les techniques de mesure s'orientent de plus en plus vers la radiométrie. Le Comité soumet donc à la Conférence Générale le projet de résolution suivant :

Projet de résolution I 1 ⁽¹⁶⁾

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant que la photométrie doit tenir compte des principes et des techniques de la colorimétrie et de la radiométrie,

approuve l'intention exprimée par le Comité International des Poids et Mesures en 1965 (*Procès-Verbaux*, 33, page 21) d'inclure dans ses activités et dans celles du Bureau International des Poids et Mesures les aspects métrologiques fondamentaux de la colorimétrie et de la radiométrie.

9. Système gravimétrique de Potsdam

Mr Terrien a assisté, avec A. Sakuma, aux réunions de gravimétrie de l'Assemblée Générale de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale qui s'est tenue en Suisse en septembre 1967. La révision du système de Potsdam ne se présente pas d'une façon simple. Le Comité peut seulement à l'heure actuelle enregistrer le fait que, selon les mesures absolues de g les plus récentes et les plus précises, la correction à apporter à la valeur admise de g à la station de Potsdam est de $-14 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ (Vœu N° 22 adopté par l'Association Internationale de Géodésie, Lucerne, 1967). Il convient donc, ainsi que Mr Astin l'avait suggéré en 1966, que le Comité International crée un Groupe d'étude pour examiner cette question. La plupart des membres du Comité étant d'accord sur la création d'un tel Groupe d'étude, ils doivent envoyer au Bureau International avant le 30 novembre 1967 toute suggestion sur la composition de ce Groupe.

**10. Préparation de la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures.
Dotation du Bureau International**

Les projets de résolutions scientifiques à soumettre à la Conférence Générale ont été discutés aux points 5, 6, 7 et 8.

En dehors des problèmes scientifiques, la Conférence Générale doit voter la dotation du Bureau International pour les quatre années 1969-1972.

Un projet de résolution prenant comme base une augmentation annuelle de 14 pour cent de la dotation par rapport à celle de 1967 et 1968 a été envoyé aux États en décembre 1966, en même temps que la Convocation de la 13^e Conférence Générale; un document justificatif intitulé « Programme de travail et budget du Bureau International des

⁽¹⁶⁾ Ce projet de résolution a été adopté sans modification par la 13^e Conférence Générale (Résolution 9).

Poids et Mesures dans les quatre années 1969-1972 » était joint à cette Convocation.

Les dotations demandées pour 1969 à 1972 semblent raisonnables à Mr Maréchal qui rappelle que le Bureau International est appelé à jouer un rôle extrêmement important non seulement en ce qui concerne la métrologie, mais par voie de conséquence dans certain nombre de recherches. Les techniques qui sont mises au point dans le domaine de la haute précision ont des répercussions importantes sur le plan scientifique. Il appartient donc à la collectivité scientifique de soutenir le Bureau International.

Les difficultés que le Comité International a rencontrées lors des premières séances de la 13^e Conférence Générale pour faire adopter la dotation qu'il a demandée proviennent en partie du fait que de nombreux délégués de la Conférence connaissent mal la situation économique en France et jugent d'après la situation dans leur propre pays.

Par ailleurs, la métrologie classique est en évolution particulièrement rapide en ce moment. Le Bureau International ne doit pas rester en arrière du progrès, ce qui oblige à un accroissement de la dotation qui s'ajoute aux impératifs de la situation économique en France.

Le Comité International, qui est responsable de la bonne marche du Bureau International, avait donné ses instructions au directeur pour qu'il rédige le projet du « Programme de travail et budget du B.I.P.M. dans les quatre années 1969-1972 »; tous les membres du Comité ont étudié ce projet, et le document qui a été envoyé aux États exprimait ainsi l'avis unanime du Comité.

Les discussions pendant les séances de la 13^e Conférence Générale n'ont fait apparaître aucun argument scientifique nouveau, susceptible de changer l'opinion des membres du Comité sur le rôle du Bureau International, sur les travaux à accomplir, et sur les dotations financières nécessaires. Le Comité s'est donc déclaré d'accord pour estimer qu'il est de son devoir de maintenir ses propositions d'une augmentation annuelle de 14 pour cent.

En préparation de la cinquième séance de la Conférence Générale et devant la position prise par quelques délégations, le Comité International s'est toutefois mis d'accord, à son avant dernière séance, sur un projet de résolution assurant au minimum, en un premier temps, 9 pour cent d'augmentation annuelle du budget du Bureau International, et sur une proposition de reprise des travaux de la 13^e Conférence Générale en juin 1968.

L'augmentation de 9 pour cent est en effet essentielle pour maintenir le Bureau International à son niveau actuel, sans aucun nouveau développement. Les 5 pour cent supplémentaires demandés seraient précisément consacrés à ce développement jugé fondamental et indispensable, car pour ne pas perdre leur utilité les travaux du Bureau doivent atteindre le niveau le plus élevé.

Le Comité International a donc estimé nécessaire de laisser aux délè-

gués à la Conférence le temps pour exposer la situation aux services financiers compétents de leur pays et convaincre ces services de la nécessité de ces 5 pour cent supplémentaires.

Projet de résolution 10 (17)

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant

que pendant les séances tenues en octobre 1967 elle n'a pas décidé le montant exact des dotations du Bureau International des Poids et Mesures pour les quatre années 1969-1972,

qu'elle a reconnu la nécessité d'une augmentation annuelle d'environ 9 pour cent pendant ces quatre années pour que le Bureau International se maintienne à son niveau actuel,

mais qu'elle veut que le niveau du Bureau International s'élève avec le progrès de la métrologie en utilisant des ressources supplémentaires qui restent à définir,

décide que la partie fixe de la dotation annuelle à partir du 1^{er} janvier 1969 sera augmentée par rapport à ce qu'elle était au 1^{er} octobre 1967 de façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire calculée à cette dernière date ne soit pas inférieur

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

demande au Comité International des Poids et Mesures de fournir aux États de la Convention du Mètre, dans un délai inférieur à six mois, une étude documentée qui permette aux États de décider la nature et le montant des ressources supplémentaires à consacrer au Bureau International et d'apprécier les conséquences de leur décision sur l'avenir du Bureau International.

Projet de résolution 11 (18)

La Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant

que les séances tenues aux dates prévues n'ont pas suffi pour épuiser l'ordre du jour,

que les questions en suspens nécessitent un délai d'étude,

décide de reprendre sa session le mardi 11 juin 1968.

Le Comité International a donc le devoir d'étudier, avant la reprise des séances de la Conférence Générale en juin 1968 (18), la nature et le montant des ressources supplémentaires, à ajouter aux dotations en accroissement

(17) *Note ajoutée aux épreuves.* Ce projet de résolution a été repoussé par la 13^e Conférence Générale le 16 octobre 1967 en raison du vote contraire de l'un des États membres; toutefois, le Gouvernement de cet État a déclaré ultérieurement qu'il n'avait pas l'intention de bloquer par son vote la dotation du Bureau International, ce qui a permis de régler cette question définitivement en octobre 1968.

(18) Ce projet de résolution a été adopté par la 13^e Conférence Générale après un changement de date : mercredi 5 juin 1968 (au lieu du mardi 11 juin).

Note ajoutée aux épreuves. Les événements survenus en France en mai et juin ont obligé à reporter au 15 octobre 1968 la reprise de la session de la 13^e Conférence Générale.

annuel de 9 pour cent, qui permettraient au Bureau International d'accomplir le programme prévu. Il décide de créer pour cette étude une petite commission *ad hoc* constituée ainsi : en premier lieu Mr Novikov qui a suggéré en termes généraux des moyens nouveaux, moins triviaux que le financement habituel, pour favoriser le fonctionnement du Bureau International, puis MM. Astin, Maréchal et le bureau du Comité. Il est convenu que cette Commission se réunira dans la semaine du 5 au 9 février 1968. Tous les membres du Comité International sont priés d'envoyer par lettre, avant le 15 novembre 1967, leurs suggestions. Les membres de la Commission auront ainsi le temps d'étudier ces suggestions, et particulièrement celles de Mr Novikov, avant qu'ils en discutent oralement à la réunion de février 1968 ⁽¹⁹⁾.

11. Rapport du Directeur et Travaux du Bureau International

Mr Terrien résume brièvement son rapport annuel sur l'activité et la gestion du Bureau International depuis la précédente session du Comité; ce rapport (p. 30) avait été adressé aux membres du Comité en août 1967 sous forme d'un document mult copié, et complété par un additif distribué en séance.

Il rappelle les engagements récents de deux physiciens : P. Giacomo pour les sections classiques et J.W. Müller pour la section des radiations ionisantes. A signaler aussi le nombre plus important de voyages et visites effectués tant en France qu'à l'étranger par les physiciens du Bureau; ces voyages sont très utiles et c'est la raison pour laquelle le bureau du Comité International a approuvé un dépassement des crédits consacrés à ce chapitre dans le budget voté en octobre 1966.

En complément à ces indications du Directeur, le personnel scientifique du Bureau a donné aux membres du Comité quelques précisions sur les travaux les plus importants en cours ou achevés, ces exposés ayant été précédés d'une introduction générale par P. Giacomo et A. Allisy.

Le Président remercie le Directeur et le personnel du Bureau de leurs exposés et les félicite pour les résultats obtenus, notamment pour le remarquable résultat auquel est arrivé A. Sakuma pour la mesure absolue de *g* au Pavillon de Breteuil.

12. Comités Consultatifs : composition et réunions futures

Comité Consultatif d'Électricité. — Ce Comité Consultatif se réunira du 1^{er} au 3 octobre 1968. Le « Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences » se réunira du 23 au 25 septembre 1968, et le « Groupe

⁽¹⁹⁾ Note ajoutée aux épreuves. Cette réunion n'a effectivement eu lieu que le 19 mars 1968.

de travail pour les méthodes et les résultats de mesure du coefficient gyromagnétique du proton » du 26 au 30 septembre 1968.

Comité Consultatif de Thermométrie. — Aucune réunion n'est envisagée en 1968, sauf si des difficultés surgissaient dans l'établissement du projet du nouveau texte de l'« Échelle Internationale Pratique de Température » qui devrait être présenté au Comité International en juin 1968. Les mises au point qui restent à faire doivent pouvoir être réglées par correspondance.

Comité Consultatif de Photométrie. — Sur proposition de Mr Otero, président de ce Comité Consultatif, le Comité International approuve l'adjonction du National Physical Research Laboratory de Pretoria (Afrique du Sud) et du Dr F. Rotter (Vienne, Autriche) à la liste des membres de ce Comité.

Aucune réunion n'est prévue avant 1969, une comparaison des étalons photométriques nationaux devant commencer au début de 1968.

Aucune réunion prochaine n'est prévue pour les autres Comités Consultatifs : Définition du Mètre, Définition de la Seconde, Radiations Ionisantes, Unités.

La composition des Comités Consultatifs reste inchangée (à l'exception de celui de Photométrie, voir ci-dessus), mais le Comité International s'accorde à penser qu'il faudra élargir la composition du Comité Consultatif des Unités.

13. Rapport de la Commission Administrative

La Commission s'est réunie au Pavillon de Breteuil le 7 octobre 1967 à 10 h.

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

Assistaient également à la séance : MM. Barrell, Howlett, Nussberger, Cintra do Prado, Väisälä, Sandoval Vallarta, Terrien (ainsi que Jeannin pendant la discussion du budget).

1. Rapport du directeur

a) *Personnel.* Le directeur donne un aperçu concernant le personnel scientifique du Bureau et propose la création d'un 14^e grade avec 5 échelons pour donner aux physiciens chercheurs principaux, les plus hautement qualifiés, la possibilité d'un avancement. La Commission se déclare d'accord, ainsi que sur quelques avancements exceptionnels des membres du personnel qui font des travaux extrêmement importants pour le Bureau.

b) *Bâtiments.* La nécessité de faire une série d'améliorations et de réparations a été exposée dans le document « Programme de travail et Budget du B.I.P.M. » ; pour cette raison, les dépenses de fonctionnement prévues dans le budget 1968 pour l'entretien des bâtiments sont plus élevées que celles pour l'investissement dans les laboratoires.

c) *Taxes d'étalonnage.* Ces taxes sont soumises à un tarif très ancien d'après la politique du Comité International de ne pas chercher un profit dans ces travaux obligatoires du Bureau. La Commission est d'accord pour que le directeur fasse une révision de ces taxes.

2. *Exercice 1966.* — Le rapport de l'expert-comptable sur l'exercice 1966 est discuté par la Commission. On constate quelques économies qui, d'après les explications du directeur, étaient nécessaires parce que les chiffres du budget ne tiennent pas compte que, en général, environ 5 pour cent des recettes prévues sont perdues à cause des arriérés de paiement. De plus, la dotation pour 1968 est malheureusement la même que celle pour 1967, ce qui nécessite des économies dans les années antérieures. 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 1966.

3. *Exercice 1967.* — Pour l'exercice 1967 en cours, le directeur explique que l'on a fait quelques économies dans les dépenses pour le personnel, mais à cause d'une augmentation des cotisations pour la Sécurité Sociale, ces économies sont compensées. Les frais de voyage du personnel sont plus élevés dans l'année courante à cause d'une accumulation exceptionnelle de conférences internationales, particulièrement plusieurs fois en Amérique, conférences pour lesquelles une participation de membres du Bureau était nécessaire. La Commission souligne l'importance des voyages pour prendre un contact personnel avec les spécialistes compétents dans le monde entier.

Concernant les dépenses de personnel, le directeur répète les remarques données dans le « Programme de travail et Budget du B.I.P.M. »; ces dépenses s'accroissent d'environ 9 pour cent chaque année à cause de l'augmentation du coût de la vie et des avancements du personnel dans l'échelle des salaires.

4. *Budget 1968.* — La Commission approuve le budget 1968 qui lui est proposé.

Elle recommande que les achats des instruments qui peuvent être employés à la fois dans la section classique et dans la section des étalons de mesure des radiations ionisantes, puissent être payés à l'avenir en utilisant les fonds restant encore disponibles pour le laboratoire des radiations ionisantes.

5. *Caisse de Retraites.* — Il n'a pas encore été possible au directeur de présenter un projet définitif de règlement de la Caisse de Retraites.

Le Rapporteur,
J. STULLA-GÖTZ

Le Président,
J. DE BOER

Le Comité approuve ce Rapport et les propositions qu'il contient, et donne quitus au directeur et à l'administrateur pour la gestion financière de l'exercice 1966. Il adopte ensuite le budget suivant pour 1968.

BUDGET POUR 1968 (en francs-or)

RECETTES

Contributions des États	I 750 000
Intérêts des fonds	20 000
Taxes de vérification	6 000
Total	<u>I 776 000</u>

DÉPENSES

A. Dépenses de personnel :

1. Traitements	925 000	} I 118 000
2. Allocations familiales ..	58 000	
3. Sécurité Sociale	46 000	
4. Assurance-accidents	9 000	
5. Caisse de Retraites	80 000	

B. Dépenses de fonctionnement :

1. Bâtiments (entretien) ...	I35 000	} 445 000
2. Mobilier	5 000	
3. Laboratoire et ateliers .	I40 000	
4. Chauffage, eau, énergie électrique	62 000	
5. Assurances	4 500	
6. Impressions et publications	38 000	
7. Frais de bureau	30 000	
8. Voyages	20 000	
9. Bureau du Comité	I0 500	

C. Dépenses d'investissement :

1. Laboratoire	I20 000	} I62 000
2. Atelier de mécanique	20 000	
3. Atelier d'électronique ..	7 000	
4. Bibliothèque	I5 000	

D. Frais divers et imprévus

Total	<u>I 776 000</u>
-------------	------------------

14. Élection du bureau du Comité

Après la réélection par la Conférence Générale des neuf membres sortants du Comité International, celui-ci a tenu sa dernière séance, présidée au début par Mr de Boer, membre le plus ancien, pour procéder à l'élection de son bureau.

Les votes au scrutin secret ont donné les résultats suivants :

Mr Howlett est réélu président à l'unanimité et 1 bulletin blanc.

Mr Otero est réélu vice-président à l'unanimité moins une voix en faveur de Mr Dunworth.

Mr de Boer est confirmé dans ses fonctions de secrétaire à l'unanimité et 1 bulletin blanc.

15. Questions diverses

Langue espagnole. — Au sujet du vœu porté à la connaissance de la 12^e Conférence Générale (1964) et relatif à l'emploi de la langue espagnole, en plus de l'anglais et du russe, comme langue de travail à la Conférence Générale, le Président rappelle la position prise par le bureau du Comité sur cette question (*Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 34, 1966, p. 13), position approuvée par le Comité International et dont les États ont été informés par la Convocation de la 13^e Conférence Générale (*Comptes rendus*, p. 13). Le Comité International estimait devoir laisser à la Conférence le soin de décider elle-même sur cette question.

Cette demande a donc été formulée de nouveau à la 13^e Conférence Générale par la délégation de l'Espagne qui a présenté une proposition comportant une demande de crédits supplémentaires destinés à couvrir les frais entraînés par une interprétation simultanée en espagnol. Cette proposition n'a pas été adoptée par la Conférence (*Comptes rendus*, p. 86).

* * *

Le Président remercie ses collègues et le directeur du Bureau pour le travail accompli durant cette 56^e session du Comité International dont les prochaines réunions sont ainsi fixées :

— le 4 juin 1968 pour la préparation des séances supplémentaires de la 13^e Conférence Générale qui a ajourné sa session jusqu'au 5 juin 1968 ⁽²⁰⁾;

— du 8 au 11 octobre 1968 pour sa réunion annuelle normale ⁽²⁰⁾.

⁽²⁰⁾ Note ajoutée aux épreuves. Pour la raison indiquée à la note de bas de page ⁽¹⁸⁾, la session du Comité International de juin 1968 n'a pu avoir lieu et celle d'octobre 1968 a été fixée à partir du 14 octobre.

**Recommandations adoptées par le Comité International
à sa 56^e session (Octobre 1967)**

Système International d'Unités : modalités d'application de la Résolution 12 de la 11^e Conférence Générale (1960)

RECOMMANDATION 1

(Pour la raison indiquée page 19, note (13), cette Recommandation a été annulée.)

RECOMMANDATION 2

Le Comité International des Poids et Mesures,

CONSIDÉRANT que la règle de formation des noms des multiples et sous-multiples décimaux des unités du paragraphe 3^o de la Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures (1960) peut prêter à des interprétations divergentes dans son application à l'unité de masse,

DÉCLARE que les dispositions de la Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale s'appliquent dans le cas du kilogramme de la façon suivante : les noms des multiples et sous-multiples décimaux de l'unité de masse sont formés par l'adjonction des préfixes au mot « gramme ».

RAPPORT DU DIRECTEUR

SUR L'ACTIVITÉ ET LA GESTION DU BUREAU INTERNATIONAL

(1^{er} septembre 1966 — 1^{er} septembre 1967)

I. — PERSONNEL

Remarques générales

Le renforcement du personnel scientifique, commencé après la 12^e Conférence Générale, a atteint à peu près le niveau prévu au programme pour l'année en cours. Le personnel permanent de laboratoire comprend 12 physiciens ou métrologistes, aidés de 16 techniciens ou calculateurs, et de 6 mécaniciens d'atelier. Le personnel d'administration, de garde et d'entretien comprend 13 personnes comme l'année précédente. Quelques recrutements supplémentaires sont encore permis par le programme des prochaines années; ils permettront d'accorder plus de temps au personnel scientifique pour les voyages et visites de laboratoires.

Départ

G. LORIC, calculateur, a quitté le Bureau le 31 août 1967.

Engagements

Comme l'annonçait le Rapport de 1966, Jörg W. MÜLLER, né le 24 avril 1931, docteur ès sciences de nationalité suisse, est entré en fonction le 1^{er} octobre 1966, et Pierre GIACOMO, né le 10 février 1923, précédemment professeur à l'Université de Caen, le 1^{er} novembre 1966.

M^{me} Michèle THOMAS est entrée le 9 janvier 1967 en qualité de technicienne.

M^{me} Jean-Marie CHARTIER a été engagée comme calculatrice (hors cadre) le 10 mai 1967.

Divers

D. BOURNAUD, calculateur, est en congé depuis le 10 mars 1967 pour accomplir son service militaire.

M^{me} D. BOURDAIS, calculatrice hors cadre, a été mise en congé le 10 avril 1967, sur sa demande, pour raison familiale.

II. — BÂTIMENTS

Laboratoire pour la section des radiations ionisantes

Presque tous les comptes des entrepreneurs ayant participé à la construction sont liquidés et soldés, y compris maintenant celui de l'entreprise

d'électricité. La seule exception est l'entreprise de plomberie dont le sous-traitant, chargé de l'épuration de l'eau qui alimente le laboratoire, a fourni des appareils ne répondant pas aux conditions demandées. L'eau distribuée est chargée de fines matières en suspension qu'il aurait fallu filtrer. On recherche une solution qui permettrait d'alimenter en eau propre, non seulement le laboratoire des radiations ionisantes, mais l'ensemble des utilisateurs du Pavillon de Breteuil.

Dans l'espace demeuré vacant au niveau inférieur du bâtiment principal, on a aménagé une pièce de rangement, et une petite salle de mesure où peuvent être étudiés les rayonnements provenant de sources placées à grande distance à l'autre extrémité de l'espace disponible.

Observatoire

Les travaux de maçonnerie pour la création d'un couloir de ronde en sous-sol derrière les salles 1 à 6, travaux mentionnés dans le précédent Rapport, ont été terminés à la fin du mois d'octobre 1966; puis on a refait dans ce couloir les distributions d'électricité et d'eau pour les salles, et les évacuations d'eau usée.

Au début de 1967, un réaménagement complet de la salle 6 (interférométrie et optique) a été entrepris. A cette occasion, l'espace existant au-dessous de cette salle a été dégagé des gravats qui l'obstruaient. Le sol a été recouvert d'une dalle en béton armé, non solidaire des murs; ceux-ci ont été enduits au ciment.

On dispose ainsi d'un dégagement ayant même superficie que la salle soit 35 m², et d'une hauteur de 2,75 m. Les anciens piliers, dont les fondations étaient insuffisantes, ont été démolis. Avec les pierres ainsi récupérées, on a reconstruit trois piliers d'une section moyenne de 3 m², ancrés sur la dalle de béton armé et élevés jusqu'au niveau de la salle 6. Ces piliers sont destinés à recevoir divers appareillages d'études interférométriques que la salle 14, trop encombrée, ne peut plus accueillir. Un puits d'une section de 1 m² a été creusé au centre du sous-sol jusqu'à une profondeur de 2,5 m en prévision d'expériences de gravimétrie.

Le plancher entre la salle 6 et son sous-sol a été reconstitué en poutres de fer recouvertes d'un parquet en panneaux mobiles. Les distributions d'électricité et d'eau ont été refaites; la salle a été repeinte.

Dans la salle 13 (chimie), une hotte a été installée au-dessus de l'évier et de sa paillasse pour l'évacuation des vapeurs et des gaz. Le conduit vers l'extérieur passe à travers la toiture.

La salle 116 (photométrie) a été équipée d'une gaine de ventilation et d'une installation électrique neuve. Le linoléum usé a été remplacé par des dalles en plastique; la salle a été repeinte.

Ont aussi été repeints l'escalier et le couloir conduisant au cabinet de photographie, et, au premier étage, une pièce à usage de bureau et la salle à manger du logement du gardien.

La couverture en zinc de la partie dite « Nouvel Observatoire », datant de la construction du bâtiment (1929), a été entièrement refaite en zinc neuf. Le chéneau encaissé entre combles, dont une parfaite étanchéité est indispensable aux salles 15 et 16 (électricité) situées au-dessous, a été reconstruit en plomb et recouvert d'un caillebotis en fer galvanisé facilitant le passage. Le châssis vitré extérieur du lanterneau de la salle 15 a été

remplacé et, au voisinage, la toiture en ardoises a été réparée. On a repeint les encadrements des douze fenêtres au premier étage, ainsi que les portes des deux entrées principales de l'Observatoire.

Grand Pavillon

Le Rapport pour la session de 1954 mentionnait un essai d'assèchement des murs par électro-osmose. Ce système a été à peu près sans effet. On a adopté en 1967, pour combattre l'humidité par capillarité, la méthode classique consistant à poser dans les murs, à leur partie basse, des tubes d'aération Knapen. Les quatre murs du Grand Pavillon en ont été équipés. On devrait obtenir progressivement un assèchement qui permettra d'exécuter un ravalement dans de meilleures conditions que par le passé.

Au sous-sol, la suppression du local contenant l'ancien central téléphonique a rendu possible l'agrandissement du réfectoire, un carrelage en grès cérame y a été posé. Le personnel prenant sur place ses repas de midi dispose ainsi d'une pièce plus commode.

Petit Pavillon

Des tubes Knapen ont été placés à l'angle Nord-Est dans deux portions de murs particulièrement atteintes par l'humidité. Dans l'appartement de fonction, la salle de séjour a été retapissée et le couloir a été repeint.

Services généraux et dépendances

Le risque d'incendie est accentué par l'emploi de plus en plus étendu d'appareils électriques et électroniques fonctionnant de jour et de nuit. A sa session d'octobre 1966, le Comité International a inscrit au chapitre « Bâtiments » du budget pour 1967 un crédit spécial pour l'installation d'un système de détection automatique d'incendie.

Un système détecteur de fumée, celle-ci provoquant une variation du courant d'ionisation traversant en permanence la cellule de détection, est maintenant installé dans les salles les plus exposées des bâtiments des radiations ionisantes et de l'Observatoire, y compris ses combles servant d'annexe de bibliothèque. Il comprend quarante-huit cellules détectrices, deux tableaux de signalisation et deux dispositifs d'alarme dans les logements des gardiens.

La clôture du parc, côté Seine, était encore constituée le long de l'Allée Pierrée par des lattes de bois sur une longueur de 121 m. Cette partie très ancienne a été remplacée par un grillage en fer galvanisé d'une hauteur de 1,75 m. On a peint ce grillage et on a repeint celui existant le long du Bas Parc et de l'Allée Verte (366 m).

III. — INSTRUMENTS ET TRAVAUX

Remarques générales

Le renforcement du personnel scientifique et l'accroissement des possibilités budgétaires ont permis d'acheter une première tranche d'instruments modernes, qui faisaient presque complètement défaut, et qui procurent plus de sûreté, plus de précision, et plus d'efficacité dans le travail; l'atelier

d'électronique créé depuis un an emploie deux électroniciens qui ont été occupés à plein temps pour satisfaire les besoins de laboratoire.

Les travaux ont progressé dans toutes les sections, principalement dans les activités suivantes.

Le montage élaboré par A. Sakuma, sur le principe que j'avais proposé pour mesurer l'accélération due à la pesanteur, a donné en juin 1967 les premiers résultats après sept ans de recherches, et ces résultats semblent reproductibles à 10^{-3} près; on ne pouvait espérer mieux. La valeur de cette accélération, ainsi mesurée, semble s'accorder avec celle de A.H. Cook (*Metrologia*, 1, 1965, p. 184), mais elle est inférieure de 2×10^{-6} m/s² (2×10^{-6} en valeur relative) à celle qu'a obtenue Å. Thulin au Bureau en 1959.

Le comparateur interférentiel à microscopes photoélectriques a été en service permanent pour les études d'étalons de longueur à traits demandées par divers États, ou pour la mesure d'étalons servant au Bureau, avec quelques interruptions dues au désir d'apporter au comparateur des améliorations. Ce comparateur donne bien les résultats désirés, probablement les plus précis qui soient raisonnablement possibles, mais au prix de mesures dont la durée est fort longue. C'est pourquoi le Bureau International s'est engagé dans le comptage des franges d'interférences qui, avec un laser émettant une radiation de fréquence suffisamment constante, devrait épargner du temps sans perdre de précision, ou très peu.

Un contrôle plus raffiné de la température a amélioré la précision des pesées, et surtout des pesées hydrostatiques.

En électricité, une comparaison des étalons nationaux de l'ohm et du volt a été effectuée, et les installations nouvelles destinées à la comparaison des étalons de capacité sont maintenant en ordre de marche.

Les instruments nécessaires à la mesure absolue de l'énergie des désintégrations α susceptibles de servir d'étalons sont acquis; leur mise au point est en cours.

Conformément à la décision prise par le Comité International à sa session de 1966, l'acquisition d'un petit ordinateur a été étudiée. L'étude des modèles proposés par les divers fabricants a conduit au choix d'un ensemble I.B.M. 1130. Un contrat de *location* a été établi et signé. L'ordinateur doit être installé au début de 1968. Il comprendra : une unité centrale de 4 096 mots de mémoire, une mémoire à disques interchangeables (500 000 mots par disque), une machine à écrire, un lecteur-perforateur de cartes. Cet ensemble pourra être étendu selon les besoins; la capacité de la mémoire centrale, en particulier, pourra être portée à 8 192 mots.

D'ores et déjà, le personnel intéressé a pu suivre, pendant la deuxième quinzaine du mois de mai, un cours élémentaire de programmation Fortran, organisé au Bureau International par la société I.B.M. Ce cours a été suivi assidûment par une vingtaine de personnes; il a été complété par plusieurs réunions d'entraînement à la programmation organisées par le personnel du Bureau.

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).

Longueurs

Comparateur normal (G. Leclerc, F. Lesueur)

Cet instrument, installé au Bureau International en 1954, était équipé à l'origine de deux cuves en laiton. Cependant, dès 1962, nous avons dû substituer à la cuve intérieure que l'eau avait corrodée, une cuve en acier inoxydable. Cette année, nous avons remplacé la cuve extérieure, corrodée à son tour. Le comparateur ne comporte donc plus maintenant de pièces en laiton.

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

De nouvelles améliorations ont été apportées au comparateur photoélectrique et interférentiel. De nombreuses mesures de règles à traits et d'étalons à bouts ont été effectuées.

En octobre 1966, la Société Genevoise d'Instruments de Physique a reconnu que le déplacement latéral appréciable des spots des microscopes photoélectriques, lors de leur retournement, était bien dû à un défaut de parallélisme de leur axe optique et de leur axe mécanique. Après avoir mis au point sur les microscopes du comparateur du Bureau Fédéral des Poids et Mesures (Berne) un dispositif permettant d'effectuer ce réglage de parallélisme, par déplacement de la lentille précédant la cellule, cette Société a proposé de nous faire profiter de la même amélioration. Les deux microscopes ont dû, pour cela, être transportés à Genève (mars 1967).

Les réglages définitifs ont été effectués sur place, après le retour des microscopes à Sèvres en avril. Le parallélisme des axes optique et mécanique est maintenant réalisé à moins de 0,000 1 rad (20") près. Il doit résulter de cette modification une meilleure reproductibilité des mesures lors du retournement des microscopes.

Afin d'améliorer aussi la reproductibilité des mesures lors du retournement des règles, nous étudions actuellement un procédé de réglage de l'orthogonalité de l'axe des microscopes et du plan de traçage de la règle.

Nous avons mis en service régulier une commande électrique de la rotation de la compensatrice de l'interféromètre du comparateur. Cette rotation est utilisée dans la méthode dite « des quatre pointés », systématiquement employée pour la détermination des excédents fractionnaires. Ainsi, la durée des mesures est diminuée et on évite les déformations du comparateur qui pouvaient être dues à la commande manuelle.

La stabilité de la température a été améliorée en stabilisant sommairement à $20 \pm 0,5$ °C la température du sous-sol. Toutefois, le dispositif général de stabilisation de la température de la salle s'est révélé, cette année, insuffisant notamment lorsqu'on désire réaliser un cycle de température de plusieurs degrés d'amplitude pour la détermination d'un coefficient de dilatation. La réfection de ce dispositif est prévue.

Enfin, nous étudions un montage permettant de ramener automatiquement à l'horizontale la plate-forme de béton sur laquelle est monté le comparateur, quels que soient les mouvements des charges qu'elle supporte.

Les principales mesures effectuées au moyen du comparateur photoélectrique et interférentiel sont les suivantes :

— Prototypes I 1 et T 4 (Bureau International), 3 C (Danemark) et 35 (République Arabe Unie). (Voir Mètres prototypes).

— Règle en invar N° 621 (Istituto Geografico Militare, Firenze); règle en acier nickelé N° 4399 (Société Genevoise d'Instruments de Physique, Genève). (Voir Étalons à traits).

— Étalon en silice fondue N° 2 pour la mesure de g (voir p. 36).

Mètres prototypes (P. Carré, R. Czerwonka)

Les résultats des mesures effectuées sur les prototypes en platine iridié I 1, T 4 (Bureau International) et 3 C (Danemark), mesures achevées en novembre 1966, ont été mentionnés dans le Rapport 1966, p. 31.

Le prototype en platine iridié N° 35 (République Arabe Unie) a été comparé, au voisinage de 20 °C, aux prototypes I 1 et T 4 au moyen du comparateur photoélectrique. L'intervalle entre le mètre défini à 0 °C et le mètre défini à 20 °C a été mesuré par comparaison à la radiation étalon primaire. Les résultats compensés sont les suivants :

	Comparateur photoélectrique (Janvier 1967)
N° 35 (20)	1 m + 525 nm à 20 °C
N° 35 (0)	1 m + 14 nm à 0 °C
Intervalle « de 173 μ m »	172 629 nm à 20 °C

Afin de déterminer la longueur de l'étalon N° 2 en silice fondue utilisé pour la mesure de g (p. 36), nous avons déterminé, par comparaison à la radiation étalon primaire, la valeur de l'intervalle 0-794 mm du prototype T 4 :

a. par mesure des deux intervalles 0-397 mm et 397-794 mm;

b. directement, sans affinement artificiel des radiations monochromatiques utilisés.

Nous avons obtenu à 20 °C :

$$\text{Intervalle [0-794 mm] de T 4 } \left\{ \begin{array}{l} a. 794 \text{ mm} + 244 \text{ nm} \\ b. 794 \text{ mm} + 204 \text{ nm} \end{array} \right.$$

Étalons à traits divers (G. Leclerc, F. Lesueur, P. Carré, R. Czerwonka, G. Girard)

Règle N° 621 en invar de 1 m (Istituto Geografico Militare, Firenze), dont nous avons déterminé le coefficient de dilatation entre 0 et 38 °C au moyen du comparateur à dilatation à microscopes visuels. Au moyen du comparateur photoélectrique et interférentiel nous avons effectué les déterminations suivantes, pour les deux positions de la règle par rapport au comparateur :

— étude interférentielle des deux millimètres supplémentaires divisés en dixièmes;

— étude interférentielle des divisions décimétriques;

— étalonnage croisé des divisions centimétriques du premier et du dixième décimètres;

— étalonnage croisé des divisions millimétriques du premier et du centième centimètres;

— comparaison des divisions centimétriques des décimètres 2 à 9 à celles du 1^{er} et du 10^e décimètres.

Règle N° 4399 en acier nickelé de 40 inches (Société Genevoise d'Instruments de Physique). Cinq intervalles de 1 inch ont été déterminés par

les interférences avant la modification apportée aux microscopes du comparateur photoélectrique. Après cette modification on a fait une étude complète des 40 intervalles. L'écart-type moyen d'une mesure de l'un des cinq intervalles mesurés deux fois est passé de 24 nm (étude préliminaire) à 21 nm (étude complète) bien que, lors de l'étude complète, on ait étudié la règle successivement dans ses deux positions par rapport au comparateur, ce qui, habituellement, accroît la dispersion des résultats. Les deux séries de valeurs trouvées pour ces cinq intervalles concordent à quelques nanomètres près. On a également déterminé le coefficient de dilatation de cette règle entre 18,9 et 21,2 °C, uniquement par des mesures absolues. Dans ces conditions, on peut espérer effectuer cette détermination avec une incertitude de l'ordre de 1×10^{-8} deg⁻¹, en se limitant au terme du premier ordre.

Règle de 3 m en invar (Institut Géographique National, Paris) étalonnée par comparaison à notre règle N 1 en invar dont l'équation venait d'être redéterminée. Ces mesures ont été effectuées sur un intervalle de 1 m de notre Base géodésique.

Support d'étalon Perot-Fabry en invar dont nous avons déterminé le coefficient de dilatation entre 0 et 38 °C, après recuit à 100 °C, au moyen du comparateur à dilatation à microscopes visuels.

Micromètre objectif Zeiss gravé sur verre (Tchécoslovaquie) dont nous avons étalonné les traits décimillimétriques.

Étalons à bouts

Mesure à la machine à mesurer (G. Girard)

Dix broches en invar de longueurs diverses comprises entre 30 et 200 cm, ainsi que des pièces adaptables sur ces broches, ont été mesurées pour la Société Française de Stéréotopographie, Paris.

Mesure interférentielle de calibres (J. Hamon)

Deux calibres en acier de 200 et 300 mm ont été mesurés pour C.E. Johansson (Suède).

Un calibre Hommel en acier de 1 m (Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig) a été mesuré par une méthode absolue. Le résultat : $1 \text{ m} + 0,10 \text{ } \mu\text{m} \pm 0,02 \text{ } \mu\text{m}$ est en excellent accord avec la valeur obtenue à la P.T.B. ($1 \text{ m} + 0,11 \text{ } \mu\text{m}$).

Étalons pour la mesure de g (J. Hamon, P. Carré, R. Czerwonka, A. Sakuma)

L'étalon N° 2 (fig. 1) a d'abord été mesuré dans l'air à la pression atmosphérique, par comparaison à l'intervalle 0-794 mm du prototype T 4 au

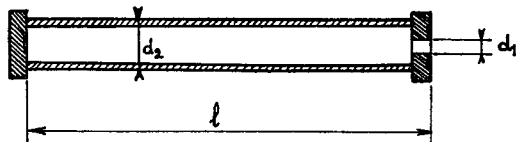


Fig. 1. — Étalon de longueur tubulaire en silice fondue (Étalon N° 2) pour la mesure absolue de g .

$$l = 794 \text{ mm}; \quad d_2 = 46 \text{ mm}; \quad d_1 = 6 \text{ mm}.$$

moyen du comparateur photoélectrique et interférentiel. Sa valeur à 20 °C a été trouvée égale à 794,316 3 mm.

La mesure interférentielle directe dans l'air au moyen du même comparateur a donné la valeur 794,316 23 mm.

L'étalon a ensuite été mesuré, sous vide, dans l'interféromètre de Michelson avec la radiation étalon primaire. Pour calculer la partie entière de l'ordre d'interférence, nous avons admis pour la silice fondue un coefficient de compressibilité linéique de $8,94 \times 10^{-12} \text{ N}^{-1} \text{ m}^2$. Le résultat obtenu est 794,316 937 mm à 20 °C.

Afin de confirmer cette valeur et de lever toute ambiguïté sur la partie entière de l'ordre d'interférence, nous avons alors utilisé la méthode de monochromatisation interférentielle (*voir* p. 38).

On a finalement obtenu :

Étalon N° 2 en silice fondue = 794,316 939 mm à 20 °C, sous vide.

L'étalon N° 1 avait déjà été mesuré en 1965; la valeur adoptée était 792,589 50 mm (Rapport 1965, p. 32; dans la figure 4 de ce Rapport, la longueur l doit être prise entre les faces aluminées de droite des miroirs terminaux et non comme indiqué sur la figure).

Profitant de l'installation de monochromatisation interférentielle, nous avons effectué une nouvelle détermination de cet étalon qui a donné la valeur 792,589 493 mm. Enfin, une mesure faite uniquement avec la radiation étalon, sans monochromatisation, a donné la valeur 792,589 491 mm.

Tous ces résultats sont très cohérents et montrent que notre équipement de monochromatisation interférentielle, bien qu'encore expérimental, fonctionne comme prévu.

Ces deux étalons (N° 1 et N° 2) ont été introduits à leur emplacement définitif dans l'appareil pour la mesure de g où ils doivent, l'un ou l'autre, être mesurés immédiatement avant et après les lancements du trièdre. Cette mesure se fait uniquement avec la radiation étalon, la partie entière de l'ordre d'interférence étant connue à l'avance. La difficulté de cette mesure dans cet appareil réside surtout dans le très faible flux lumineux disponible du fait de la faible étendue géométrique des faisceaux et de leurs nombreuses réflexions. Néanmoins, grâce à l'utilisation d'un galvanomètre électronique, on a pu rendre cette mesure relativement aisée. De nombreuses expériences préliminaires ont montré que la précision relative de 1×10^{-8} désirée était atteinte.

Base, règle et fils géodésiques (G. Girard, F. Lesueur)

Règle de 4 m I 5

Après divers travaux d'aménagement effectués dans ou au voisinage de la Base géodésique, l'installation de mesure interférentielle a été remise en état; une mesure de la règle en invar I 5 a été effectuée; on a obtenu

$$I 5 = 4 \text{ m} + 47,4 \text{ } \mu\text{m} \text{ à } 0 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (septembre 1967);}$$

une mesure interférentielle effectuée en 1965 avait donné: $4 \text{ m} + 45,7 \text{ } \mu\text{m}$.

Fils et rubans géodésiques

Pendant la période couverte par ce Rapport, 16 fils et rubans de longueurs diverses ont été étalonnés.

Un ruban spécial en invar, de 22 m, destiné à la section des radiations ionisantes du Bureau, a été poli, tracé et étalonné par nos soins.

Dépression de l'invar

Les mesures mentionnées dans le Rapport 1966, p. 36, sont poursuivies. Leurs résultats seront publiés dans un prochain Rapport.

Divers

Les Aciéries d'Imphy nous ont fait parvenir 55 kg de fil géodésique en invar et 17 kg de ruban (24^e livraison) pour reconstituer notre stock. Cet alliage sera prochainement étuvé à la température voulue pour que son coefficient de dilatation soit le plus faible possible.

Interférométrie

Étude de radiations monochromatiques (J. Hamon)

L'étude de cinq radiations du spectre du mercure 198 émis par une lampe G.E.C. à électrodes a été faite pour le Laboratoire Aimé Cotton (C.N.R.S., Bellevue). Cette lampe, qui a une dizaine d'années d'âge, contient de l'argon sous une pression nominale de 1 333 N/m²; elle était alimentée par un courant alternatif de 13 mA et refroidie par une circulation d'eau à 20 °C. On a obtenu pour les longueurs d'onde mesurées dans le vide par comparaison à la radiation étalon du krypton 86 et en utilisant l'interféromètre de Michelson réglé à la différence de marche de 0,1 m, les valeurs suivantes avec un écart moyen de ± 2 unités du dernier chiffre inscrit. La deuxième colonne du tableau donne la visibilité $|V|$ des franges pour ces radiations, à la différence de marche de 0,1 m.

λ_{vide}	$ V $
0,579 226 953 μm	0,537 \pm 0,002
0,577 119 953	0,538
0,546 227 135	0,573
0,435 956 291	0,618
0,404 771 507	0,587

Monochromatisation interférentielle (P. Giacomo, J. Hamon)

Des essais ont été poursuivis pour « affiner » les raies d'une source à krypton au moyen d'un étalon de Perot-Fabry utilisé comme filtre interférentiel.

Un ancien étalon Perot-Fabry de 0,1 m en invar a été équipé de cales piézoélectriques permettant un réglage de l'épaisseur (sur environ 0,5 μm). Les miroirs ont été recouverts de couches diélectriques pour avoir un bon facteur de réflexion (de l'ordre de 0,9) et une bonne transmission maximale pour la radiation 0,450 μm du krypton. Pour les radiations 0,646 et 0,606 μm , le facteur de réflexion est encore suffisant pour donner un affinement appréciable.

L'ensemble a été enfermé dans un caisson étanche, calorifugé et maintenu sous vide.

Les cales piézoélectriques permettent de centrer la bande passante du filtre sur la raie utilisée; il suffit pour cela d'appliquer aux cales une tension électrique V_0 . On vérifie le centrage en « dérégant » symétriquement le filtre, par application des tensions $V_0 + V_1$ et $V_0 - V_1$.

La méthode a été mise à l'épreuve pour la mesure interférométrique des deux étalons de longueur de 80 cm N^{os} 1 et 2 destinés à la mesure de g . Le filtre est interposé entre la source à krypton et l'interféromètre. Un polariseur circulaire empêche les réflexions multiples entre ce dernier et le filtre. Le réglage du filtre est effectué sur place, pour chaque mesure, en utilisant le diaphragme et le photomultiplicateur de sortie de l'interféromètre dont le « miroir mobile » est caché.

Avec la radiation 0,450 μm , la visibilité des franges atteint 0,5 pour 80 cm de différence de marche; pour les autres radiations, la visibilité est encore importante (de 0,1 à 0,2); on a ainsi pu mesurer les étalons N^{os} 1 et 2 de 80 cm par les méthodes habituelles (quatre pointés et coïncidences). Les résultats obtenus concordent à quelques nanomètres près avec les mesures antérieures.

Ce premier succès nous a incité à développer cette étude: étude des cales piézoélectriques, support d'étalon Perot-Fabry plus stable et mieux adapté, etc.

Étude de cales piézoélectriques (P. Giacomo, J. Hamon)

La linéarité de l'allongement des cales piézoélectriques, en fonction de la différence de potentiel appliquée, intervient dans la précision du centrage du filtre (voir ci-dessus). Ceci nous a conduit à faire une étude sommaire des cales (2 pastilles superposées (2,5 mm d'épaisseur) de titanate-zirconate de plomb, qualité P 1-60, Quartz et Silice, Paris) dont nous disposons.

Les essais ont été effectués avec des tensions comprises entre ± 400 V; la sensibilité moyenne, dans cet intervalle, est de 0,6 nm/V. Les allongements ont été mesurés par les interférences (méthode des quatre pointés).

La caractéristique allongement-tension présente une hystérésis notable. La figure 2 donne un exemple de cette hystérésis.

Après une dizaine d'allers et retours, les cycles sont stables et symétriques; en particulier, pour $V_0 = \frac{1}{2}(V_{\text{max}} + V_{\text{min}})$ atteint par valeurs croissantes ou décroissantes, on obtient des allongements l' et l'' tels que $\frac{1}{2}(l' + l'') = \frac{1}{2}(l_{\text{max}} + l_{\text{min}})$, à mieux que 0,001 frange près, pour une amplitude $l_{\text{max}} - l_{\text{min}} = 0,4$ frange, bien que l'amplitude de l'hystérésis $l' - l''$ soit de l'ordre de 0,01 frange. Il convient de tenir compte de ce phénomène dans les applications en prenant toujours une moyenne entre les mesures « à V croissant » et « à V décroissant ».

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

Cette méthode de mesure interférentielle présente suffisamment d'intérêt pour justifier une étude poussée. Jusqu'ici l'étude a porté sur les points suivants:

Logique de comptage et décomptage. — Une logique originale a été élaborée, qui devrait accroître la sécurité du comptage en présence de bruit photoélectrique, de vibrations mécaniques et des fluctuations de la source. Un prototype a été construit; il sera mis à l'épreuve lorsque les autres éléments seront assemblés.

Interféromètre. — Un petit interféromètre de Michelson (diamètre utile des faisceaux environ 1 cm) a été modifié: adjonction d'un trièdre mobile

utilisé en double passage, revêtement du « miroir fixe » en quatre plages distinctes d'épaisseurs échelonnées pour obtenir sur les quatre portions correspondantes du faisceau des différences de marche échelonnées (l_0 , $l_0 + \lambda/4$, $l_0 + \lambda/2$, $l_0 + 3\lambda/4$).

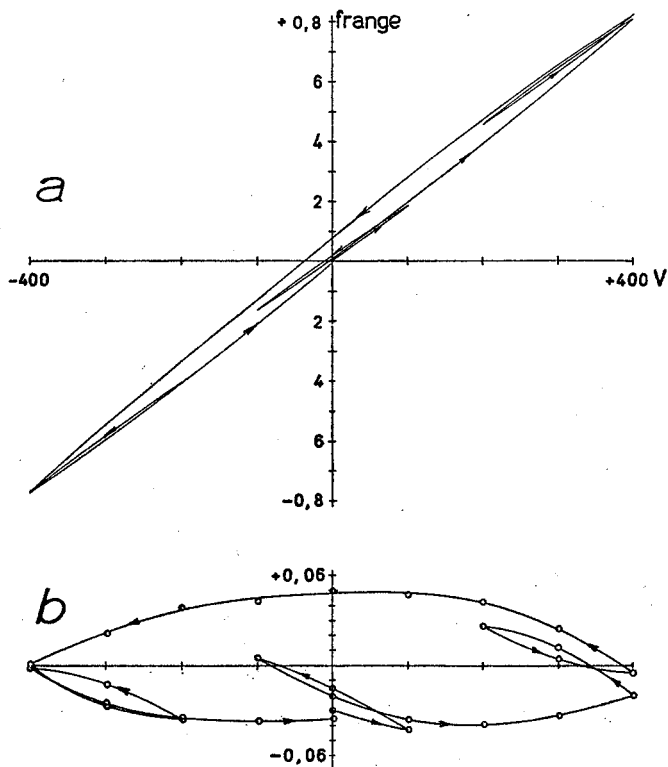


Fig. 2. — Caractéristique allongement-tension $\Delta l = f(V)$ de cales piézoélectriques. En ordonnées : allongement mesuré en franges de la radiation 606 nm du krypton 86 (1 frange = 303 nm).

a. Cycle d'hystérésis, avec trois boucles partielles.

b. Pour ce même cycle, écarts par rapport à la caractéristique linéaire moyenne ($\Delta l/\Delta V = 0,002$ frange par volt); la figure met en évidence une légère dérive de l'interféromètre, inévitable pour des mesures de longue durée.

Récepteurs solides. — En présence de vibrations mécaniques, il est nécessaire de pouvoir compter (et décompter) les franges à fréquence élevée. On a utilisé des photodiodes au silicium (type MS 1 B, Ferranti, Grande-Bretagne) qui devraient permettre d'atteindre des fréquences de comptage de l'ordre de 1 MHz. Les premiers essais ont confirmé que ces photodiodes fournissent un signal suffisant pour le comptage à la sortie du petit interféromètre ci-dessus, éclairé par un laser He-Ne (radiation 633 nm).

Les différents éléments étant maintenant réunis, les essais systématiques relatifs à la sécurité du comptage seront entrepris prochainement.

Masses (G. Girard)

Balance Rueprecht N° 1

J'avais mentionné (Rapport 1966, p. 43) que la cage de cette balance avait été entourée d'isolant thermique pour assurer une meilleure homogénéité de la température à l'intérieur. Pour vérifier l'efficacité de cette protection, trois thermocouples différentiels cuivre-constantan ont été disposés dans la cage de la balance. Une soudure de chacun des thermocouples a été mise en un point commun *C*; les trois autres soudures (3, 4, 5) ont été placées de telle manière que l'on puisse connaître les écarts de température entre l'avant et l'arrière des plateaux, ainsi qu'entre le plateau de gauche et celui de droite, à la hauteur approximative du centre de gravité des Kilogrammes. Les différences de température détectées entre *C* et les soudures 3 ou 4 ou 5 sont de l'ordre de 2 à 3×10^{-3} deg. Au cours d'une demi-pesée qui dure environ deux heures, ces différences se conservent, bien que la présence de l'observateur dans la salle fasse monter la température de celle-ci de 3 à 4×10^{-2} deg et la température à l'intérieur de la cage de 1×10^{-2} deg environ.

Il semble, bien qu'il soit difficile de le chiffrer, que le fonctionnement de la balance et la reproductibilité des positions d'équilibre lors d'une pesée soient devenus meilleurs.

La température de l'air à l'intérieur de la cage de la balance est déterminée au moyen d'un thermocouple différentiel par comparaison à la température d'un bloc de cuivre de référence, elle-même mesurée au moyen d'un thermomètre à mercure.

Pour ces mesures de température, nous avons fait l'acquisition d'un galvanomètre de table Sefram.

Pesées hydrostatiques et masse volumique de l'eau

Au cours des déterminations de masse volumique de Kilogrammes faites depuis 1964 avec la nouvelle balance hydrostatique on a constaté une très bonne reproductibilité des résultats, d'autant meilleure que la température de l'eau était plus stable. On a donc cherché à connaître l'homogénéité de la température dans le vase de platine qui nous sert de récipient pour l'eau bidistillée (1). A l'aide de deux thermocouples différentiels on a pu constater que dans un même plan horizontal il n'y avait aucune différence de température mesurable, mais qu'entre la surface de l'eau et le fond du vase il pouvait exister des différences allant jusqu'à plusieurs centièmes de degré. Ces différences étaient difficilement prévisibles car elles dépendaient en particulier de la température du sous-sol et de celle de la salle, ainsi que de leur sens de variation. En recouvrant le récipient par un couvercle, tous ces écarts ont pratiquement disparu. On dispose maintenant d'un couvercle de plexiglas en deux parties de façon à laisser le passage au fil de suspension. D'autre part, les deux thermomètres à mercure ont été remplacés par un thermomètre à résistance de platine, dont le milieu de la bobine est centré sur l'axe horizontal du Kilogramme. Un thermocouple différentiel indique l'écart de température existant à proximité immédiate des deux bases du Kilogramme. Les soudures d'un second thermocouple sont disposées près

(1) Voir Procès-Verbaux C.I.P.M., 32, 1964, p. 104.

de la surface de l'eau et à 3 cm environ du fond du vase. Le matin, après avoir fini de préparer une pesée, on suit l'évolution de la température du bain ainsi que l'indication du second thermocouple. On ne commence la pesée elle-même qu'au moment où la température ne varie plus et lorsque le second thermocouple indique un écart de quelques millièmes de degré seulement.

Cette façon de faire a été mise à l'épreuve à l'occasion de la détermination de la masse volumique du Kilogramme en « Nicral D » N° 69. Quatre pesées indépendantes ont été effectuées et ont donné les résultats suivants :

Masse volumique à 0 °C du Kilogramme N° 69

7 836,854 kg/m³

857

853

860

La reproductibilité est meilleure que 1×10^{-6} .

Depuis quelque temps déjà Mr M. Menaché, Inspecteur Général de Recherche de l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer, à Paris, s'intéresse au problème de la masse volumique de l'eau. En océanographie physique, la masse volumique de l'eau de mer est une des grandeurs fondamentales dont la connaissance est indispensable avec une précision relative de 1×10^{-6} si possible. Un liquide de référence dont la masse volumique serait connue avec une précision au moins égale est donc nécessaire et on a pensé tout naturellement à l'eau pure; malheureusement sa masse volumique n'est pas connue avec cette précision. Mr Menaché a exposé les données du problème dans *Metrologia*, 3, N° 3, 1967, p. 58. La masse volumique de l'eau pure varie en fonction de plusieurs facteurs : la température, la pression, la concentration en gaz atmosphériques dissous et la composition isotopique.

Mr Menaché nous a demandé si la validité de la relation qu'il avait établie entre la masse volumique de l'eau et sa composition isotopique pouvait être confirmée expérimentalement par le Bureau International. Cette question intéressant également nos travaux, j'ai accepté.

Pour étudier un facteur il fallait éliminer l'influence des autres.

Le coefficient de variation de la masse volumique de l'eau en fonction de la température ne semble pas connu avec grande précision, aussi a-t-on préféré travailler à une température constante, toujours la même, et on a choisi 22 °C pour des raisons de facilité de régulation.

Dans ce but, un chauffage électrique à radiateurs soufflants à quatre allures de marche, commandé par un thermomètre à contact situé près de la balance, a été installé en sous-sol. Un ventilateur brasse l'air de la salle. Ainsi, la température de celle-ci est maintenue à la valeur fixée à mieux que 0,1 deg près. La précision recherchée de 1×10^{-6} exige de connaître la température de l'eau à mieux que 0,004 deg près ce qui, je pense, est réalisé.

L'influence des gaz atmosphériques dissous et de la pression est faible et suffisamment connue.

Les mesures consistent à peser un cylindre en acier inoxydable « Nicral D » dans différents échantillons d'eau dont la composition isotopique est déterminée par ailleurs.

Le cylindre est celui qui a circulé entre 1952 et 1964 dans différents grands laboratoires nationaux pour des mesures comparatives de sa masse volumique. Sa masse, voisine de 1 kg, et son coefficient de dilatation thermique ont été déterminés au Bureau. Si l'on admet un certain volume pour ce cylindre, il est possible d'obtenir la masse volumique de l'eau, à une constante près. Les résultats de ces déterminations sont ramenés à 22 °C, sous 1 atmosphère normale et à concentration nulle en gaz dissous.

Avant et après chaque pesée, des prélèvements d'eau sont faits en vue de déterminer la concentration en gaz dissous, en oxygène 18 et en deutérium. Les analyses isotopiques sont faites au Centre d'Études Nucléaires de Saclay.

Nous avons pu faire des mesures avec de l'eau déminéralisée et distillée à basse température, par rayonnement infrarouge, au Bureau International (échantillons B et C) et avec de l'eau de mer bidistillée par Mr Ménaché (échantillons A et D).

Les écarts entre les masses volumiques de ces deux sortes d'eau devraient être uniquement fonction des différences de composition isotopique.

Les résultats, rassemblés dans le tableau I, ont été ramenés à une composition isotopique de référence (Standard Mean Ocean Water). On peut noter que la reproductibilité, pour un même échantillon, est de $0,5 \times 10^{-3}$ kg/m³, et que l'écart maximal entre deux déterminations de la « masse volumique », K , de l'eau de référence n'est plus que $1,4 \times 10^{-3}$ kg/m³ après application de la correction $\Delta\rho$ due aux différences de composition isotopique δ_{18} et δ_D (contre $2,8 \times 10^{-3}$ kg/m³ avant correction).

Nous nous proposons de poursuivre ces expériences sur des échantillons artificiellement enrichis en isotopes lourds par mélange d'eaux ordinaires et d'« eaux lourdes ».

Études courantes

— Étalonnage d'une série de masses de 500 g à 1 g (République Arabe Unie) et détermination de la masse volumique de la pièce de 500 g.

— Détermination de la masse volumique et de la masse de deux Kilogrammes en « Nicral D » : N° 69 (Tchécoslovaquie) et N° 70 (Pakistan).

Hygrométrie

La connaissance exacte de l'état hygrométrique de l'air étant nécessaire lors de la comparaison d'étalons de masse ayant des masses volumiques différentes, nous nous sommes efforcés d'améliorer la précision des mesures hygrométriques.

A cet effet, nous avons fait l'acquisition d'un hygromètre à point de rosée et d'un hygromètre indicateur fabriqués par la Société Shaw (Grande-Bretagne). Le premier de ces deux instruments permet la détermination des températures de point de rosée comprises entre - 20 et + 20 °C. Il servira à étalonner les hygromètres à cheveu utilisés au Bureau International et l'hygromètre indicateur; il a déjà été utilisé dans une étude effectuée à la section des radiations ionisantes. L'hygromètre indicateur, dont le principe est fondé sur la variation d'une capacité électrique en fonction de l'humidité relative, est gradué entre 35 et 75 %. Il sera affecté à la salle des balances et plus spécialement à la balance Rueprecht N° 1.

TABLEAU I

Date	Échantillon d'eau	Résultats ramenés à 22 °C sous 1 atm normale (kg/m ³)	δ_{18} (pour mille)	δ_D (pour mille)	$-\Delta\rho$ (10 ⁻³ kg/m ³)	K, à 22 °C sous 1 atm normale et $\delta_{18} = \delta_D = 0$ (kg/m ³)	Moyennes (kg/m ³)
8 juin 1967	A (1 ^{re} pesée)	997,774 6	-2,4	-12,6	+ 0,8	997,775 4	997,775 2
9 —	A (2 ^e pesée)	4 2	-2,9	-10,6	+ 0,9	5 1	
13 —	B (1 ^{re} pesée)	2 5	-8,1	-42,6	+ 2,6	5 1	5 5
14 —	B (2 ^e pesée)	3 2	-8,0	-42	+ 2,6	5 8	
16 —	C	1 9	-7,6	-42	+ 2,5	4 4	4 4
23 —	D (1 ^{re} pesée)	4 2	-3,2	-14	+ 1,0	5 2	5 4
27 —	D (2 ^e pesée)	4 7	-3,0	-12	+ 0,9	5 6	

Gravimétrie (A. Sakuma, J.-M. Chartier, M. Duhamel*)

Détermination absolue de g

Mesure préliminaire et orientation générale

En octobre 1966, une valeur provisoire de g a été obtenue ⁽²⁾ :

$$g_{\text{Sèvres A}} = 9,809\,260 \text{ m/s}^2.$$

Cette valeur est inférieure de $2,0 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2$ (2,0 mGal) à celle qui a été obtenue en 1959 pour le même point de référence (voir p. 50 la nouvelle valeur provisoire obtenue en août-septembre 1967).

Cette première série d'expériences a fourni des résultats relativement dispersés : $\pm 2 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2$; la manipulation des appareils était d'une complexité très gênante, principalement pour les mesures de nuit, avec un personnel réduit.

La période écoulée depuis a été principalement consacrée à l'amélioration de l'appareil prototype utilisé en 1966 : élimination des microséismes et vibrations mécaniques, amélioration de la stabilité thermique, simplification des manipulations, etc.

Au début de juin 1967, une série de mesures a été effectuée dans des conditions nettement plus favorables. On en a tiré les conclusions suivantes :

1° la valeur ci-dessus est confirmée, l'incertitude estimée actuellement ne dépasse pas $\pm 1 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2$; cette incertitude représente la valeur limite des erreurs systématiques que nous pouvons imaginer;

2° l'appareil prototype actuel a une sensibilité de 10^{-7} m/s^2 : les valeurs de g obtenues par des lancements successifs du trièdre concordent à $\pm 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$ près;

3° pour la première fois, à notre connaissance, la perturbation de g due à l'effet « luni-solaire » (maximum $\pm 1,6 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2$ à Paris) ⁽³⁾ a été détectée par une méthode absolue.

Ainsi, la sensibilité et la reproductibilité des mesures absolues atteignent ou même dépassent celles des mesures relatives (gravimètres à ressort ou à pendule, par exemple). Cela doit ouvrir de nouvelles perspectives d'études géophysiques, géodésiques et astronomiques.

On peut espérer que la première étape de l'étude des erreurs systématiques sera achevée à la fin du mois d'août et pourra être présentée à l'Assemblée Générale de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale, en septembre 1967.

Nous proposons que, même après l'achèvement des mesures de g actuelles, ce travail soit poursuivi comme « routine périodique » à « Sèvres A », afin d'étudier la constance à long terme de g et ses variations séculaires éventuelles.

L'unification du réseau gravimétrique mondial, qui est une affaire importante, pourrait, semble-t-il, être faite avec le maximum de sécurité par un appareil semblable à celui du Bureau International.

⁽²⁾ Bureau Gravimétrique International, Bulletin d'Information N° 14, 1966, pp. 1-8.

⁽³⁾ Nous sommes très reconnaissants au Service Central Hydrographique (France) qui nous a fourni une table numérique de l'effet gravimétrique « luni-solaire » calculé à $\pm 1 \times 10^{-8} \text{ m/s}^2$.

La réalisation d'un appareil absolu transportable constituerait un progrès décisif dans ce sens. Notre expérience peut contribuer à la réussite d'un tel projet; dans cet esprit, le Bureau International a accordé son assistance scientifique et technique à une telle étude, entreprise par la Compagnie Française Thomson-Houston; l'objectif envisagé, pour l'instant, est la réalisation d'un appareil absolu, transportable, de précision 10^{-6} m/s².

Stabilisation thermique et mesures de longueur dans la salle de gravimétrie (Salle 1)

L'installation comporte trois interféromètres de Michelson: le premier pour la mesure de g elle-même, le deuxième pour la mesure de la longueur des deux étalons de référence, le troisième pour la mesure des microséismes résiduels sur la table stabilisée. Ces trois interféromètres sont placés dans une enceinte (1,6 m \times 0,8 m \times 1,2 m) isolée thermiquement et insonorisée, les deux premiers étant eux-mêmes enfermés dans un caisson à vide.

La mesure des étalons de référence en silice fondue (N° 1 et N° 2) est effectuée, avec la radiation étalon primaire, par la méthode des quatre pointés photoélectriques, usuelle au Bureau. Les variations de différence de marche nécessaires pour cette méthode sont ici obtenues par électrostriction d'une cale piézoélectrique (titanate-zirconate de plomb, 8 éléments, sensibilité 2,4 nm/V) portant le « trièdre fixe », à laquelle on applique des différences de potentiel (± 24 V, ± 8 V) étalonnées avec précision. La linéarité et l'hystérésis de ce dispositif de déplacement ont été vérifiées par mesure interférentielle (p. 39); l'équidistance des quatre pointés est assurée avec une précision meilleure que 1 pour cent.

La mesure des étalons a été effectuée de nombreuses fois dans l'enceinte sous vide; les écarts relatifs entre mesures successives, d'environ 1×10^{-8} , étaient principalement dus à la dilatation du caisson étanche sur lequel est fixé un miroir auxiliaire, et au bruit de fond du courant photoélectrique (courant cathodique de l'ordre de 5×10^{-18} A).

Pour chacun des deux étalons, les longueurs mesurées, à des températures comprises entre 18 °C et 21 °C, sont cohérentes à $\pm 1 \times 10^{-8}$ près, à condition d'utiliser les coefficients de dilatation $\alpha_1 = 4,0 \times 10^{-7}$ deg⁻¹ pour l'étalon N° 1 (Homosil, fabrication allemande) et $\alpha_2 = 5,0 \times 10^{-7}$ deg⁻¹ pour l'étalon N° 2 (Pursil, fabrication française); cependant, nous n'utilisons actuellement qu'un dispositif rudimentaire pour évaluer la température des étalons: un thermomètre à mercure (sensibilité 0,01 deg) est placé dans le vide auprès d'un des étalons. Cette bonne cohérence nous laisse à penser que, si les températures étaient mesurées par un meilleur procédé (thermocouples fixés sur les étalons, par exemple) et si les coefficients de dilatation étaient déterminés avec plus de précision, on pourrait se dispenser de répéter les mesures de longueur à chaque expérience; ces mesures sont laborieuses, et les éléments optiques déplacés à cette occasion ne reviennent à l'équilibre stable à un nanomètre près qu'après un quart d'heure, probablement par suite d'effets thermiques liés aux frottements mécaniques.

Afin d'augmenter la précision des mesures de longueur, la température ambiante a été stabilisée à $20 \pm 0,5$ °C; les écarts entre mesures sont devenus inférieurs à ± 3 nm (4×10^{-9} en valeur relative).

Par rapport aux valeurs obtenues dans la salle d'interférométrie, les

écarts, à 20 °C, sont de - 2 nm pour l'étalon N° 1 et de + 50 nm pour l'étalon N° 2; actuellement, ces écarts sont considérés comme dus à de petites différences dans les points d'appui pour l'étalon N° 2, et peut-être, en partie, à la connaissance moins exacte de la température au cours de nos mesures.

La correction d'obliquité des faisceaux a fait l'objet d'une vérification expérimentale; en utilisant des diamètres différents pour le diaphragme de sortie de l'interféromètre, les résultats obtenus concordent, à ± 3 nm près, avec ceux que l'on calcule par la formule habituelle.

Ainsi, nous considérons actuellement que la longueur des deux étalons de référence est connue à mieux que $\pm 5 \times 10^{-9}$ près en valeur relative.

Mesures de temps

Compte tenu de la précision obtenue sur la mesure de g , dix fois plus élevée que prévu, le premier chronographe, construit il y a six ans, devenait très incommode (échauffement excessif, vibrations du ventilateur, nécessité de développer le film photographique). Un ensemble transistorisé, à affichage numérique comptant à 10 MHz, a été construit avec l'aide de notre atelier d'électronique. Cet ensemble comporte quatre chronographes qui mesurent respectivement la durée totale et les trois durées intermédiaires définies par les quatre apparitions successives de la frange achromatique aux passages à la station basse S_b et à la station haute S_h . Les durées t_{bh} de montée, t_h entre les deux passages à la station haute, t_{hb} de descente, et t_b entre les deux passages à la station basse fournissent la vérification simple $t_{bh} + t_h + t_{hb} = t_b$.

Il eût suffi de mesurer t_b et t_h , mais il est intéressant de pouvoir comparer t_{bh} et t_{hb} , qui devraient différer très peu dans le cas idéal. La différence prévisible est due aux durées de propagation différentes pour la lumière allant de S_b ou S_h jusqu'au photomultiplicateur fixe. Nous avons précédemment pensé que cette différence $\Delta t = t_{hb} - t_{bh}$ devrait être égale à $8 l/c = 10,7$ ns ($l =$ distance entre S_b et $S_h = 40$ cm); nous avons effectivement pu mesurer, avec une incertitude de ± 5 ns environ, une différence appréciable, de l'ordre de 12 ns (pour $t_{hb} \approx 0,2$ s).

Nous avons donc considéré que les différentes causes d'erreurs restaient dans les tolérances prévues. Ces causes d'erreurs sont : défaut d'horizontalité des miroirs, défauts de la trajectoire du trièdre, résidu de la correction microsismique, freinage par l'air résiduel (pression 4×10^{-4} N/m²), vibrations longitudinales du trièdre, incertitude sur le pointé de la frange achromatique, etc.

Une analyse récente, faite par les physiciens du Bureau, semblerait indiquer que la correction due à la vitesse finie de la lumière entraîne seulement une différence $\Delta t = 4l/c$, soit 5,3 ns. Nous devons donc chercher la cause de l'écart supplémentaire; le freinage par l'air résiduel, ou par courants de Foucault, peut en être responsable. Bien que l'écart mesuré soit presque à la limite de sensibilité de l'appareil, il est très satisfaisant d'avoir ainsi à discuter, sur des bases expérimentales, des effets de cet ordre de grandeur.

Table stabilisée non élastique et microsismomètre interférentiel

Ces deux dispositifs ont été mis au point et utilisés pour la neutralisation et la correction des vibrations verticales de l'appareil de mesure de g . Le principe est schématisé à la figure 3.

La stabilisation est réalisée par asservissement électronique de crapaudines piézoélectriques (Brevet français en instance au nom du B.I.P.M.).

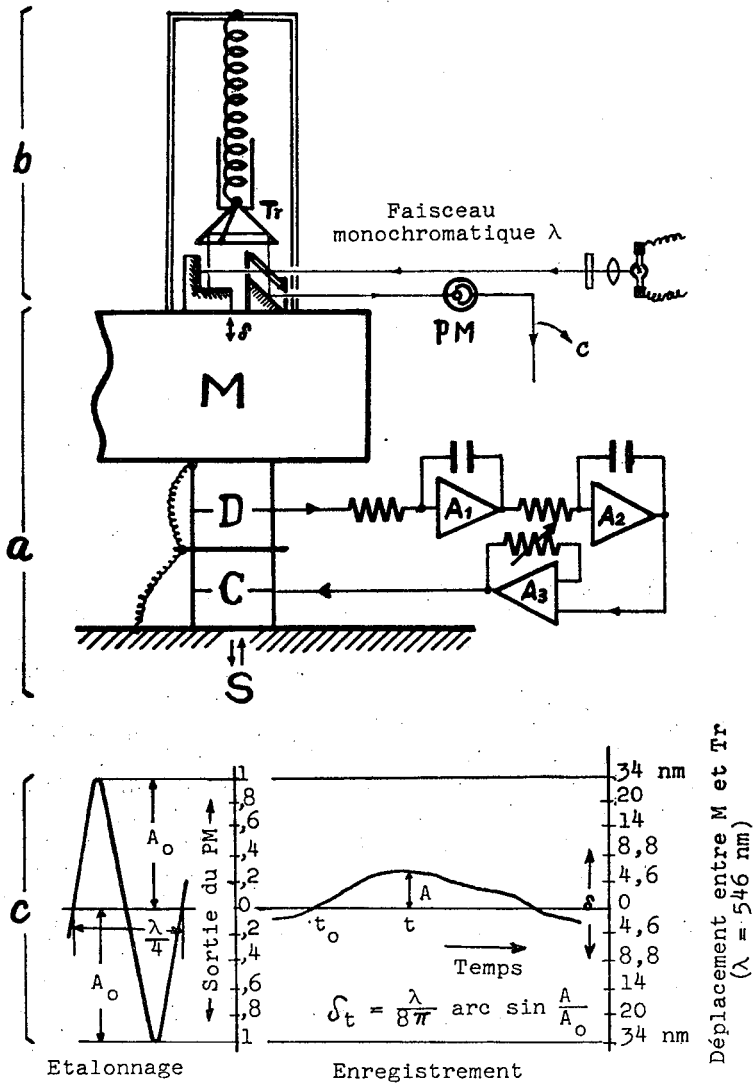


Fig. 3. — a. Asservissement pour la compensation des microsismes.
b. Sismomètre interférentiel. c. Mesure de la vibration δ sur M .

La masse M à immobiliser est posée sur deux cales piézoélectriques superposées, de même nature (titanate-zirconate de plomb, P 1-60); l'une, D , sert de détecteur, l'autre, C , sert de compensateur; ces cales assurent une liaison quasi rigide avec le sol S . A condition d'une part que la fréquence propre du système $MDCS$ soit largement supérieure à la fréquence la

plus élevée des vibrations transmises par S , d'autre part que le rapport des masses $\left(\frac{C}{M}, \frac{D}{M}\right)$ soit largement inférieur à 1, le signal fourni par D est proportionnel à l'accélération de M . Ce signal est intégré deux fois par les préamplificateurs A_1 et A_2 , équipés de circuits intégrateurs. La sortie de A_2 , amplifiée et changée de signe par A_3 , est appliquée à C , produisant des déformations de sens opposé et d'amplitude égale aux déplacements de S . Dans le cas idéal, M reste immobile, D et C ne supportent que la force constante Mg .

Avec notre appareil prototype, des vibrations d'amplitude d'une centaine de nanomètres peuvent être atténuées à quelques nanomètres, pour des fréquences de 1 à 50 Hz environ. L'expérience nous a montré qu'avec un détecteur différent, du type « à induction » par exemple (le signal est alors intégré une seule fois), le taux d'asservissement est nettement inférieur et M a tendance à entrer en oscillation à une fréquence de l'ordre de 100 Hz. Il est difficile de préciser pourquoi les résultats sont meilleurs avec le système actuel; on peut penser que la bonne réciprocité entre la piézo-électricité et l'électrostriction de deux éléments de même nature joue un rôle favorable.

Ce système est insensible aux inductions électromagnétiques; la rigidité des crapaudines permet le déplacement des masses sur M sans déréglage horizontal.

Les éléments optiques fixés sur M (fig. 3) constituent un sismomètre interférentiel mesurant les vibrations verticales résiduelles. Le trièdre suspendu a une fréquence propre de 0,4 Hz; ses accélérations résiduelles sont estimées de l'ordre de $10^{-9} g$ pendant les heures nocturnes les plus calmes. Ce montage permet de détecter des déplacements relatifs de l'ordre de 0,1 nm.

Liaison gravimétrique (Salle 1)

La liaison gravimétrique entre le point de mesure et le point « A » a été effectuée à deux reprises, avec un gravimètre Worden : en octobre 1961 (avant l'installation de notre appareil de mesure de g) par le Bureau Gravimétrique International, en mai 1967 par l'Expédition polaire française. La précision est estimée à $\pm 1 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$; la différence entre les deux mesures, qui n'excède pas $2 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$, peut être attribuée à la mise en place de notre appareil (masse 1,5 t environ). La première mesure avait montré une tendance à la non-linéarité du gradient vertical de g ; cette tendance n'a pas été retrouvée la seconde fois. D'après la mesure de 1967, des anomalies de g , de l'ordre de $4 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$, ont été décelées dans un même plan horizontal, au voisinage des piliers supportant l'appareil de mesure de g ; des anomalies du même ordre existent aussi sur le pilier du point « A ». La direction du gradient de ces anomalies concorde approximativement avec ce qu'on peut attendre de l'attraction gravitationnelle d'un gros pilier de béton qui se trouve au milieu du sous-sol de la salle; le calcul justifie également l'ordre de grandeur de ces anomalies.

Le rattachement du point de mesure au point « A » semble ainsi établi actuellement avec une incertitude inférieure à $\pm 2 \times 10^{-7} \text{ m/s}^2$; cette incertitude est considérée comme une des principales erreurs systématiques sur la détermination de $g_{\text{Sèvres A}}$.

Nouvelle valeur provisoire de $g_{\text{Sèvres A}}$

Une cinquantaine de mesures de g ont été effectuées en août et septembre 1967, dans des conditions variées, pour déceler les causes d'erreurs systématiques éventuelles. Aucun effet important n'a pu être mis en évidence.

La valeur la plus probable résultant de ces mesures est $g = 9,809\,256\,7_5$ m/s², au point de mesure. La dispersion relative maximale a été de $\pm 1 \times 10^{-8}$ pendant le mois d'août, période la plus favorable quant à l'agitation du sol.

En admettant entre le point de mesure et le point « A » une différence de $+ 3,00 \times 10^{-6}$ m/s², on obtient comme nouvelle valeur provisoire :

$$g_{\text{Sèvres A}} = 9,809\,259\,7_5 \text{ m/s}^2$$

avec une incertitude estimée à $\pm 3 \times 10^{-7}$ m/s²; la partie principale de cette incertitude provient de la liaison gravimétrique avec le point « A ».

La valeur de g ainsi obtenue est inférieure de $13,78_5 \times 10^{-5}$ m/s² à celle qui est admise dans le système de Potsdam.

Les causes d'erreur systématiques suivantes ont été étudiées :

Freinage par l'air résiduel. — On a étudié cet effet par comparaison des durées de montée (t_{hb}) et de descente (t_{bh}) du trièdre. $\Delta t = t_{\text{hb}} - t_{\text{bh}}$ a été trouvé fonction linéaire de la pression dans le domaine de $p = 4 \times 10^{-4}$ à 10^{-1} N/m²; on a trouvé :

$$\Delta t_p - \Delta t_0 = A \cdot p, \quad \text{avec} \quad A = 1,32 \times 10^4 \text{ ns}/(\text{N} \cdot \text{m}^{-2});$$

t_0 , obtenu par extrapolation à pression nulle, sur 25 mesures, a été trouvé égal à $5,3 \text{ ns} \pm 0,5 \text{ ns}$ (écart quadratique moyen). t_0 peut donc être attribué à l'effet de la vitesse finie de la lumière (voir page 47). Ceci nous permet de

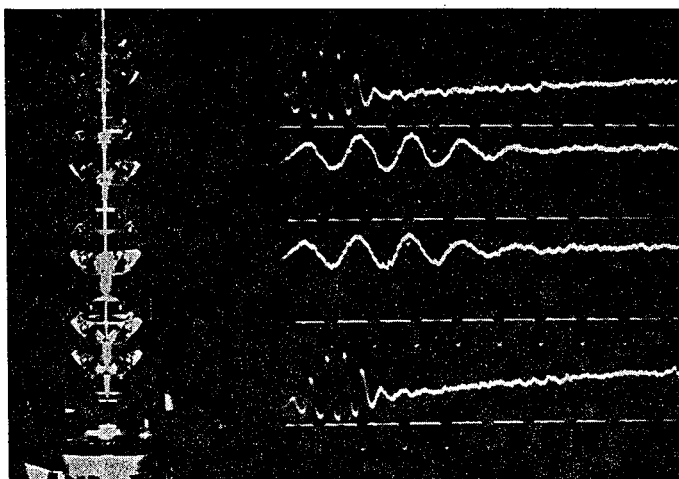


Fig. 4. — *A gauche* : 6 images instantanées successives du trièdre (hauteur = 10 cm, masse = 430 g) en course libre ascendante. Fréquence des éclairs : 25 par seconde; vitesse maximale du trièdre : 3,5 m/s.

A droite, de haut en bas : Enregistrement des franges d'interférence en lumière blanche au passage du trièdre aux stations basse, haute, haute et basse. Durée totale sur l'échelle des abscisses : 1 μ s. Les signaux de l'horloge enregistrés simultanément permettent l'interpolation du temps à 1 ns.

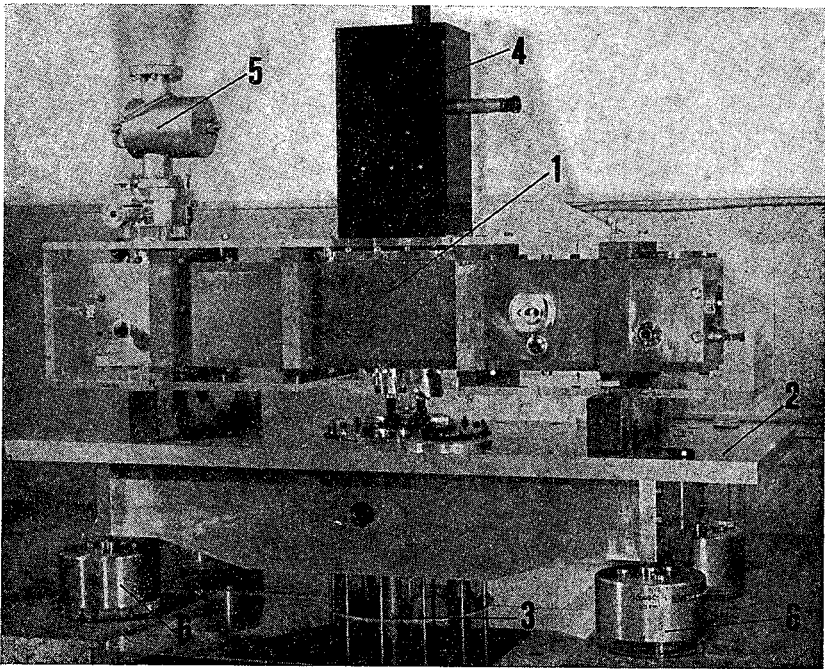


Fig. 5. — Partie principale de l'appareil pour la mesure absolue de g (voir aussi la figure 10 a et b, *Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 33, 1965, p. 43).

1. Caisson à vide contenant deux interféromètres de Michelson, l'un pour la mesure de g , l'autre pour la mesure, par comparaison à la radiation étalon primaire du ^{86}Kr , de l'étalon de longueur de référence qui définit les stations basse et haute. (Un troisième interféromètre de Michelson, situé à droite de (4), et utilisé pour la mesure des microséismes résiduels sur la table stabilisée (2), n'est pas représenté sur cette figure.)
2. Table stabilisée pourvue de crapaudines piézoélectriques (6) asservies électriquement pour compenser les microséismes.
3. Caisson à vide dans lequel le trièdre est catapulté (voir fig. 6).
4. Autocollimateur pour l'ajustage des faisceaux lumineux vertical et horizontal.
5. Pompe à vide chimique.

penser que le freinage par courants de Foucault, dû aux inhomogénéités du champ magnétique terrestre, est ici négligeable.

Dans tout le domaine de pression exploré, la valeur de g déduite des mesures reste indépendante de p , bien que le freinage par l'air introduise une accélération parasite pouvant atteindre, sur notre montage, environ $5 \times 10^{-5} \text{ m/s}^2$ pour $p = 0,1 \text{ N/m}^2$, lorsque le trièdre a une vitesse de 1 m/s .

Entraînement par l'air résiduel. — Le courant permanent d'air résiduel dû à l'aspiration par la pompe à diffusion aurait pu faire apparaître une accélération parasite; une estimation grossière nous a conduit à un ordre de grandeur possible de 10^{-7} m/s^2 . Les mesures « vanne ouverte » et « vanne fermée » n'ont fait apparaître aucune différence systématique appréciable.

Mesures de longueur. — Aucune différence significative n'a été observée entre les valeurs de g obtenues avec les deux étalons de longueur de référence. Une erreur d'une unité sur l'ordre d'interférence pour un des étalons

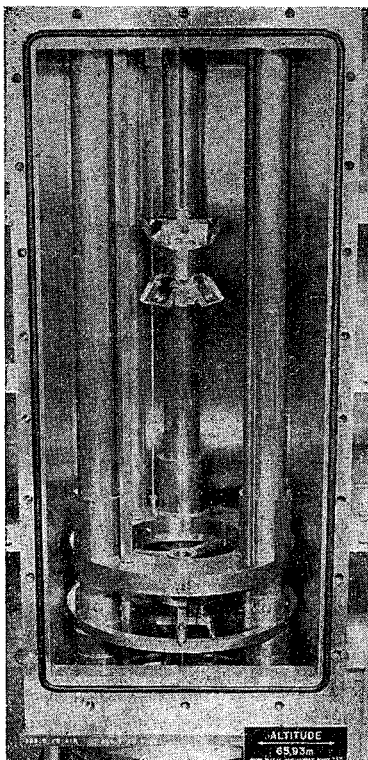


Fig. 6. — Le trière et une partie de la catapulte dans le caisson à vide.

aurait fait apparaître une différence de $3 \times 10^{-6} \text{ m/s}^2$ sur la valeur de g . Une telle erreur semble donc extrêmement peu probable.

Un climatiseur installé dans la salle et des thermocouples fixés sur les étalons ont permis d'espacer les mesures des étalons de longueur (voir page 46).

Charges électrostatiques. — Ce sujet a déjà été examiné (Rapport de 1965, p. 42). Bien que les effets électrostatiques semblent devoir être négligeables, des essais seront entrepris prochainement, en chargeant électriquement le trière volant, pour vérifier ce point.

Un enregistrement du passage des franges achromatiques et une partie de l'installation pour la mesure absolue de g sont représentés aux figures 4, 5 et 6.

Matériel

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

Achats

- un laser He-Ne stabilisé (type 119, Spectra-Physics, États-Unis);
- un filtre électronique réglable, 0,2 à 20 kHz (type 308 A, S.K.L., États-Unis);

- un générateur très basse fréquence (type 203 A, Hewlett Packard, États-Unis);
- une alimentation haute tension (type ALS 302, C.R.C., France);
- trois préamplificateurs à faible bruit et haute impédance d'entrée (type P 25 AH, Philbrick, États-Unis);
- une pompe à vide rotative (type ES 75, Edwards, Grande-Bretagne);
- un oscilloscope avec camera (types 766 HF et 450 A, Fairchild, États-Unis);
- un enregistreur (Graphispot, Sefram, France);
- deux accumulateurs : 300 V, 2 Ah et 24 V, 175 Ah;
- un marbre d'opticien en granit (1,8 m × 1,3 m × 0,35 m, Rahn, États-Unis).

Construction

A notre atelier d'électronique :

- un groupe de quatre chronographes numériques;
- une alimentation 50 V, 5 A, pour lampe à mercure;
- un groupe de quatre alimentations, haute tension flottante, pour photomultiplicateur;
- un générateur d'impulsions « nanoseconde » pour l'analyse des réponses transitoires;
- un discriminateur du sens de mouvement pour le microsismomètre interférentiel.

A notre atelier de mécanique :

- montures améliorées pour les trièdres optiques;
- enceinte thermiquement isolée (1,6 m × 1,2 m × 0,8 m);
- ensemble mécanique pour la mesure interférentielle des étalons de longueur de référence.

Thermométrie

Thermométrie à résistance de platine (J.A. Hall, G. Girard)

Les résistances des bobines du pont de Smith ont continué à évoluer entre novembre 1965 et avril 1967 de la même façon qu'entre mars et novembre 1965. La plupart des bobines ont varié de moins de 2×10^{-6} pendant les seize derniers mois.

Le Bureau International a acheté trois nouveaux thermomètres à résistance de platine : un de fabrication américaine (Leeds and Northrup, type Meyers) et deux de fabrication anglaise (Tinsley). Avant livraison, le premier thermomètre a été étalonné au N.B.S. et les deux autres au N.P.L., et nous remercions ces laboratoires de leur collaboration. Les mesures faites au Bureau International au point triple de l'eau en avril 1967 sur les thermomètres Tinsley sont en bon accord avec celles du N.P.L. faites en janvier 1967. Pour le thermomètre Leeds and Northrup, il semble qu'il ait quelque peu souffert du voyage; en effet, la résistance trouvée au Bureau International est supérieure de l'équivalent de 0,008 deg à celle qui avait été déterminée au N.B.S. en juillet 1966.

Potentiomètre « Microstep » (J. A. Hall)

Ce potentiomètre construit par la Cambridge Instruments Co. (Grande-Bretagne) est utilisé pour l'étalonnage du pont de Smith et pour les mesures avec les thermocouples. Des étalonnages de ce potentiomètre ont été effectués au N.P.L. en mars 1962 et au Bureau International en octobre 1965 et décembre 1966.

L'évolution suivante a été notée pendant les deux périodes indiquées :

	mars 62-oct. 65	oct. 65-déc. 66
Lecture (1 ^{er} cadran (2,0 V).....)	+ 3,1 μ V	- 0,3 μ V
maximale (2 ^e cadran (0,1 V).....)	- 2,6	- 0,6

Température thermodynamique du point de l'or (J. Bonhoure, J.A. Hall)

Les deux fours à corps noirs sont maintenant installés à leur emplacement définitif; ils ont été pourvus d'une circulation d'eau déminéralisée, fonctionnant en circuit fermé, qui assure le refroidissement de leurs parois extérieures. Avec ce système, la température de la salle ne dépasse jamais 25 °C et, pour un régime donné d'alimentation des fours, elle reste constante à l'intérieur du degré. Quant aux températures des corps noirs, elles ne varient que de quelques centièmes de degré par heure.

Le dispositif optique, nécessaire à la comparaison des luminances des deux corps noirs, est terminé (*fig. 7*); il comprend un miroir en silice aluminée,

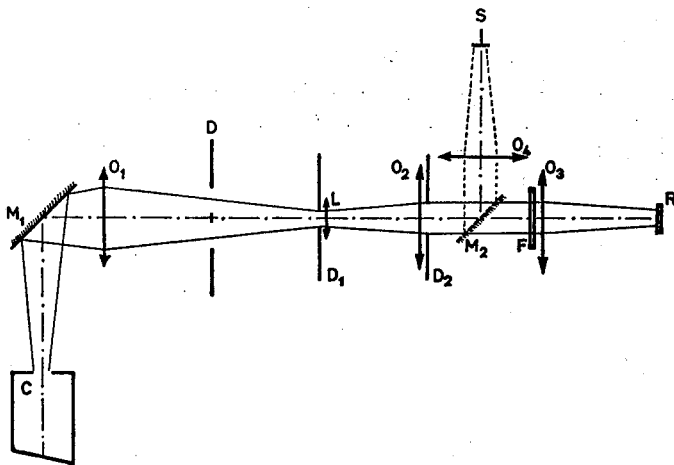


Fig. 7. — Dispositif pour la comparaison des luminances de deux corps noirs.

C, Orifice du corps noir; M_1 , Miroir en quartz aluminé; O_1 , O_2 , O_3 , O_4 , Objectifs; D, Disque porte-caches; D_1 , D_2 , Diaphragmes; L, Lentille de champ; M_2 , Miroir escamotable; S, Lampe à vapeur de mercure; F, Filtre interférentiel; R, Récepteur.

utilisé pour rendre horizontal le faisceau de rayonnement émis par l'orifice du corps noir dont l'axe est vertical, et quatre objectifs achromatisés pour les longueurs d'onde 0,546 et 1,014 μ m. Le montage optique est le suivant: un diaphragme réel est situé dans un plan conjugué à la fois du plan contenant l'orifice du corps noir et du plan contenant la surface sensible du récepteur (tube photoélectrique à cathode Cs — Ag — O); l'aire consi-

dérée de l'orifice rayonnant et l'aire utilisée de la cathode sont ainsi parfaitement déterminées. Un deuxième diaphragme est placé dans la partie du faisceau en lumière parallèle où se trouve également le filtre interférentiel; l'étendue géométrique du faisceau est alors complètement définie. Bien que les réponses du récepteur employé soient proportionnelles aux éclairagements reçus, des considérations pratiques nous ont conduit à introduire sur le faisceau un dispositif permettant d'effectuer en deux ou quatre lectures partielles la mesure de la luminance correspondant au corps noir à la température la plus élevée; c'est un disque portant des ouvertures circulaires, complètes ou limitées à un ou deux quadrants, qui peuvent être amenées devant les quadrants définis par une ouverture circulaire à croisillon fixe.

Le réglage en position des corps noirs est effectué en s'assurant de la libre entrée dans leur orifice d'un faisceau de lumière verte (lampe à vapeur de mercure) qui s'appuie sur les deux diaphragmes considérés ci-dessus; on a pu contrôler que les ajustages réalisés se conservaient de façon satisfaisante à n'importe quelle température.

Le filtre interférentiel le meilleur que nous possédions a un facteur de transmission maximal de 0,85 à la longueur d'onde de $1,06 \mu\text{m}$ et sa bande passante à mi-hauteur est de $7,2 \text{ nm}$. Les premières mesures, faites à titre d'essai pour vérifier la sensibilité du récepteur, ont confirmé les calculs préalables et montré que, même avec un galvanomètre amplificateur et intégration des réponses, il sera difficile d'avoir une précision de $0,1 \text{ deg}$ au point de congélation de l'antimoine; le rattachement à la température de l'eutectique cuivre-argent sera probablement nécessaire.

Thermomètres à mercure : études courantes (G. Girard)

En plus des mesures pour nos propres besoins, nous avons étudié quatre thermomètres à mercure Prolabo destinés à équiper des comparateurs fabriqués par la Société Genevoise d'Instruments de Physique.

Manométrie

Manobaromètre interférentiel (J. Bonhoure)

Quelques modifications mineures (alimentation de la source lumineuse de l'interféromètre en courant redressé, déplacement des pompes à vide, etc.) ont été apportées à notre manobaromètre (Rapport 1966, p. 49) pour en améliorer le fonctionnement et rendre l'observation des franges plus facile.

Pour le calcul des pressions à partir des lectures effectuées sur le manomètre, un problème important est celui de la correction pour tenir compte des indices de réfraction et de la dispersion différents des milieux traversés par les deux faisceaux lumineux partiels de l'interféromètre; en particulier la valeur à attribuer à la longueur d'onde effective du rayonnement de la source lumineuse, compte tenu du type de récepteur employé, n'a pas encore fait l'objet d'une étude, mais le calcul montre qu'en adoptant la valeur $0,556 \mu\text{m}$ pour une longueur d'onde qui est certainement comprise entre $0,5$ et $0,6 \mu\text{m}$, l'erreur commise sur les pressions ne peut être supérieure à $0,15 \text{ N/m}^2$.

Le manobaromètre interférentiel a été utilisé pour l'examen des possibilités d'un manomètre du type Bourdon, à hélice creuse de quartz.

Électricité

Matériel; étalons; aménagements divers

L'amélioration de l'équipement des mesures électriques, entreprise l'an dernier, n'a pu malheureusement être poursuivie cette année faute de crédits. Nous n'avons pu acheter que quelques boîtes de résistances de second ordre et d'usage général. Plusieurs appareils indispensables devront nécessairement être achetés prochainement.

Le Bureau International a heureusement bénéficié de l'aide généreuse de plusieurs laboratoires nationaux que je suis heureux de remercier ici.

L'Electrotechnical Laboratory du Japon a déposé à Sèvres un instrument de passage de 100 à 10 000 Ω , constitué par 11 bobines en manganine de 1 000 Ω que l'on peut connecter en série ou en parallèle. Cet instrument de haute qualité sera le complément de celui qui a été offert au Bureau International par le N.S.L. en 1957 pour passer de 1 à 100 Ω ; il nous permettra d'effectuer la mesure des étalons de résistance de 1 000 et de 10 000 Ω avec toute la précision désirable.

L'Institut de Métrologie D.I. Mendéléev et la Physikalisch-Technische Bundesanstalt ont déposé chacun cinq piles étalons de premier ordre construites par leurs soins. A la demande du National Bureau of Standards, les sociétés américaines Eppley Laboratory et Weston Instruments ont offert au Bureau, la première six piles et la seconde quatre piles de leur fabrication. Nous apprécions tout particulièrement ces dépôts au moment où certaines de nos piles de référence donnent des signes de défaillance.

Ainsi que nous l'avons indiqué dans le Rapport de 1966, un pont pour la comparaison d'étalons de capacité de faible valeur a été installé dans la salle 16. Ce pont qui peut travailler à 400, 1 000 ou 1 592 Hz et dont la sensibilité atteint 10^{-8} , voire même 5×10^{-9} , est la réplique de celui qui a été mis au point au N.B.S.; le transformateur de rapport et le préamplificateur accordé ont d'ailleurs été construits au N.B.S. par Mr Cutkosky qui est venu lui-même à Sèvres mettre le pont en service et nous en expliquer tous les détails de fonctionnement. Mr Cutkosky est resté plusieurs semaines au Bureau et nous tenons à le remercier de son obligeance.

Mr Cutkosky a laissé en dépôt à Sèvres un étalon de capacité en silice de 10 pF fabriqué au N.B.S., du type de ceux qui sont l'objet de la comparaison internationale circulaire en cours.

Le potentiomètre spécial qui sert à la comparaison des piles étalons a été rénové; tous ses éléments constitutifs ont été revus et le blindage électrostatique a été amélioré. L'interpolateur a été équipé d'un micro-ampèremètre plus sensible.

Signalons enfin que nous avons dû remplacer le groupe frigorifique qui équipait notre appareil climatiseur par un nouveau groupe hermétique.

Comparaisons internationales

Comparaisons périodiques des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice (G. Leclerc, J. Milobedzki). — Les comparaisons proprement dites ont commencé le 12 décembre 1966 et se sont terminées le 26 avril 1967. Elles ont été précédées et suivies de l'étude des étalons du Bureau International (résistances et piles).

Les dix laboratoires nationaux invités, à savoir : le D.A.M.W. (Berlin), la P.T.B. (Braunschweig), le N.B.S. (Washington), le N.S.L. (Chippendale), le N.R.C. (Ottawa), le L.C.I.E. (Fontenay-aux-Roses), l'I.E.N. (Turin), l'E.T.L. (Tokyo), le N.P.L. (Teddington) et l'I.M.M. (Leningrad) ont participé aux comparaisons qui réunirent à Sèvres vingt-neuf étalons de résistance de 1Ω et cinquante-sept piles.

Deux observateurs ont effectué chacun une comparaison complète et indépendante des résistances et des piles, le premier comparant les résistances pendant que l'autre comparait les piles et réciproquement.

Toutes les comparaisons comportèrent des mesures « aller » et des mesures « retour » faites symétriquement dans le temps par rapport à une même date centrale pour les deux observateurs : 18 février 1967.

En ce qui concerne les piles, les deux observateurs utilisèrent le même schéma de comparaison, mais en choisissant des groupes différents pour représenter le Bureau International, les onze groupes de piles étant comparés deux à deux dans toutes les combinaisons possibles.

Pour les résistances, chaque observateur utilisa un schéma de comparaison différent.

L'un des observateurs utilisa un schéma en rectangle comportant quatre rangées de huit étalons (en ajoutant trois étalons du Bureau International aux vingt-neuf étalons voyageurs) et compara chaque étalon aux huit qui l'entouraient, d'où 128 équations de condition.

L'autre observateur utilisa un schéma voisin de ceux qui furent employés en 1961 et en 1964, comportant un groupe principal de dix étalons (un par laboratoire national) et dix groupes secondaires (un pour chaque laboratoire national) de trois ou quatre étalons, dont un étalon du groupe principal. Les cinq étalons représentatifs du Bureau International employés par cet observateur (d'ailleurs différents des trois étalons utilisés par l'autre observateur) ont été introduits dans cinq des groupes secondaires. Les étalons de chaque groupe ont été comparés deux à deux dans toutes les combinaisons possibles, ce qui a conduit à un système de 87 équations de condition.

Les calculs de réduction des 430 séries de comparaison des résistances, des 220 séries de comparaison des piles, ainsi que la résolution des deux systèmes de 29 équations normales déduites des équations de condition ont été faits par un ordinateur électronique.

Les résultats complets de ces comparaisons ne seront connus que lorsque le Bureau aura reçu la valeur des étalons voyageurs après retour dans leur laboratoire d'origine.

Comparaison circulaire des étalons de capacité au mica de $0,1 \mu\text{F}$ (G. Leclerc).

— Cette comparaison progresse rapidement. Les condensateurs sont actuellement à l'Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris, à Turin, après avoir été successivement mesurés au N.R.C., au N.B.S., une seconde fois au N.R.C., au N.S.L. et à l'E.T.L. Nous pensons qu'ils parviendront à Leningrad vers la fin de 1967 pour y être étudiés une dernière fois à l'Institut de Métrologie D.I. Mendéléév.

Les résultats définitifs de la seconde et dernière partie de la comparaison entreprise en 1959 pourront donc vraisemblablement être soumis à l'examen du Comité Consultatif d'Électricité et du Comité International des Poids et Mesures lors de leurs sessions de 1968.

Comparaison circulaire des étalons de capacité de 10 pF (G. Leclerc). — Les trois condensateurs qui circulent entre les laboratoires sont des étalons à diélectrique de silice construits au N.B.S. par MM. Cutkosky et Lee. Chacun de ces condensateurs est muni d'un thermomètre à résistance. La relation $C = f(R)$ est bien connue au voisinage de deux valeurs de R correspondant à des températures de 20 et de 25 °C; les laboratoires peuvent donc faire, à leur choix, les mesures à 20 ou à 25 °C, la fréquence imposée étant de 1 592 Hz.

Ces trois condensateurs ont déjà été étudiés au N.R.C., au N.P.L. et au N.S.L.; ils sont actuellement (septembre 1967) à l'E.T.L. Au cours de leurs voyages, les étalons repassent périodiquement par le N.B.S. qui contrôle ainsi leur évolution dans le temps et la façon dont ils supportent les transports et les manipulations.

A titre uniquement expérimental (puisque le Bureau International ne possède pas encore d'étalons de capacité de référence), et pour vérifier le fonctionnement du pont de comparaison récemment mis en place à Sèvres, nous avons, en mai et juin 1967, juste avant leur expédition pour Tokyo, comparé les trois condensateurs voyageurs entre eux et avec l'étalon du même type mis à notre disposition par Mr Cutkosky. Le coefficient de température des étalons à diélectrique de silice étant de l'ordre de 10^{-5} par degré, le Bureau devra prochainement faire l'acquisition d'un bain d'huile thermorégulé au millième de degré près s'il veut profiter au maximum de la sensibilité du pont de mesure qu'il possède maintenant, sensibilité au moins égale à 10^{-8} .

Comparaisons dans le domaine des radiofréquences (G. Leclerc). — Les trois comparaisons organisées par le Comité International progressent assez lentement et avec des fortunes diverses.

La première comparaison, celle des instruments de mesure des faibles puissances à 10 GHz, dont l'E.T.L. est le laboratoire-pilote, est la plus avancée. Les dix étalons de transfert, présentés par l'Electrotechnical Laboratory du Japon (quatre « bolometer mounts »), le National Bureau of Standards des États-Unis (deux « bolometer mounts »), l'Institut des Mesures Physicotechniques et Radiotechniques de l'U.R.S.S. (deux « thermistor mounts ») et le Research Institute for Telecommunication de Hongrie (deux « air-flow type power meters ») ont déjà été étudiées par l'E.T.L. et le N.B.S. et se trouvent actuellement (septembre 1967) à Budapest. Ils doivent encore être étudiés par le D.A.M.W., l'I.M.P.R., le N.R.C. et l'I.E.N. avant de retourner à Tokyo.

Cette comparaison intéresse de nombreux laboratoires; c'est ainsi, par exemple, que l'Institut de Recherche de la Défense Nationale de la Suède nous a fait connaître son désir d'y participer. Cet Institut sera engagé dans la comparaison dont l'I.M.P.R. sera le laboratoire-pilote.

La seconde comparaison qui concerne les instruments de mesure des faibles puissances à 3 GHz et dans laquelle sont engagés le N.B.S., l'I.M.P.R., le N.R.C., le D.A.M.W. et l'E.T.L., semble à peine commencée. En dépit des efforts du N.B.S., laboratoire-pilote de cette comparaison, les instruments à comparer ne semblent pas encore avoir quitté Boulder; nous ignorons d'ailleurs leur nombre et leur origine.

Quant aux mesures comparatives de paramètres diélectriques à 10 GHz, c'est le N.B.S. qui a accepté le rôle de laboratoire-pilote en janvier 1967

après le désistement du N.P.L. Trois laboratoires participent à cette comparaison : le N.B.S., le N.R.C. et l'I.M.P.R., mais nous ignorons actuellement son état d'avancement.

Études courantes

Les demandes d'étude ont encore été nombreuses cette année.

Comme nous ne pouvons pas effectuer simultanément les comparaisons des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice et les étalonnages demandés par divers laboratoires, ces étalonnages n'ont pu être entrepris qu'après l'achèvement des comparaisons internationales et, depuis cette époque, ils nous occupent exclusivement.

La diversité des études demandées explique le grand nombre d'heures consacrées à leur exécution. Par exemple, on demande de plus en plus souvent au Bureau International de déterminer le coefficient de température des étalons soumis à son contrôle. D'autre part, l'équipement du Bureau ne lui permet pas d'effectuer en même temps la mesure d'étalons de valeurs nominales différentes.

Enfin, certaines demandes se rapportent plutôt à l'étude expérimentale qu'à l'étalonnage classique.

Je crois utile d'insister aussi sur le fait que tous ces étalonnages imposent un gros travail à nos étalons de référence, en particulier à nos piles.

Au cours de l'année écoulée nous avons étudié une centaine de piles étalons et vingt-cinq étalons de résistance (valeur à la température de définition et, souvent, détermination du coefficient de température). Ces étalons appartenaient à des laboratoires nationaux ou privés des pays suivants : Belgique, Hongrie, Norvège, Pologne, République Arabe Unie, Roumanie, Suède, Tchécoslovaquie.

Photométrie (J. Bonheure, C. Garreau)

Installations de mesure

Les installations électriques de mesure, qui pour la plupart d'entre elles dataient de la création du laboratoire de photométrie (1939), avaient sérieusement besoin d'être renouvelées; pour entreprendre ce travail, nécessairement suivi de la réfection totale de la salle et qui devait interrompre tout travail photométrique pendant plusieurs mois, on a choisi une période relativement peu chargée en études demandées par les laboratoires nationaux.

Le sol de la salle a été recouvert d'un revêtement plastique mat, la peinture noire des murs et du plafond a été refaite et un éclairage par tubes fluorescents installé; l'éclairage à incandescence, utile dans bien des cas, a toutefois été conservé.

La ventilation par apport d'air frais extérieur, indispensable dans un local sans ouvertures, a été améliorée en remplaçant l'orifice d'arrivée d'air unique par une gaine de distribution sur tout un côté de la salle; l'humidité relative de l'air, qu'il est souhaitable de maintenir entre 40 et 50 %, sera contrôlée par un nouvel appareillage, plus puissant que l'ancien, et qui viendra se substituer à un compresseur frigorifique pratiquement hors d'usage.

Les armoires de rangement des lampes étalons, devenues insuffisantes,

ont été remplacées par une armoire unique, spécialement conçue pour protéger les lampes des poussières; dans ce but, les échanges d'air entre l'intérieur et l'extérieur dus aux variations de la pression atmosphérique ne peuvent se faire qu'à travers un filtre de grandes dimensions offrant une faible résistance au passage de l'air; partout ailleurs, l'armoire est rendue étanche par des joints de caoutchouc.

Pour faciliter les mesures au cours de la 5^e comparaison des étalons nationaux d'intensité et de flux, qui doit se dérouler en 1968, deux alimentations stabilisées en courant continu, 32 V, 30 A, ont été acquises.

Sphère lumenmètre

Le revêtement blanc intérieur de la sphère doit être aussi uniforme que possible; le contrôle de cette uniformité doit donc être effectué, d'abord au moment de la réalisation du revêtement diffusant, ensuite périodiquement pour connaître les variations locales du facteur de réflexion qui apparaissent quand la peinture vieillit; or, jusqu'à maintenant, nous n'avions aucun montage pratique pour effectuer ce contrôle. L'atelier de mécanique du Bureau a construit un dispositif à miroir mobile qui permet d'envoyer le spot d'un pinceau de lumière en un point quelconque de la paroi de la sphère. Le dispositif se substitue au porte-lampe et la rotation du miroir est commandée manuellement de l'extérieur de la sphère; l'entrée du faisceau lumineux et l'observation de la luminance de la paroi avec un récepteur photoélectrique se font par l'unique fenêtre de la sphère. On peut ainsi observer les variations relatives du facteur de réflexion le long des cercles situés dans des plans normaux au faisceau incident, sans que les résultats soient affectés par l'état de polarisation de la lumière. A titre d'essai, une série de lectures faites sur le revêtement intérieur (ZnO + carboxyméthylcellulose), vieux de dix ans, de la sphère du Bureau a montré que le facteur de réflexion dans la partie basse de la sphère était plus faible (10 %) que dans la partie haute. Le revêtement sera complètement refait avant la 5^e comparaison des étalons nationaux.

Études courantes

Vingt quatre lampes ont été formées, réglées en température de répartition et étalonnées pour le Laboratoire Central d'Électricité (Belgique) et le Bureau National de la Qualité et des Mesures (Pologne). Deux lampes ont été réglées à cinq températures de répartition dans l'« Échelle moyenne 1963 » pour le Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Autriche).

Rayons X et γ

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

1. Principe de la méthode

On envisage de déterminer avec le spectromètre γ (décrit dans le Rapport de 1965, p. 60) l'activité d'une source de ^{60}Co de 1 Ci.

La détermination se fera par comparaison de cette source avec une source de même géométrie, ayant une activité de quelques millicuries, connue de façon absolue. Les deux sources sont placées dans deux supports

identiques afin que la diffusion et l'absorption soient les mêmes. Elles seront situées à des distances du détecteur telles que l'on ait le même taux de comptage, ce qui conduit à placer la source de 1 Ci à environ 22 m et celle de faible activité à 1,20 m. Les corrections de temps mort sont ainsi éliminées.

Le faisceau de rayonnement arrivant sur le détecteur aura une géométrie aussi identique que possible dans les deux cas. Il est défini par un diaphragme en plomb de 25 cm de longueur et de 2 cm de diamètre. Ce diaphragme vient se loger dans quatre plaques de plomb d'une épaisseur totale de 20 cm, placées devant le cristal et sa protection de plomb. L'ensemble est réglable en hauteur et en orientation de façon à pouvoir aligner le diaphragme par rapport à la source, au cristal et aux collimateurs du faisceau. Cette installation permet d'utiliser des diaphragmes de diamètres différents, ou un bouchon de plomb pour les mesures de mouvement propre.

La source de 1 Ci sera placée dans un château de plomb; un collimateur situé devant le château et un autre à 2,50 m en avant, délimitent le faisceau et évitent une diffusion par le sol ou les murs. Le rayonnement diffusé par ces deux collimateurs et pouvant atteindre le détecteur est négligeable. La source de faible activité est montée sur un banc de tour, ce qui permet d'ajuster sa position et de l'éloigner de l'axe du faisceau afin qu'elle ne soit plus vue par le détecteur lorsque s'effectue la mesure de la source de 1 Ci. Les sources, le diaphragme, les collimateurs et le détecteur sont alignés sur un même axe à l'aide d'une lunette d'alignement.

Il est nécessaire de mesurer très précisément les distances de chaque source au plan de définition du diaphragme afin que l'erreur relative sur la connaissance du rapport des carrés de ces distances soit inférieure à 10^{-4} . La longueur de 22 m sera mesurée avec un ruban géodésique et celle de 1,20 m avec des étalons à bouts.

La détermination du rapport des activités des deux sources nécessite, de plus, la connaissance de l'atténuation du rayonnement par l'air sur les distances considérées et de la contribution due au rayonnement transmis et diffusé par le diaphragme du détecteur. La correction due à l'atténuation

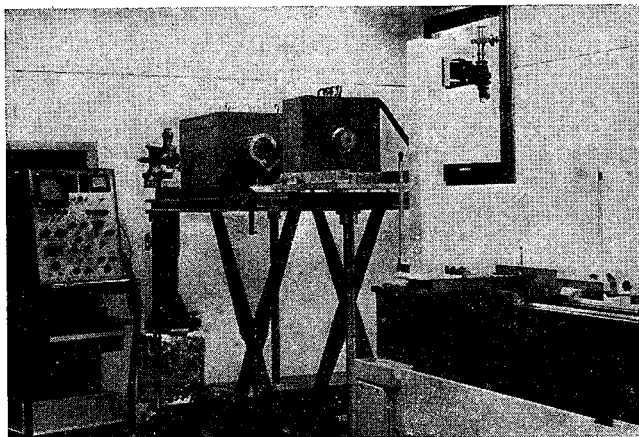


Fig. 8. — Vue de l'installation de mesure par spectrométrie γ .

du rayonnement par l'air sur 22 m étant de l'ordre de 15 pour cent, on envisage de la réduire en plaçant sur le trajet du faisceau des tuyaux dans lesquels sera fait le vide. La correction due au rayonnement transmis et diffusé par le diaphragme du détecteur est déterminée par le calcul et expérimentalement (voir paragraphe suivant).

Cette méthode de mesure de l'activité d'une source par comparaison avec une autre source présente des avantages par rapport à une méthode directe. Elle élimine la détermination de facteurs de correction propres au détecteur et délicats à déterminer.

L'installation de cette expérience a été réalisée. La figure 8 montre une vue de l'ensemble.

2. Mesures

a. *Pérennité des mesures. Précision sur le taux de comptage.* — Sur une période de plusieurs semaines le spectre d'une source de ^{60}Co de 2 mCi, de même géométrie que les sources définitives, a été relevé. La figure 9 montre ce spectre.

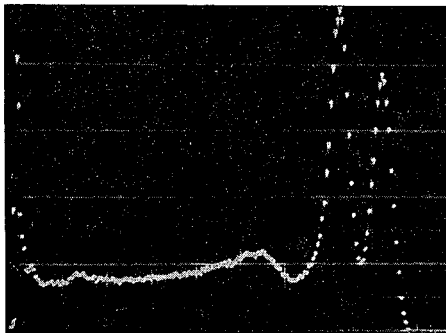


Fig. 9. — Spectre du ^{60}Co .

Tous les facteurs susceptibles de varier et d'avoir une influence sur les mesures ont été contrôlés : tension appliquée sur le photomultiplicateur, hauteur de l'impulsion enregistrée dans un canal donné, mouvement propre, température de la salle et du détecteur.

Quarante mesures ont été effectuées. Elles étaient corrigées pour tenir compte du mouvement propre et de la décroissance du ^{60}Co et on comparait pour chacune d'elle le nombre d'impulsions enregistrées à partir d'un seuil minimal correspondant à une énergie d'environ 60 keV. La position du canal correspondant à ce seuil est déterminée à partir de la droite d'étalonnage reliant les hauteurs d'impulsions aux numéros des canaux correspondants, et à partir des variations de la tension appliquée au photomultiplicateur. Le nombre de coups enregistrés pendant un temps donné, lors de chaque mesure, était d'environ 10^6 . Si on ne considère que les fluctuations statistiques de l'émission de la source, on sait que ce nombre de coups est connu à $\pm 10^3$.

L'écart-type expérimental pour une mesure est de $0,97 \times 10^{-3}$ et l'écart-type pour la moyenne de ces 40 mesures est $0,16 \times 10^{-3}$. Nous

n'avons pas observé d'écarts significatifs entre les variances à long terme et les variances à court terme. La figure 10 montre l'ensemble de ces résultats.

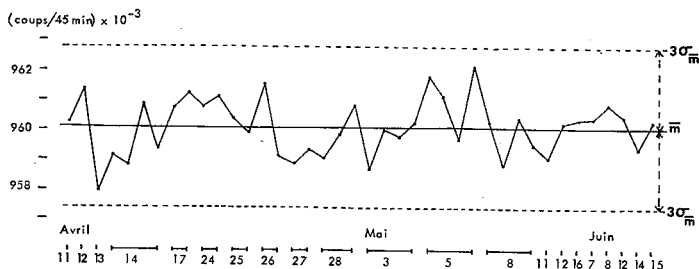


Fig. 10. — Mesure de l'émission d'une source de ^{60}Co de 2 mCi sur une période de plusieurs semaines. (Activité rapportée au 11 avril 1967 après avoir effectué la correction de décroissance).

b. *Détermination de la transmission et de la diffusion à travers le diaphragme du détecteur* (A.-M. Roux*, M. Boutillon*). — La correction de transmission à travers les bords du diaphragme a été calculée d'après la formule établie par Simons (*Phys. Med. Biology*, 6, 1962, p. 561). La correction pour tenir compte du rayonnement diffusé par le diaphragme du détecteur et atteignant ce dernier a été évaluée à partir de la théorie développée par Mather (*J. Appl. Phys.*, 28, 1957, p. 1 200). Les résultats de ces calculs sont rassemblés dans le tableau ci-dessous; ils sont exprimés en pour cent du nombre de photons traversant un diaphragme idéal.

Distances (m)	Transmission (%)	Diffusion	
		collimateur $d = 20$ mm (%)	collimateur $d = 40$ mm (%)
1,20	2,6	1,0	1,7
20	0,14	0,06	0,11

La vérification expérimentale de ces calculs a été entreprise. Une première série de mesures a été effectuée avec la source de 2 mCi placée successivement à 1 m et à 2 m du plan de définition. Le taux de comptage varie d'un facteur 4 entre ces deux distances. Le rapport expérimental obtenu pour les corrections de transmission et de diffusion relatives à ces deux distances a mis en évidence l'incertitude introduite par la correction de temps mort, différente dans les deux cas et mal connue.

D'autres séries de mesures ont alors été effectuées avec deux sources de faible activité — l'une de 2 mCi, l'autre de 0,2 mCi — dont le rapport des activités a été mesuré à l'aide d'une chambre d'ionisation $4\pi\gamma$. Ces deux sources étaient à 76 cm et à 230 cm du plan de définition et le taux de comptage était de 350 coups par seconde. Les mesures ont été effectuées avec deux diaphragmes de diamètres différents et pour deux distances du détecteur au plan de définition. Le tableau ci-après rassemble les résultats

expérimentaux et les calculs correspondants; on y a porté la valeur du rapport $\frac{\text{transmission et diffusion pour } l = 76 \text{ cm.}}{\text{transmission et diffusion pour } l = 230 \text{ cm}}$

Distance du détecteur au plan de définition	Diaphragme				
	calcul	$d = 20 \text{ mm}$		$d = 40 \text{ mm}$	
		calcul	expérience	calcul	expérience
2,5 cm	1,041	$1,051 \pm 0,001_5$	1,048	$1,054 \pm 0,001_2$	
14 cm	1,035	$1,037 \pm 0,001_5$	1,038	$1,037 \pm 0,001_8$	

L'écart observé peut être attribué à la diffusion multiple dont on n'a pas tenu compte dans les calculs. On envisage de se placer dans des conditions de mesure telles que le rayonnement diffusé par le diaphragme n'atteigne pratiquement pas le détecteur. Pour cela on a éloigné le détecteur et sa protection, et on a placé devant le détecteur un second collimateur qui laisse passer le faisceau direct et le rayonnement transmis par les bords du diaphragme, mais qui élimine une grande partie du rayonnement diffusé.

Mesure de l'exposition produite par les photons émis par le ^{60}Co à l'aide d'une chambre à cavité (A. Brosed*, A. Allisy)

L'exposition au centre d'une chambre à cavité est donnée par la relation suivante :

$$(1) X_m = \frac{10^4}{2,58} \frac{dQ_t}{A \varrho dz_m} \frac{1}{f} \frac{\sigma_k(1-G)}{\sigma_k'(1-G')} \frac{\varrho'}{\varrho} \frac{e^{\mu'(z_m-z_1)}}{1 + \left(\mu' + \frac{2}{z_m}\right) x'_{pc} r'} (1 - k_d)$$

(Pour l'établissement de cette formule et la signification des divers termes se reporter à *Metrologia*, 3, N° 2, 1967, p. 49).

On a entrepris une étude expérimentale du terme $e^{\mu'(z_m-z_1)}$ (où μ' représente le coefficient d'atténuation des photons en pinceau fin et $(z_m - z_1)$ l'épaisseur de la paroi frontale de la chambre d'ionisation), car ce terme a été établi sans tenir compte de l'atténuation dans les parois latérales. On a également étudié expérimentalement le terme k_d qui représente la contribution des photons diffusés.

Cette étude a été effectuée à l'aide d'une chambre d'ionisation préliminaire en plexiglas. La chambre définitive sera réalisée en graphite. On a employé une source de ^{60}Co quasi ponctuelle du N.R.C., d'une activité d'environ 1 Ci, disposée dans le château de plomb décrit dans le Rapport de 1965, p. 55.

Caractéristiques de la chambre et conditions de mesure. — La chambre d'ionisation est cylindrique; son axe de symétrie est confondu avec l'axe du faisceau de photons. Son diamètre intérieur est de 63 mm, sa longueur de 5,1 mm; l'épaisseur des parois antérieure et postérieure est de 3,5 mm, celle des parois latérales de 0,5 mm. La plaque collectrice est en plexiglas, diamètre 59 mm, épaisseur 0,7 mm. Le volume utile de collection est d'environ 14,1 cm³. La chambre, soutenue par une armature en plexiglas ajourée, est placée dans une enceinte cylindrique de duralumin fermée par deux parois de mylar parfaitement étanches et susceptibles de pouvoir travailler sous pression (fig. 11). La chambre a été convenablement centrée

dans le faisceau à une distance de 1,10 m de la source, distance à laquelle la fluence de photons peut être considérée comme constante à 1 pour mille près. Le faisceau est délimité par un collimateur conique dont le plan de sortie se trouve à 64 cm du plan de définition de la chambre. Dans ce plan le diamètre du faisceau est de 93 mm, ce qui permet d'augmenter de plusieurs millimètres l'épaisseur des parois latérales de la chambre.

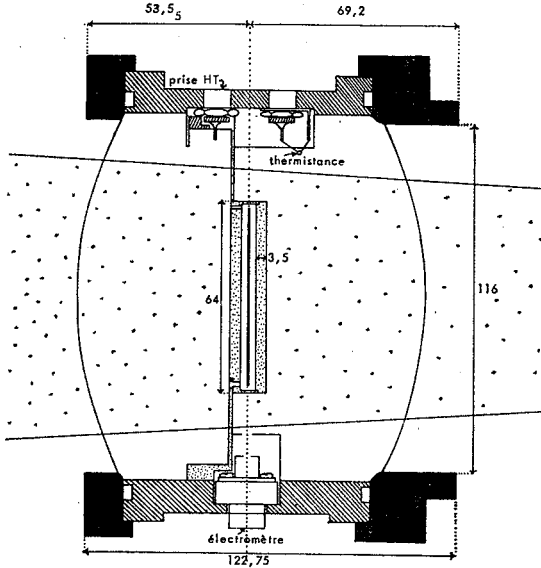


Fig. 11. — Chambre d'ionisation à cavité dans son enceinte.

Modification de la correction d'atténuation pour tenir compte des parois latérales. — Dans les raisonnements qui suivent on a remplacé la chambre d'ionisation réelle représentée à la figure 12 a, et ayant des parois postérieure

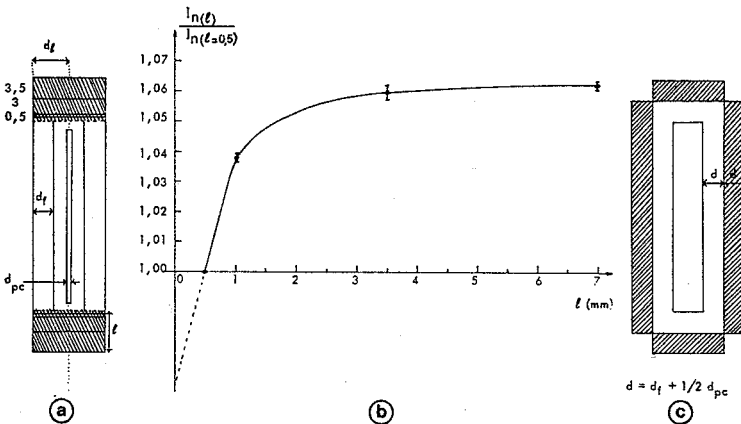


Fig. 12. — Influence de l'épaisseur des parois latérales d'une chambre d'ionisation à cavité sur le courant d'ionisation.

et antérieure d'épaisseur d_f et une électrode collectrice d'épaisseur d_{pc} , par une chambre idéale, représentée à la figure 12c, dont les parois postérieure et antérieure ont une épaisseur fictive $d = d_f + 1/2 d_{pc}$. Dans ces conditions le terme $e^{\mu'(z_m - z_i)}$ de la relation (1) est égal à $e^{\mu'd}$. Pour tenir compte du fait que la correction d'atténuation en pinceau fin est supérieure à cette valeur dans les parois latérales, on a déterminé expérimentalement la contribution de ces parois au courant d'ionisation total. A cet effet, on a fait varier l'épaisseur des parois latérales de la chambre à l'aide d'anneaux successifs (voir fig. 12a) de manière à réaliser les épaisseurs suivantes : 0,5 mm, 1 mm, 3,5 mm et 7 mm. Dans cette expérience les parois antérieure et postérieure conservaient une épaisseur constante de 3,5 mm. En appelant I_n le courant d'ionisation mesuré dans des conditions normalisées de température et de pression lorsque la chambre a des parois d'épaisseur uniforme de 3,5 mm et $I_{n(l)}$ le courant mesuré avec des parois latérales d'épaisseurs l (mm) différentes, on a obtenu les rapports suivants :

$$\begin{aligned} \frac{I_{n(l=1)}}{I_{n(l=0,5)}} &= 1,038_1 \pm 0,001_2^* \\ \frac{I_n}{I_{n(l=0,5)}} &= 1,059_6 \pm 0,002_3 \\ \frac{I_{n(l=7)}}{I_n} &= 1,002_1 \pm 0,001_1. \end{aligned}$$

Ces rapports sont représentés à la figure 12b, dans laquelle on peut voir très clairement une augmentation rapide du courant avec l'épaisseur jusqu'à une valeur de 3,5 mm, puis une augmentation lente due à la réabsorption des photons diffusés produits dans les parois latérales.

En effectuant une extrapolation linéaire on obtient le rapport suivant :

$$\frac{I_n}{I_{n(l=0)}} = 1,100_6 \pm 0,002_5.$$

Soit I_l le courant d'ionisation dû aux parois latérales dans les conditions normalisées, le rapport de I_l au courant d'ionisation total I_n est donné par la relation :

$$\frac{I_l}{I_n} = 1 - \frac{I_{n(l=0)}}{I_n} = 0,090_8 \pm 0,002_1.$$

L'erreur systématique commise lors de l'extrapolation est sans doute inférieure à $\pm 0,008$.

Compte tenu de ces résultats, il est donc plus exact de remplacer le terme de correction d'atténuation en pinceau fin $e^{\mu'd} = e^{\mu'(d_f + \frac{1}{2}d_{pc})}$ par le terme suivant (voir fig. 12a) :

$$\exp \left[\mu' \frac{I_l}{I_n} d_l + \mu' \left(1 - \frac{I_l}{I_n} \right) \left(d_f + \frac{d_{pc}}{2} \right) \right].$$

Ce dernier terme prend la valeur numérique $1,029_9 \pm 0,001_4$, alors que

* Toutes les erreurs statistiques exprimées dans ce travail sont trois fois la racine carrée de la variance la plus grande, soit à court terme, soit à long terme.

le terme non corrigé pour les parois latérales avait la valeur 1,028₄. La valeur de μ' déduite de ces résultats expérimentaux est en bon accord avec la valeur théorique calculée d'après G. White Grodstein, N.B.S. Circular 583.

Détermination expérimentale de la contribution du rayonnement diffusé. — Cette détermination a été effectuée en doublant toutes les épaisseurs des parois de la chambre représentée à la figure 12c. Soit, dans ces conditions, I' le courant d'ionisation mesuré dans cette nouvelle chambre et I_n ce même courant mesuré dans la chambre à parois simples; on peut alors écrire :

$$I' = I_n e^{-\mu'd} + I'_d$$

où I'_d représente le courant d'ionisation dû à la réabsorption des photons diffusés produits dans les parois supplémentaires. La contribution de la diffusion de ces parois supplémentaires k_d peut donc s'écrire :

$$k_d = \frac{I'_d}{I'}$$

La valeur expérimentale trouvée est :

$$(1 - k_d) = 0,979_2 \pm 0,002_7.$$

On a supposé, conformément à la pratique courante, que la contribution de la diffusion des parois de la chambre a la même valeur. Une telle extrapolation est sans doute assez arbitraire et l'on va tenter des mesures avec des épaisseurs de plexiglass additionnelles pour essayer de la justifier.

On a également examiné la contribution des diverses parois de la chambre au courant dû à la diffusion. La répartition trouvée est la suivante :

face avant	face arrière	parois latérales
78 %	13 %	9 %

Comparaison des étalons d'exposition dans le domaine des rayons X mous (M. Boutillon*, P. Lamperti (N.B.S.), B. Henry (N.R.C.))

Deux laboratoires nationaux, le National Bureau of Standards (N.B.S.) et le Conseil National de Recherches (N.R.C.), ont participé en septembre-octobre 1966 au Bureau International à des comparaisons directes entre des étalons d'exposition en vue d'obtenir la meilleure précision possible et d'éviter les nombreuses difficultés qui interviennent lorsqu'on utilise des instruments de transfert. Trois qualités de rayonnement ont été employées (tableau II) : le rayonnement non filtré émis par le tube à rayons X sous une tension de 10 kV, choisi en raison de la forte atténuation par l'air; le rayonnement moyennement filtré émis sous une tension de 30 kV; le rayonnement fortement filtré émis sous une tension de 50 kV, qui permet une transition vers les énergies moyennes. Une comparaison accessoire a également eu lieu avec le rayonnement émis sous 50 kV, peu filtré.

Le tube à rayons X est un tube Müller fonctionnant entre 5 et 150 kV et possédant deux foyers. Seul le grand foyer a été utilisé lors des comparaisons. La tension et le courant dans le tube sont stabilisés à 10^{-4} près. La mesure, qui se fait par compensation de charge aux bornes d'un condensateur, est entièrement automatique.

TABLEAU II
Conditions de mesures des étalons d'exposition

Tension appliquée au tube à rayons X (kV)	10	30	50 (a)	50 (b)
Courant du tube à rayons X (mA)	5	5	5	1
Filtration { Be (mm)	≈ 3	≈ 3	≈ 3	≈ 3
{ Al (mm)	0	0,208 ₂	3,989	1,007
{ air (mg cm ⁻²)	59,4	59,4	59,4	59,4
1 ^{re} couche de demi-atténuation (CDA)	≈ 36 μm Al	0,18 ₇ mm Al	2,25 ₇ mm Al	
2 ^e couche de demi-atténuation (CDA)	≈ 42 μm Al	0,31 ₈ mm Al	2,83 ₇ mm Al	
μ (coefficient d'atténuation de l'air)	1,79 × 10 ⁻³ /mm	0,42 × 10 ⁻³ /mm	0,046 × 10 ⁻³ /mm	
\dot{X} (mR/s)	≈ 64	≈ 377	≈ 39	≈ 39

TABLEAU III
Dimensions principales des étalons d'exposition

Dimensions	Chambre		
	BIPM	NBS	NRC
Espacement des plaques (cm)	7,0	4,0	6,1
Longueur de la plaque collectrice (cm) ..	7,1	5,0	6,9
Largeur de la plaque collectrice (cm) ..	1,546 ₈	1,013 4 ₇	4,601 ₀
Diamètre du diaphragme (cm)	0,500 0 ₇	0,499 4 ₃	0,500 8 ₀
Volume de mesure (cm ³)	0,303 7 ₆	0,198 5 ₆	0,906 6 ₂
Distance entre le plan de définition du diaphragme et le centre du volume de mesure (cm)	10,00 ₀	3,91 ₈	9,89 ₃

Les étalons d'exposition du B.I.P.M., du N.B.S. et du N.R.C. sont des chambres d'ionisation à parois d'air. Les dimensions principales sont données dans le tableau III. Un système de garde permet d'assurer l'homogénéité du champ électrique dans la région du volume de mesure des chambres d'ionisation.

Procédés de mesure. — Lors d'une comparaison entre deux chambres A et B, trois séries de cinq mesures sont effectuées dans l'ordre B, A, B. Les courants de fuite, la pression et la température sont enregistrés avant et après chaque série. Il nous a paru commode de normaliser la moyenne de chaque série aux conditions suivantes: 10^5 N/m², 20 °C, 59,4 mg/cm², filtration par l'air. Après corrections et normalisation, le rapport *R* des temps pour une même quantité d'électricité libérée est

$$R = \frac{\Delta t_{1B} + \Delta t_{2B}}{2 \Delta t_A}$$

Le facteur de correction *K_a* pour l'atténuation par l'air compris entre le plan de définition du diaphragme de la chambre d'ionisation et le centre du volume collecteur est virtuellement éliminé à l'aide d'un tuyau fermé par deux fenêtres de béryllium (*fig. 13*), situé entre la chambre d'ionisation et le tube à rayons X. La pression dans ce tuyau est ajustée pour que la masse surfacique d'air qui est traversée par le faisceau de rayons X entre la fenêtre de béryllium du tube à rayons X et le centre du volume de mesure soit égale à 59,4 mg/cm² (soit 50 cm d'air à 20 °C sous 10^5 N/m²).

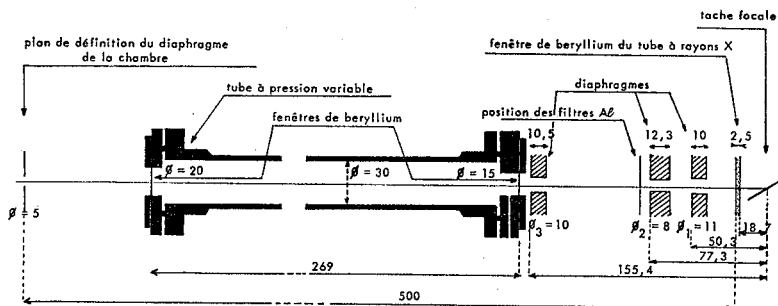


Fig. 13. — Représentation schématique du dispositif expérimental pour la comparaison des étalons d'exposition. (Cotes en millimètres.)

Diamètre du faisceau dans le plan de définition du diaphragme de la chambre : 37 mm environ.

Pour une chambre d'ionisation donnée, le débit d'exposition en röntgens par seconde se déduit de l'équation

$$(2) \quad \frac{\Delta X}{\Delta t} = \frac{C(\Delta V/\Delta t)2,997_e \times 10^9}{v} \frac{T}{273,15} \frac{760}{p} K_A \cdot K_{sc} \cdot K_e \cdot K_s \cdot K_d \cdot K_t \cdot K_1 \cdot K_p \cdot K_h$$

où

C est la capacité en farads du condensateur utilisé pour déterminer la charge collectée;

$\Delta V/\Delta t$ l'accroissement de potentiel par unité de temps aux bornes du condensateur, en volts par seconde;

v le volume de mesure en cm³;

- T et p la température absolue et la pression dans la chambre d'ionisation lors de l'expérience;
- K_a le facteur de correction pour l'atténuation par l'air à l'intérieur de la chambre;
- K_{sc} le facteur de correction pour le gain d'ionisation dû à la contribution du rayonnement diffusé par l'air; K_{sc} a été déterminé d'après des courbes expérimentales établies précédemment par Ritz (*Radiol.*, 73, 1959, p. 911) et Allisy et Roux (*Acta Radiologica*, 55, 1961, p. 57);
- K_e le facteur de correction pour la perte d'ionisation due au manque d'espacement entre les plaques; K_e a été déterminé d'après les courbes de Ritz (1959);
- K_s le facteur de correction pour la perte d'ionisation due à la recombinaison; K_s a été déterminé d'après l'étude de Niatel (*Phys. Med. Biology*, 12, N° 4, 1967, p. 555) et vérifié expérimentalement;
- K_d le facteur de correction pour l'inhomogénéité du champ électrique dans la zone du volume de mesure;
- K_f le facteur de correction pour l'effet de polarité de la tension collectrice; K_f a été déterminé expérimentalement;
- K_l le facteur de correction dû à la contribution du rayonnement qui traverse les bords du diaphragme. K_l a été estimé d'après Simons (*Phys. Med. Biology*, 6, 1962, p. 561);
- K_p le facteur de correction dû au rayonnement parasite; K_p a été mesuré expérimentalement;
- K_h le facteur de correction pour l'humidité.

Les valeurs de ces différentes corrections et leurs incertitudes sont consignées dans le tableau IV.

TABLEAU IV
Facteurs de correction des chambres d'ionisation et leurs incertitudes

	10 kV			30 kV			50 kV (a)			50 kV (b)	
	BIPM	NBS	NRC	BIPM	NBS	NRC	BIPM	NBS	NRC	BIPM	NBS
K_{sc}	0,994 ₄	0,996 ₀	0,994 ₅	0,995 ₅	0,996 ₇	0,995 ₅	0,997 ₁	0,997 ₈	0,997 ₃	0,996 ₅	0,997 ₄
	+ 0,2%	+ 0,2%	+ 0,2%	+ 0,2%	+ 0,2%	+ 0,2%	+ 0,2%	+ 0,2%	+ 0,2%	+ 0,2%	+ 0,2%
K_e	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₁	1,000 ₀	1,000 ₀	1,005 ₀	1,000 ₂	1,000 ₀	1,001 ₀
	+ 0,1%	+ 0,1%	+ 0,1%	+ 0,1%	+ 0,1%	+ 0,1%	+ 0,1%	+ 0,2%	+ 0,1%	+ 0,1%	+ 0,2%
K_s	1,001 ₁	1,000 ₀	1,001 ₁	1,001 ₀	1,000 ₁	1,001 ₀	1,000 ₇	1,000 ₀	1,000 ₇	1,000 ₇	1,000 ₀
	+ 0,07%	+ 0,07%	+ 0,07%	+ 0,07%	+ 0,07%	+ 0,07%	+ 0,07%	+ 0,07%	+ 0,07%	+ 0,07%	+ 0,07%
K_d	1,000 ₀	1,000 ₃	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₃	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₃	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₃
	+ 0,1%	+ 0,2%	+ 0,1%	+ 0,1%	+ 0,2%	+ 0,1%	+ 0,1%	+ 0,2%	+ 0,1%	+ 0,1%	+ 0,2%
K_f	1,000 ₁	0,999 ₇	1,000 ₄	1,000 ₂	0,999 ₈	1,000 ₄	1,000 ₂	1,000 ₃	1,000 ₃	1,000 ₂	1,000 ₃
	+ 0,06%	+ 0,08%	+ 0,04%	+ 0,04%	+ 0,04%	+ 0,02%	+ 0,09%	+ 0,11%	+ 0,11%	+ 0,09%	+ 0,11%
K_g^*	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀
K_p^*	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀	1,000 ₀

* Les incertitudes sur ces facteurs sont négligeables (< 0,01%).

Lors de la comparaison de deux chambres d'ionisation A et B, le même condensateur et le même ΔV ont été utilisés pour les deux chambres. Nous avons supposé que la correction K_h était identique. L'équation (3) nous donne le rapport des débits d'exposition :

$$(3) \quad \frac{(\Delta X/\Delta t)_A}{(\Delta X/\Delta t)_B} = R \frac{v_B (K_{sc} \cdot K_e \cdot K_s \cdot K_f \cdot K_l \cdot K_p)_A}{v_A (K_{sc} \cdot K_e \cdot K_s \cdot K_f \cdot K_l \cdot K_p)_B}$$

Résultats

Étude préliminaire. — Le rayonnement émis sous 10 kV ayant été choisi à cause de la forte atténuation par l'air, nous avons fait une étude comparative de deux méthodes de mesure : celle qui est utilisée au Bureau International et qui consiste à faire varier la pression dans le tuyau, et la méthode préconisée par Day et Taylor (*Radiol.*, 52, 1949, p. 239), qui implique un déplacement de la chambre d'ionisation tout en laissant son diaphragme fixe. Les rapports des corrections $(K_a)_{NBS}$ et $(K_a)_{BIPM}$, obtenus expérimentalement à 10 kV par les deux méthodes, sont en accord à 0,02 % près.

D'autre part, des mesures ont été effectuées afin de dépister d'éventuelles erreurs systématiques dues à la dimension de la tache focale du tube à rayons X. Cette tache, de forme approximativement carrée et dont les dimensions varient avec la tension appliquée au tube, s'inscrit en effet dans un cercle de diamètre légèrement supérieur à 5 mm (diamètre des diaphragmes des chambres d'ionisation). Il est difficile, dans ces conditions, de parler d'un centrage effectif du faisceau de rayons X et de prédire l'influence des zones de la tache focale extérieures à un cercle de 5 mm de diamètre. Des comparaisons systématiques ont donc été faites avec les qualités de rayonnement citées plus haut, entre les diaphragmes N.B.S. et B.I.P.M. d'une part, et N.R.C. et B.I.P.M. d'autre part. Les résultats, reportés sur la figure 14, montrent une évolution du rapport des superficies

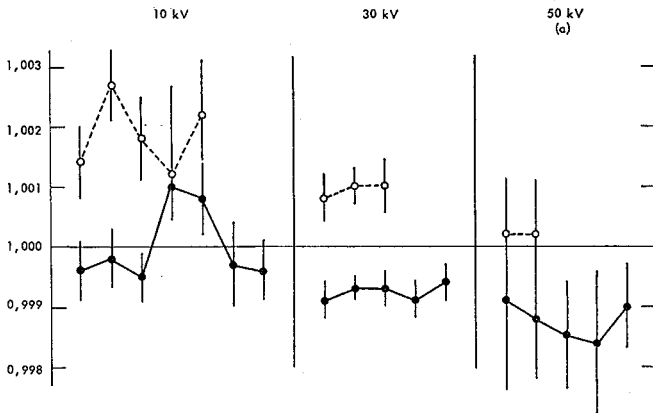


Fig. 14. — Comparaison des diaphragmes B.I.P.M., N.B.S. et N.R.C. I/S = courant d'ionisation par unité de superficie des diaphragmes.

$$\circ \frac{(I/S)_{BIPM}}{(I/S)_{NBS}} \quad \bullet \frac{(I/S)_{BIPM}}{(I/S)_{NRC}}$$

Les longueurs des barres d'incertitude représentent $\pm 3 \sigma$.

apparentes des diaphragmes avec la tension appliquée au tube à rayons X; on ne saurait cependant affirmer que cette évolution est due au changement de forme du foyer dépendant de la tension : des mesures ultérieures utilisant le petit ou le grand foyer semblent en effet indiquer que ce rapport est insensible aux variations de dimensions de la tache focale; il ne dépendrait donc que de la qualité du rayonnement.

Comparaison proprement dite. — Les résultats des comparaisons entre les chambres d'ionisation du N.B.S. et du B.I.P.M. d'une part, du N.R.C. et du B.I.P.M. d'autre part, sont consignés dans le tableau V. Les écarts-types expérimentaux à court terme σ_{ct} et à long terme σ_{lt} , ainsi que les incertitudes systématiques, sont également notés. Sur la figure 15 nous avons tracé en traits pleins les résultats en prenant les superficies des diaphragmes mesurées mécaniquement, et en pointillés les résultats compte tenu des rapports ionométriques des superficies des diaphragmes. On peut noter que pour le rayonnement émis sous 50 kV les chambres d'ionisation du B.I.P.M. et du N.B.S. donnent des résultats sensiblement différents. Le désaccord provient vraisemblablement d'une correction K_e insuffisante pour la chambre du N.B.S.

TABLEAU V

Résultats de la comparaison des chambres d'ionisation du B.I.P.M., du N.B.S. et du N.R.C.

Date	$\frac{(\Delta X/\Delta t)_{BIPM}}{(\Delta X/\Delta t)_{NBS}}$				Date	$\frac{(\Delta X/\Delta t)_{BIPM}}{(\Delta X/\Delta t)_{NRC}}$		
	10 kV	30 kV	50 kV (a)	50 kV (b)		10 kV	30 kV	50 kV (a)
19.9.1966	1,002 ₃				27.9.1966	0,999 ₂	1,000 ₂	1,000 ₆
19.9	1,002 ₆	1,000 ₉	1,005 ₇		28.9	0,999 ₂	0,999 ₈	1,000 ₈
20.9	1,002 ₃	1,000 ₉	1,005 ₀		4.10	0,999 ₇	0,999 ₂	1,000 ₇
21.9	1,002 ₈	1,001 ₁		1,003 ₃	5.10	0,999 ₃	0,999 ₆	1,000 ₀
22.9		1,001 ₄	1,005 ₁		6.10	0,999 ₂	0,999 ₇	1,000 ₃
23.9			1,005 ₃					
Moyenne	1,002 ₅	1,001 ₁	1,005 ₃	1,003 ₃	Moyenne	0,999 ₃	0,999 ₇	1,000 ₅
σ_{ct}	0,02 ₄ %	0,01 ₂ %	0,03 ₄ %	0,05 ₄ %	σ_{ct}	0,01 ₂ %	0,00 ₈ %	0,03 ₄ %
σ_{lt}	0,02 ₄ %	0,02 ₄ %	0,03 ₁ %		σ_{lt}	0,01 ₇ %	0,03 ₆ %	0,03 ₃ %
Erreurs systématiques	0,4%	0,4%	0,4%	0,4%	Erreurs systématiques	0,2%	0,2%	0,3%
Incertitude due à la tache focale	-0,19%	-0,10%	-0,02%		Incertitude due à la tache focale	0	+0,08%	+0,12%

Variations du débit d'exposition. — Depuis la comparaison entre les étalons d'exposition du B.I.P.M., du N.B.S. et du N.R.C., le débit d'exposition à 10 kV et à 50 kV est mesuré systématiquement afin de surveiller son évolution éventuelle, ceci dans le cadre des comparaisons futures avec des étalons d'autres laboratoires.

Nous avons reporté sur la figure 16 les résultats des mesures qui s'échelonnent sur une période d'environ neuf mois. L'écart-type à long terme σ_{lt} est du même ordre pour les mesures à 10 kV et à 50 kV. La possibilité d'une évolution n'est pas entièrement exclue.

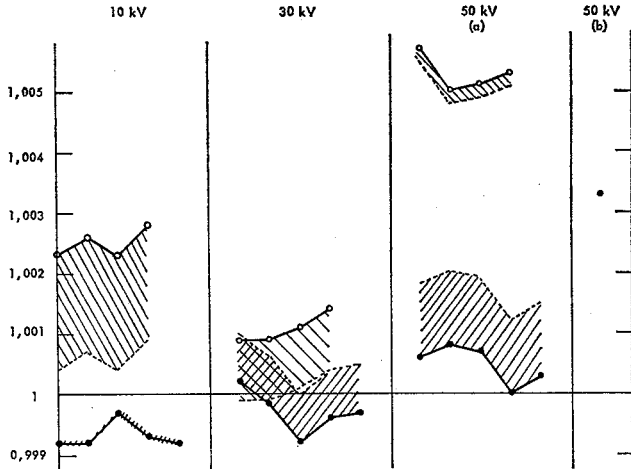


Fig. 15. — Résultats de la comparaison des chambres d'ionisation du B.I.P.M., du N.B.S. et du N.R.C.

$$\circ \frac{(\Delta X/\Delta t)_{\text{BIPM}}}{(\Delta X/\Delta t)_{\text{NBS}}} \quad \bullet \frac{(\Delta X/\Delta t)_{\text{BIPM}}}{(\Delta X/\Delta t)_{\text{NRC}}}$$

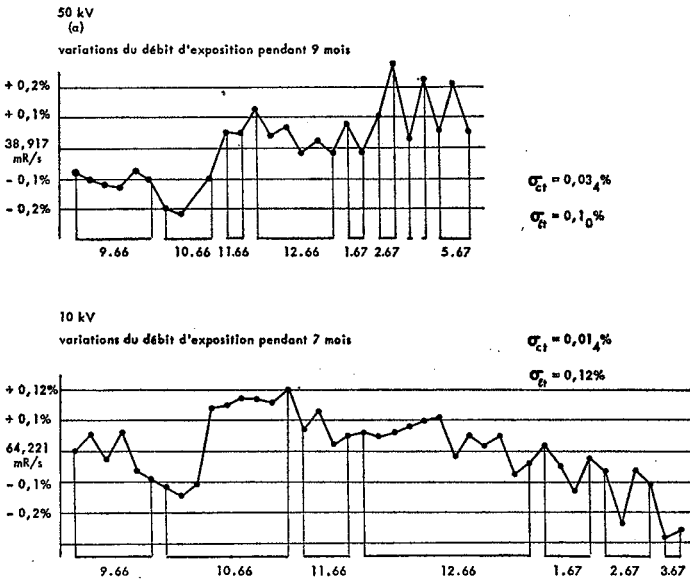


Fig. 16. — Variations du débit d'exposition émis par le générateur alimenté sous 50 kV (a) et sous 10 kV.

Radionucléides

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

a. La comparaison internationale de la méthode $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$ au moyen du ^{60}Co (mars-avril 1963, voir C.C.E.M.R.I. 5^e session, 1964, p. 67) avait

montré clairement que les méthodes courantes de dilution et de préparation de sources donnent souvent lieu à des désaccords considérables, dépassant le pourcent. Les deux comparaisons suivantes ($^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ et ^{54}Mn), n'ayant pas apporté beaucoup de clarté à ce sujet, il s'imposait de consacrer une comparaison entière à ces questions purement techniques mais non moins importantes. Il était tout indiqué de se servir de nouveau du ^{60}Co . Le National Physical Laboratory (Grande-Bretagne), avait accepté de préparer et de distribuer les ampoules de solutions.

Vu le grand nombre de sources à préparer et à mesurer, et de renseignements à fournir par les participants, nous avons d'abord déterminé, à l'aide d'un questionnaire, la date convenant le mieux à tous. En outre, nous avons organisé une comparaison préliminaire dans des conditions analogues mais entre trois laboratoires seulement. Ceci permettait d'essayer l'organisation et les formulaires destinés à la consignation des résultats. Voici le résumé des résultats de cette comparaison préliminaire du ^{60}Co :

Activité massique
(Moyenne pondérée et écart-type; unité $\text{s}^{-1} \text{mg}^{-1}$)

	Solution		Rapport de concentration
	faible	forte	
N.P.L.	$132,16 \pm 0,03$	$2\,583,64 \pm 0,39$	$19,554 \pm 0,002$ (*)
B.C.M.N.	$133,30 \pm 0,07$	$2\,592,55 \pm 0,45$	$19,549 \pm 0,005$
B.I.P.M.	$132,30 \pm 0,04$	$2\,590,35 \pm 0,18$	$19,488 \pm 0,011$
			$19,579 \pm 0,003$

(*) Valeur obtenue par pesée directe.

La cause de ces désaccords importants n'a pas pu être déterminée avec certitude, d'où l'intérêt de la comparaison complète qui a suivi.

Cette comparaison complète a commencé en avril 1967 et a groupé 25 laboratoires y compris le Bureau International. A la fin août tous les participants avaient communiqué leurs résultats, sauf un laboratoire qui avait abandonné. Le formulaire pour cette comparaison a été rédigé avec un soin particulier; il contient sur dix-neuf pages des questions, des instructions et des explications. Il est conçu de manière à recueillir autant de renseignements utiles que possible. Les participants doivent effectuer un grand nombre de calculs. En revanche, le dépouillement des résultats sera relativement simple et ne nécessitera pas beaucoup de calculs supplémentaires. Nous avons veillé spécialement à une analyse critique des erreurs statistiques et systématiques.

Une cinquantaine de sources ont été préparées. Chacune a été mesurée pendant deux heures environ; les calculs pouvaient être faits pendant le comptage. La première partie du rapport sur cette comparaison, qui contient tous les résultats rassemblés, sera distribuée au cours du mois d'octobre 1967.

b. Nous avons organisé en commun avec l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique à Vienne une « table ronde » où ont été discutées nos comparaisons de solutions de ^{60}Co , ^{241}Am , $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ et ^{54}Mn . Le compte rendu rédigé par le Bureau International a été distribué à tous les participants au « Colloque sur la normalisation des radionucléides » qui précédait la « table ronde » (voir p. 86).

c. La deuxième partie du rapport de la comparaison internationale d'une solution de $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ par la méthode $4\pi\beta(\text{CP})$ a été distribuée le 12 juin 1967 (voir p. 86).

Sources étalons de ^{60}Co , ^{54}Mn et $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ (C. Colas, C. Veyradier, A. Rytz)

Plusieurs laboratoires nous ont demandé des sources solides étalonnées. Voici la liste de ces laboratoires et le nombre de sources fournies :

	^{60}Co	^{54}Mn	$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$
I.E.A. (São Paulo)	4	2	2
I.S.N. (Belgrade)	2	2	—
U.V.V.V.R. (Prague)	4	—	—
Euratom (Ispra)	—	2	—

Toutes ces sources sont des dépôts électrolytiques sur des films dorés de vyns. Aucune d'entre elles n'a souffert par le transport.

L'auto-absorption des deux sources de $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ distribuées ne pouvait pas être mesurée; nous l'avons déterminée pour quelques sources surnuméraires. Comme elle était très faible, il était légitime d'appliquer la même correction aux sources distribuées. En outre, ces sources demandent un temps d'attente de quatre semaines, car les deux corps radioactifs ne sont pas à l'équilibre après le dépôt électrolytique.

Expériences concernant la technique de préparation des dilutions et des sources
(C. Colas)

Comme nous avons dû remplacer l'ancien modèle de flacons en polythène (pycnomètres) par un nouveau, nous avons repris toutes les expériences destinées à déterminer le taux d'évaporation et de diffusion. Les résultats sont très voisins des chiffres trouvés pour l'ancien modèle.

La pesée différentielle d'une goutte prélevée au « pycnomètre », telle qu'elle est pratiquée lors de la préparation d'une source, peut être simulée en effectuant toutes les manipulations avec le « pycnomètre » vide et en retirant de la balance à chaque fois une masse étalonnée. Un désaccord entre la masse retirée et la différence des deux lectures pourrait, par exemple, être dû à des forces électrostatiques. Cependant, nous n'avons pas pu déceler de désaccords notables.

Le séchage par congélation des sources préparées donne parfois des dépôts plus uniformes qui conduisent à des corrections d'auto-absorption plus faibles. Nous avons entrepris plusieurs séries d'essais et trouvé une légère amélioration dans la plupart des cas. Toutefois, une application générale de cette technique délicate ne semble pas justifiée.

Les dilutions de solutions radioactives doivent être parfaitement homogènes, mais on hésite généralement à agiter les fioles plus qu'il n'est nécessaire pour diminuer le risque de perdre une partie non homogène de la dilution. Nous avons mesuré l'activité massique de plusieurs dilutions semblables qui avaient été agitées plus ou moins fortement. Ces expériences, qui ne sont pas encore très concluantes et qui seront à refaire, indiquent que le mélange ne s'établit pas tout seul mais qu'il suffit de l'agiter relativement peu.

Spectromètre α (A. Rytz, B. Grennberg*)

Une commission *ad hoc*, qui s'est réunie au Bureau International les 28 et 29 septembre 1966, a été convertie plus tard en « Groupe de travail pour

les étalons d'énergie α . Ce Groupe ayant souligné l'importance de nouvelles mesures absolues d'un grand nombre d'énergies α , ainsi que le fait que le Bureau International est particulièrement bien placé pour ces mesures, nous avons activé les travaux de construction d'un spectromètre magnétique semi-circulaire. A la même époque, B. Grennberg, physicien de l'Institut de Physique de l'Université d'Uppsala (Suède), est venu se joindre au groupe des radionucléides pour une durée de deux ans. Sa présence représente une augmentation substantielle de la capacité de travail et assure un progrès rapide des travaux, laissant espérer que les mesures débiteront dans un proche avenir.

L'électro-aimant de 8 500 kg, construit selon nos spécifications par l'entreprise Tek-Elec à Sèvres, est représenté à la figure 17. Il est construit en acier de Pamiers « 850 spécial recuit » et porte deux bobines en tube de cuivre à section carrée. Les bobines de 72 spires chacune sont refroidies à l'eau en circuit fermé. Un échangeur de chaleur permet d'évacuer la chaleur par l'eau de ville. L'alimentation stabilisée, également construite

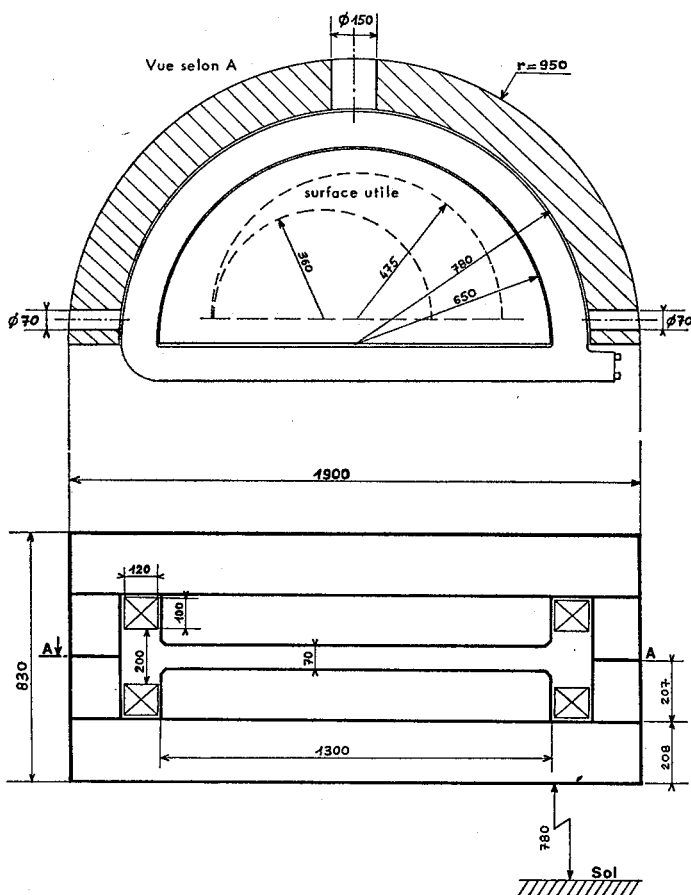


Fig. 17. — Sections horizontale et verticale de l'électro-aimant pour spectrométrie α . (Cotes en millimètres.)

par Tek-Elec, fournit un courant de 50 à 500 A, constant à 10^{-5} près. On obtient un champ de 1 T avec 450 A environ. La consommation est alors de 62 kVA et 4 000 l d'eau par heure sous $1,8 \times 10^5$ N/m². Nous avons installé un nouveau câble triphasé entre la distribution (salle S 12) et l'alimentation.

Pour la mesure du champ magnétique, nous avons construit un dispositif à résonance de protons. La sonde peut être déplacée le long d'une trajectoire semi-circulaire à l'intérieur de la chambre à vide. Le rayon et la position du centre sont ajustables. L'homogénéité du champ devra être améliorée au moyen de feuilles de fer et de peinture ferromagnétique.

La chambre à vide est construite en acier inoxydable; elle est munie des ouvertures nécessaires pour l'introduction du spectrographe et des appareils auxiliaires. Une pompe à palettes Beaudoin à deux étages (20 m³/h) et une pompe turbo-moléculaire Pfeiffer (900 m³/h) assureront une évacuation rapide et un vide élevé et très propre. La figure 18 montre l'état des installations en juin 1967.

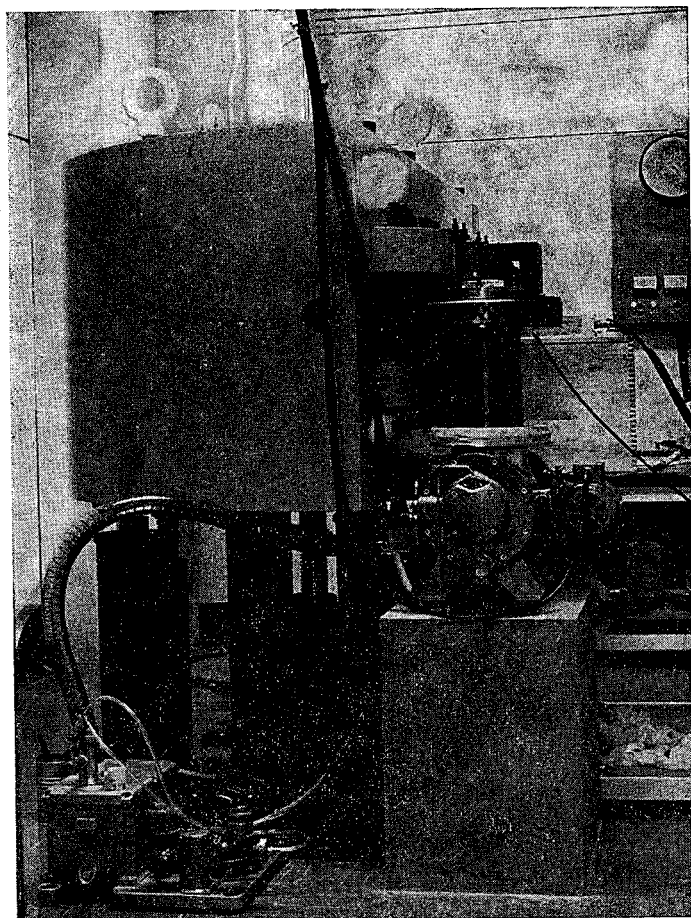


Fig. 18. — Vue d'ensemble de l'installation pour spectrométrie α .

Le spectrographe, en construction dans nos ateliers, portera un diaphragme en tantale et une plaque photographique pour détecter l'endroit d'impact de chaque particule α . La plaque sera en contact avec une série de fentes fines munies de sources d'un émetteur α à période longue qui marqueront des traits fins de référence. Des essais ont montré l'efficacité de cette méthode. La distance entre le diaphragme et les fentes de référence pourra être mesurée au moyen d'un comparateur du Bureau International. La barre de molybdène reliant le diaphragme et le porte-plaque sera plongée dans un circuit d'eau à température contrôlée.

La salle R 24 transformée en laboratoire de photographie servira à développer les plaques nucléaires (Ilford K 2) exposées aux rayons α . La forme des raies dépendra des conditions de la source. L'énergie correspondant à une raie sera obtenue après extrapolation du profil selon une fonction dépendant de la matière inactive couvrant la source. Des calculs appliqués à des mesures anciennes semblent confirmer l'utilité de cette méthode.

Étude de phénomènes statistiques (J. W. Müller, P. Bréonce)

Plus on utilise des méthodes raffinées pour les mesures radioactives, plus on est obligé d'étudier les répercussions des lois de la statistique mathématique sur les résultats expérimentaux pour arriver à une interprétation correcte. En ce qui concerne les travaux effectués dans la Section des radiations ionisantes, il y a surtout deux domaines d'application des considérations statistiques. D'une part, elles sont indispensables pour une compréhension approfondie des processus purement aléatoires qui sont à la base de maintes quantités mesurées (par exemple, formation d'une impulsion dans un compteur proportionnel ou dans un cristal à scintillations, formation des coïncidences fortuites). D'autre part, on cherche par de telles considérations à extraire le maximum d'informations utiles des données directement observées et considérées comme des échantillons. Il va sans dire que, dans toute mesure de haute précision, l'évaluation réaliste de quantités portant sur la précision des résultats (par exemple sous forme d'écart-types ou de limites de confiance) joue un rôle décisif car c'est cette grandeur qui détermine la valeur d'une mesure. Parfois, une telle étude permet de mettre en évidence la présence d'erreurs systématiques encore inconnues qu'il faudra éliminer par une modification des méthodes de mesure.

Pour perfectionner nos connaissances sur les corrections à appliquer à la mesure absolue d'activités par la méthode des coïncidences $4\pi\beta - \gamma$, nous avons d'abord commencé par une étude rigoureuse des effets introduits par les temps morts. Entre autres résultats, cela nous a permis de corriger des conclusions sur ce même sujet (N. Pacilio, *Nucl. Instr. and Meth.*, 42, 1966, p. 241) qui surestiment la modification introduite par un temps mort dans une distribution de Poisson.

Nous avons fait plusieurs études dans ce domaine, portant les titres suivants :

- On a simple method for simulating energy losses;
- Construction of an electronic internal displayer;
- Superposition de séries d'impulsions;
- Influence du temps mort sur la répartition du nombre d'impulsions enregistrées;
- A propos de la détermination d'écart-types expérimentaux.

Quelques-unes de ces études ont été diffusées sous forme de rapports internes.

On a construit un dispositif électronique qui permet de sélectionner dans une série aléatoire d'impulsions produites par une source radioactive deux événements consécutifs pour en mesurer l'intervalle et le faire enregistrer dans un sélecteur multicanaux utilisé en mode multiéchelle. Après accumulation d'un nombre suffisant de mesures, on peut observer directement sur l'écran du sélecteur la répartition des intervalles choisis au hasard (*fig. 19*). Ce même appareil, utilisé après l'introduction d'un temps mort, peut en déterminer les caractéristiques (type, durée). Pour le moment, cependant, on est sévèrement limité par le temps minimal, d'environ $20 \mu\text{s}$, pour progresser d'un canal à l'autre, ce qui ne permet, par conséquent, que l'observation de phénomènes relativement lents. L'étude directe d'impulsions à des taux normalement employés dans nos mesures avec un temps mort de $4 \mu\text{s}$ environ fait appel à un bon convertisseur temps-amplitude.

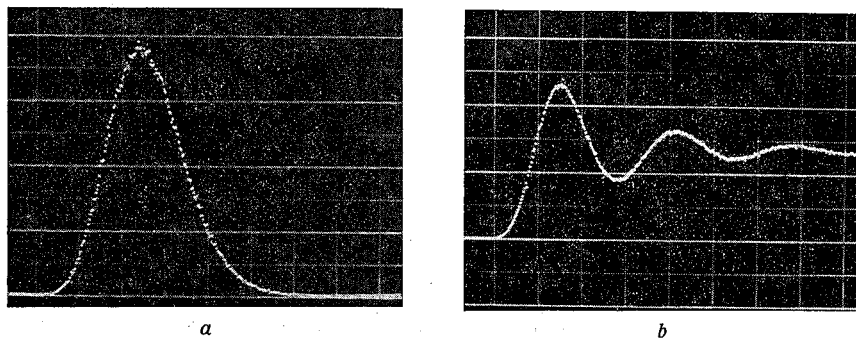


Fig. 19. — Distributions expérimentales d'intervalles.

(Observation des impulsions d'une source radioactive à la sortie d'un diviseur par 16.)

En ordonnées : nombre enregistré par canal;

En abscisses : temps, à partir d'une impulsion.

a. Répartition du premier événement successif (« intervalle »);

b. Répartition de tous les événements successifs (« somme »).

Pour étendre l'utilisation du dispositif décrit, des circuits supplémentaires sont en construction. Dans sa version finale, l'appareil nous fournira une simulation complète des divers processus compliqués, permettant ainsi de déterminer d'une manière directe les corrections à appliquer au taux de coïncidences observé.

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

Source de neutrons rapides $D(d, n)^3\text{He}$ (Voir Rapport 1966, p. 71)

Les études poursuivies au cours de cette année sur la mesure absolue de la source de neutrons rapides $D(d, n)^3\text{He}$ obtenue par interaction nucléaire de deutons accélérés à 100 keV et projetés sur une cible de deutérium ont consisté essentiellement :

— en une meilleure définition de la source par séparation magnétique des faisceaux atomique et moléculaire de deutons;

- dans l'utilisation de cibles de titane deutéré;
- dans la mise au point d'une détection de neutrons par protons de recul émis par un radiateur hydrogéné, et analysés par une jonction au silicium à barrière de surface.

1. *Séparation magnétique des faisceaux atomique et moléculaire. Alignement du faisceau atomique.* — Pour mieux définir la source de neutrons $D(d, n)^3\text{He}$ on a séparé dans le faisceau de deutons extraits de la source d'ions, après accélération, le faisceau moléculaire du faisceau atomique par déviation magnétique. La source de neutrons est ainsi plus reproductible dans le temps puisqu'elle ne dépend plus de la composition relative atomique/moléculaire, composition qui est fonction à la fois de la pression dans la source d'ions et de la puissance de l'oscillateur haute fréquence qui alimente la décharge. Par ailleurs, la mesure de la collection des charges électriques sur la cible constitue pour le fonctionnement en faisceau atomique isolé un élément utilisable dans l'étude de la stabilité du rendement de la source. Pour réaliser la séparation magnétique des faisceaux, on dispose d'un électro-aimant dont les bobines sont refroidies par une circulation d'eau et dont les pièces polaires circulaires, planes, sont séparées par un entrefer de 3,5 cm dans lequel est logée la boîte à vide de 15 cm de diamètre où circulent les faisceaux atomique et moléculaire séparés. Dans un champ magnétique de 0,2 T, le faisceau atomique a un rayon de courbure de 40 cm

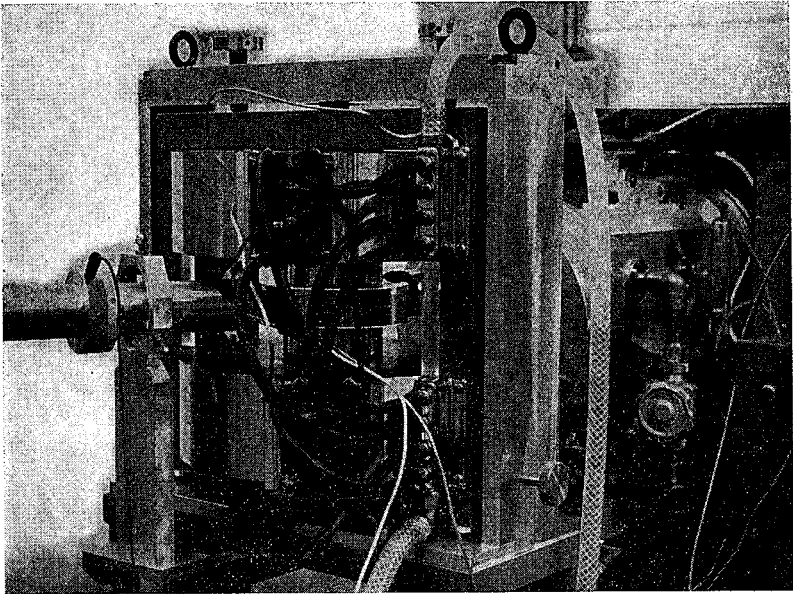


Fig. 20. — Électro-aimant de déviation du faisceau de deutons.

et subit une déviation de 22° ; le faisceau moléculaire à sa sortie de l'électro-aimant est intercepté par un écran de tantale. L'électro-aimant est fixé sur un support permettant le réglage en position et en orientation (fig. 20).

Son courant d'alimentation est stabilisé à 10^{-3} près. Pour effectuer le centrage du faisceau atomique sur la cible on procède aux opérations suivantes :

- réglage en position du canal d'extraction de la source d'ions pour que le faisceau soit centré sur le diaphragme d'entrée de l'électro-aimant;
- mise en place de la boîte de déviation et de l'électro-aimant dont les pièces polaires sont centrées sur la boîte de déviation;
- repérage du courant qui alimente l'électro-aimant pour que le faisceau atomique soit centré sur le diaphragme de sortie;
- mise en place du troisième diaphragme qui sert au réglage de la focalisation du faisceau (on vérifie que pour le courant précédemment repéré le faisceau est centré sur ce diaphragme);
- mise en place du porte-cible;
- centrage et focalisation sur la cible (*fig. 21 et 22*). Avec la géométrie actuelle, la section du faisceau dans le plan de la cible s'inscrit dans un carré de 4 mm de côté.

2. *Cible de titane deutéré. Exploration angulaire des coïncidences.* — Dans le fonctionnement de l'accélérateur en faisceau non analysé, on utilisait comme cible une feuille d'aluminium de 1 mm d'épaisseur dans laquelle le faisceau de deutons fixait le deutérium qui servait de cible. On a été surpris de constater que les cibles formées par occlusion de deutérium par le faisceau atomique séparé du faisceau moléculaire avaient un rendement de neutrons, par unité de charge électrique collectée, huit fois plus faible que celui des cibles formées sans séparation des deux faisceaux. Il est probable que les ions moléculaires, dont l'énergie est la moitié de celle des ions atomiques, se fixent dans la cible plus près de la surface et contribuent ainsi à la réaction avec un rendement relatif important. Ce phénomène nous a obligés à renoncer aux cibles de deutérium formées par auto-occlusion sur aluminium, car le taux d'émission de neutrons des sources ainsi formées est insuffisant pour effectuer des mesures précises d'une durée ne dépassant pas la journée.

Le nouveau type de cible que nous utilisons est une cible commerciale préformée, de type classique, de deutérium adsorbé dans une couche de titane de 1 mg/cm^2 évaporé sur un support de cuivre de 0,3 mm d'épaisseur. Dans une cible pour laquelle le rapport de noyaux $\text{Ti/D} = 0,75$, un courant de $20 \mu\text{A}$ produit une source de neutrons de 2×10^6 neutrons par seconde. Le rendement de la source reste stable pendant les mesures journalières et présente des fluctuations de ± 10 pour cent d'une journée à l'autre. La distribution d'énergie des particules ^3He de la réaction $\text{D(d, n)}^3\text{He}$ qui sont analysées par la jonction au silicium reste stable; cette circonstance est favorable à la détermination expérimentale en bonne résolution angulaire de la distribution spatiale des neutrons qui sont en coïncidence avec les particules ^3He détectées suivant une direction fixe. La distribution angulaire des coïncidences traduit le rendement relatif de chaque tranche de la cible. On peut alors, sans avoir à formuler des hypothèses incertaines sur l'homogénéité du deutérium contenu dans la cible et sur l'énergie moyenne des deutons qui contribuent au rendement de la réaction, calculer le facteur de conversion qu'il faut utiliser pour avoir la distribution angulaire dans le centre de masse à partir de la distribution angulaire dans le système du

laboratoire. Un dispositif mécanique qui assure une bonne reproductibilité de position du détecteur de neutrons et une rotation précise autour du centre de la source de neutrons a été réalisé. Un détecteur de neutrons comportant un scintillateur hydrogéné de 1 cm de diamètre accolé à un photomultiplicateur Dario de type XP 1110 a été assemblé pour cette mesure.

3. *Détection des neutrons par protons de recul émis par un radiateur et analysés par une jonction au silicium.* — La détection des neutrons par plastique scintillant et photomultiplicateur que nous avons utilisée en premier lieu a le grand avantage d'avoir une bonne efficacité, de l'ordre de 10 pour cent pour un disque de polyéthylène de 1 cm d'épaisseur; cependant ce détecteur a l'inconvénient d'être sensible au rayonnement γ à un seuil d'énergie de 60 keV lorsqu'on fixe le seuil de détection des protons de recul à 600 keV; par ailleurs, son gain est sensible aux variations de température et sa réponse n'est pas linéaire en énergie. Ces considérations rendent son emploi délicat comme instrument de transfert pour une éventuelle comparaison de mesure de fluence de neutrons rapides entre laboratoires. Nous nous sommes donc proposé d'utiliser également un mode de détection insensible au rayonnement γ et d'un emploi plus reproductible entre laboratoires. Cette détection, qui est malheureusement 200 fois moins efficace, consiste à placer dans une enceinte sous vide un radiateur de polyéthylène de 0,2 mm d'épaisseur, épais pour les protons de recul les plus énergiques, disposé à 2 mm devant une jonction au silicium (*fig. 23*); un amplificateur



Fig. 23. — A droite: Ensemble porte-cible avec sa jonction pour le comptage des particules chargées. A gauche: Détection des neutrons par radiateur hydrogéné et jonction.

linéaire permet d'analyser la distribution d'énergie des protons de recul; un étalonnage préalable de la jonction définit le seuil de détection. Nous avons également utilisé une variante de ce mode de détection, dans laquelle le radiateur épais est remplacé par un radiateur de paraffine mince de $3,5 \text{ mg/cm}^2$ disposé à 1 cm de la surface de la jonction; on a ainsi une distribution de protons de recul étalée autour d'une énergie moyenne et par suite une efficacité qui est moins dépendante du seuil de détection; cependant cet avantage est compensé par une efficacité trois fois plus faible. A titre d'exemple, le tableau VI montre comment se présentent les conditions de mesure avec ces deux variantes.

TABLEAU VI

Détection par proton de recul avec radiateur + jonction

Radiateur épais
(20 mg/cm² (0,2 mm) de polyéthylène
placé à 2 mm devant la jonction)

Radiateur mince
(3,5 mg/cm² de paraffine placée
à 1 cm devant la jonction)

Distance cible-radiateur (cm)	2,72		2,00		
	avec radiateur	sans radiateur	avec radiateur	sans radiateur	
Charges électriques collectées sur la cible (10 ⁵ μC)	3,46	3,29	3,00	3,10	84
Durée de la mesure (10 ⁴ s)	1,73	1,645	1,50	1,55	
Comptage ³ He (10 ⁶)	2,968	2,962	2,991	2,965	
Comptage des protons de recul émis par le radiateur pour un seuil de détection de 900 keV	2,331 × 10 ⁵	8,97 × 10 ³	1,244 × 10 ⁵	9,32 × 10 ³	
Rapport « sans radiateur/avec radiateur »	1 443	11	553	8	7,5 %
Coincidence neutron- ³ He	4,83 × 10 ⁻⁴	3,664	1,85 × 10 ⁻⁴	3,657	
Efficacité de détection mesurée	3,693	11,1	3,657	11,8	
Comptage ¹ H de la réaction D(d, p) ³ H (× 10 ⁶)	10,7		12,2		
Rendement de la cible en ¹ H/μC					

4. *Mesures de fluence.* — Avant d'avoir effectué la séparation magnétique des faisceaux de deutons atomique et moléculaire, quatre séries de mesures de fluence effectuées avec le dispositif porte-cible comportant la détection ^3He à 150° , dans des conditions géométriques mieux définies, avaient confirmé qu'il subsistait un écart systématique de 2 à 3 pour cent entre la mesure déduite du comptage de la particule associée ^3He et la mesure déduite de la détection des neutrons par le plastique scintillant dont l'efficacité est déterminée par la coïncidence neutron- ^3He . Depuis que nous travaillons avec le faisceau de deutons atomique, des mesures préliminaires indiquent que cet écart subsiste. Diverses hypothèses devront être vérifiées pour l'expliquer. Dans l'état actuel de nos mesures de fluence une erreur systématique de l'ordre de grandeur de cet écart est possible.

Mesures comparatives internationales de densité de flux de neutrons thermiques effectuées dans les empilements modérateurs étalons des laboratoires nationaux (Voir Rapport 1966, p. 73)

Les dix laboratoires qui ont finalement participé à cette comparaison ont terminé leurs mesures qui ont comporté au total seize comparaisons entre laboratoires. E.J. Axton (N.P.L.) et R.S. Caswell (N.B.S.) procèdent indépendamment à l'analyse de ces résultats suivant des méthodes qu'ils ont exposées au cours de la réunion du Groupe de travail qui s'est tenue au Bureau International les 19, 20 et 21 septembre 1966.

Travaux en liaison avec des organismes internationaux et nationaux

Le projet de la 3^e édition du Vocabulaire International de l'Éclairage, dont il a été fait mention dans les précédents Rapports, est pratiquement achevé. Cet important travail, qui donnera lieu à une publication commune de la Commission Internationale de l'Éclairage (C.I.E.) et de la Commission Électrotechnique Internationale (C.E.I.), a été poursuivi depuis 1960 par le Comité d'Experts E-1.1 de la C.I.E. dont j'assume la présidence, avec H. Moreau comme secrétaire. A cette occasion, j'ai assisté à Washington, du 15 au 23 juin 1967, à la 16^e session de la C.I.E.; H. Moreau a également assisté à cette session, du 19 au 29 juin, ses frais de voyage et de séjour ayant été couverts par le Comité Français de l'Éclairage et par une aide financière obtenue auprès de la société américaine « Photo Research Corporation ».

Le Bureau apporte par ailleurs sa contribution aux travaux de diverses organisations internationales et nationales de normalisation (*voir* aussi Voyages et visites du personnel).

Documentation. Système Métrique (H. Moreau)

Les demandes d'informations sur des questions d'unités et de métrologie en général sont toujours aussi nombreuses. A signaler notamment les demandes émanant de l'Éthiopie, du Pakistan et de l'Organisation commune de trois pays de l'Est-africain (Kenya, Ouganda, Tanzanie) qui ont décidé d'adopter le Système Métrique.

A la suite de la déclaration du Gouvernement britannique en 1965, en faveur d'un usage progressif de plus en plus étendu des mesures métriques dans les industries britanniques, la question métrique retient de nouveau l'attention des pays qui, tout en ayant reconnu légalement le système

métrique, utilisent toujours les mesures anglo-saxonnes comme système de mesures courant. La plupart de ces pays ont créé des commissions pour étudier les possibilités et les conséquences d'un changement de système de mesures.

Un résumé de la situation du SI dans les pays membres de la Convention du Mètre et des récents progrès du Système Métrique dans le monde sera présenté à la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures en octobre 1967.

Publications du Bureau (H. Moreau)

Depuis octobre 1966, le Bureau a publié les travaux suivants :

1^o *Comité Consultatif de Photométrie*, 6^e session (1965), avec 10 annexes dont les Rapports du Groupe de travail de l'étalon primaire photométrique et le Rapport sur la première comparaison des étalons nationaux de température de répartition.

2^o *Comité Consultatif d'Électricité*, 11^e session (1965), avec le Rapport du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences et 18 annexes, dont les Rapports sur les comparaisons périodiques (10^e) des étalons nationaux de résistance électrique et de force électromotrice, et sur la première partie de la comparaison circulaire des étalons de capacité voyageurs au mica de 0,1 μ F.

3^o *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures*, tome 34 (55^e session, octobre 1966).

4^o « Kilogrammes prototypes » par A. Bonhoure (1966), fascicule 3 du tome 22 des *Travaux et Mémoires du B.I.P.M.*

Ce fascicule termine le tome 22 des *Travaux et Mémoires* et marque la fin de cette collection dont le Comité International a décidé l'arrêt à sa session de 1966. Il est prévu que les travaux du Bureau International (articles publiés dans *Metrologia* et dans d'autres revues scientifiques, rapports multicopiés) seront à l'avenir tirés à part et rassemblés périodiquement pour constituer un « Recueil de Travaux du B.I.P.M. » qui prendra la suite de la collection arrêtée.

5^o Trois rapports multicopiés :

— Rapport sur la comparaison internationale de la mesure du taux d'émission de la source de neutrons Ra — Be (α , n) du Conseil National de Recherches N^o 200-1 par la méthode de ralentissement des neutrons dans une solution de sulfate de manganèse, par V. Naggiar (février 1967).

— Panel meeting. Discussion of four international comparisons of radionuclide solutions organized by the B.I.P.M., par A. Rytz (avril 1967).

— Comparaison internationale d'une solution de ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y par la méthode $4\pi\beta$ (CP), février 1964; 2^e partie: Analyse des résultats, par A. Rytz (juin 1967).

Ces trois rapports seront publiés dans le *Recueil de Travaux du B.I.P.M.*, Volume 1.

Publications extérieures

TERRIEN (J.), The work of the Bureau International des Poids et Mesures concerning electromagnetic units and measurements, *IEEE Trans. on Instrum. and Measurement*, IM-15 N^o 4, 1966, pp. 140-145.

TERRIEN (J.), News from the International Bureau of Weights and Measures, *Metrologia*, 3, N° 1, 1967, pp. 23-25.

TERRIEN (J.), PRESTON-THOMAS (H.), Progress in the definition and in the measurement of temperature, *Metrologia*, 3, N° 1, 1967, pp. 29-31; corrigendum, N° 3, p. 87.

TERRIEN (J.), Les étalons de mesure. In « Standardization of radionuclides », International Atomic Energy Agency, Vienna, 1967, pp. 3-12.

TERRIEN (J.), Étude de profil de raies avec connaissance de la phase, *J. Physique*, 28, 1967, supplément au N° 3-4, pp. C2-3 à C2-10.

ALLISY (A.), Contribution à la mesure de l'exposition produite par les photons émis par le ^{60}Co , *Metrologia*, 3, N° 2, 1967, pp. 41-51.

CARRÉ (P.) et HAMON (J.), Mesure interférentielle de la base géodésique du B.I.P.M., *Metrologia*, 2, N° 4, 1966, pp. 143-150.

RYTZ (A.), Standardization of ^{90}Sr + ^{90}Y by means of a chemical separation. Standardization of Radionuclides, Proceedings of a Symposium, Vienna 10-14 October 1966, I.A.E.A., 1967, pp. 247-256.

NAGGIAR (V.), Neutron flux measurement of a $^2\text{H}(d, n)^3\text{He}$ source. Proceedings of the Institute of Physics and the Physical Society (Radiation Measurement in Nuclear Power, 1966).

NAGGIAR (V.), Comparaison internationale des mesures de taux d'émission de la source de neutrons Ra — Be(α , n) N° 200-1, *Metrologia*, 3, N° 2, 1967, p. 51.

BONHOURE (J.), Manobaromètre pour la mesure absolue des pressions, *Entropie*, N° 13, janvier-février 1967, p. 57.

BONHOURE (J.), Manobaromètre normal à localisation interférentielle des surfaces de mercure. Communication 18-B-8/1, *Congrès Mesucora*, Paris, 17-21 avril 1967.

HALL (J.A.), The radiation measurements of the freezing point of gold, *Metrologia*, 2, N° 4, 1966, p. 166.

HALL (J.A.), The early history of the International Practical Scale of Temperature, *Metrologia*, 3, N° 1, 1967, p. 25.

HALL (J.A.), A design of furnace for very uniform temperatures, *J. Sci. Instr.*, 44, N° 4, 1967, p. 257.

HALL (J.A.) and BARBER (C.R.), The evolution of the International Practical Temperature Scale, *Metrologia*, 3, N° 3, 1967, pp. 78-86.

HALL (J.A.), Platinum resistance thermometry; Paper 1.11 in « Thermometry », compiled by T.D. Bansal, National Physical Laboratory, New Delhi, 1967.

HALL (J.A.), The measurement of temperature. Chapman and Hall, London, 1966, pp. VIII + 96.

Voyages et visites, exposés et conférences du personnel

Dans la liste qui suit, le signe ++ ou + indique que les frais de voyage et de séjour correspondant aux déplacements effectués ont été entièrement (++) ou partiellement (+) pris en charge par un organisme international, national ou privé.

Le directeur du Bureau a effectué les voyages suivants :

— du 5 au 9 septembre 1966, à Munich : Réunion de la Commission I de l'Union Radioscopique Internationale; préparation, avec Mr Barrell, du changement de définition de la seconde;

— avec J.A. Hall, du 10 au 15 septembre 1966, à l'Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, à Leningrad : réunion des Groupes de travail I et II du Comité Consultatif de Thermométrie;

— avec J. Bonhoure, du 16 au 23 septembre 1966, à Moscou : réunions du Comité E-1.2 (Photométrie) de la Commission Internationale de l'Éclairage et du « Groupe de travail de la radiométrie » du Comité Consultatif de Photométrie. Pendant ce séjour à Moscou, le directeur du B.I.P.M. a été reçu par Mr Boitsov, président du Comité des Normes, Mesures et Instruments de Mesure de l'U.R.S.S., et par Mr L. Zaks, directeur de l'Institut des Mesures Physicotechniques et Radiotechniques, qui lui a fait visiter ce laboratoire.

— du 10 au 15 octobre 1966, à l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique et au Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (Vienne) : conférence d'ouverture sur « Les étalons de mesure » au symposium « Standardization of Radionuclides »; préparation, avec Mr Eklund, d'un accord de coopération entre directeurs de l'A.I.E.A. et du B.I.P.M.; présidence de la « table ronde » sur les comparaisons organisées par le B.I.P.M.; visite du Bundesamt et d'un bureau de géodésie avec Mr Stulla-Götz;

— le 12 octobre 1966, à l'Office National des Mesures, à Budapest : réunion avec Mr Honti et des dirigeants du Deutsches Amt für Messwesen und Warenprüfung;

— avec P. Giacomo, le 21 décembre 1966, à l'Institut voor Kernfysisch Onderzoek, à Amsterdam : étude de l'utilisation d'ordinateurs électroniques;

— le 2 juin 1967, sur invitation⁺ du président de la Confédération Helvétique, participation à la cérémonie d'inauguration du nouveau Bureau Fédéral des Poids et Mesures à Berne;

— avec ++H. Moreau et J. Bonhoure, du 15 au 23 juin 1967, à Washington : 16^e session de la Commission Internationale de l'Éclairage, principalement Comités E-1.1 (Vocabulaire-Définitions), E-1.2 (Photométrie) et E-1.4.1 (Vision photopique, mésotopique et scotopique); visite du N.B.S. à Washington et Gaithersburg et entretien avec son directeur Mr A.V. Astin;

— du 2 au 6 juillet 1967, à Varsovie : Congrès IMEKO;

— du 22 au 28 août 1967, à Prague : Assemblée de l'Union Astronomique Internationale, principalement Commissions 14 (Données spectroscopiques fondamentales), 4 (Éphémérides) et 31 (Heure);

— du 29 août au 1^{er} septembre 1967, participation⁺, à titre de membre de la Commission des masses atomiques et constantes associées, à la 3^e Conférence internationale sur les masses atomiques à Winnipeg, Canada, à laquelle A. Rytz est aussi venu assister;

— avec J.A. Hall, du 6 au 14 septembre 1967, à Washington, puis à Ottawa, réunion du Comité Consultatif de Thermométrie; à cette occasion, visite du N.B.S. à Washington et Gaithersburg et entretiens avec son directeur Mr A.V. Astin, visite du Naval Research Observatory et entretiens avec son directeur Mr G.M. Winkler, visite de la division de physique appliquée du N.R.C. à Ottawa.

P. Giacomo et P. Carré ont visité, du 17 au 22 avril 1967, les laboratoires de métrologie fondamentale du National Bureau of Standards à Washington

et à Gaithersburg, et du 24 au 29 avril ceux du Conseil National de Recherches à Ottawa. L'accueil très chaleureux qui leur a été réservé leur a permis de rapporter une ample moisson d'informations pratiques, en particulier sur l'utilisation des calculateurs électroniques.

+P. Giacomo a participé au Colloque sur les couches minces qui s'est tenu à Budapest du 27 juin au 1^{er} juillet 1967, où il a présenté un exposé d'ensemble sur « Les couches minces comme éléments d'optique modernes ».

++A. Allisy a participé aux réunions suivantes :

— du 29 août au 3 septembre 1966, à Ottawa : Groupe de travail IIB (2) de l'I.C.R.U.;

— du 7 au 12 novembre 1966, à Vienne : « In-Pile dosimetry Panel », comme observateur de l'I.C.R.U.;

— le 11 novembre 1966, à Vienne : Commission Mixte de Radioactivité Appliquée;

— le 26 mai 1967, à Bruxelles : Groupe d'études de l'Euratom « Accélérateurs de particules à fort courant »;

A. Allisy a fait les cours et exposés suivants :

— d'octobre 1966 à mai 1967 : Cours de Dosimétrie à l'Institut National des Sciences et Techniques Nucléaires (Saclay) : Description et mesure des champs de rayonnements ionisants (35 leçons);

— 7 décembre 1966 : Exposé sur la mesure de l'exposition des rayons X à l'aide des chambres absolues à parois d'air, à la Société Française de Radioprotection (Paris);

— 3 février 1967 : Exposé sur la thermoluminescence, à la Société Française de Radioprotection.

+P. Carré a représenté le Bureau International aux cérémonies qui ont marqué à Bucarest, du 13 au 16 septembre 1966, le centenaire de l'introduction du Système Métrique en Roumanie.

P. Carré et R. Czerwonka ont assuré le transport des microscopes photoélectriques du comparateur interférentiel, de Sèvres à Genève, le 20 mars 1967. Ils ont pu avoir d'utiles échanges de vues avec les spécialistes de la Société Genevoise, le 21 mars, et ont profité de leur voyage pour visiter le Bureau Fédéral des Poids et Mesures, à Berne, le 22 mars.

A. Rytz a participé, du 10 au 14 octobre 1966, au « Colloque sur la normalisation des radionucléides » à l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique à Vienne, où il a présenté son travail sur l'étalonnage du ⁹⁰Sr + ⁹⁰Y (voir Publications extérieures);

du 17 au 19 octobre 1966, il a pris part au National Physical Laboratory, Teddington, au « Symposium on Liquid Scintillation Counting » et, le 20, au Colloque sur la technique du traceur d'efficacité.

++A. Rytz s'est rendu, le 11 avril 1967, à l'Institut d'Énergie Atomique de l'Université de São Paulo où il a effectué un séjour d'un mois sur invitation de la Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire du Brésil. Il a aidé et conseillé le jeune laboratoire de mesures absolues dans sa première participation à une comparaison organisée par le Bureau International. En outre, il a fait un exposé intitulé « Aspect métrologique de l'étalonnage des énergies alpha ».

A. Rytz a participé du 28 août au 1^{er} septembre 1967 à la 3^e Conférence internationale sur les masses atomiques à Winnipeg. Il a ensuite visité une série de laboratoires : Atomic Energy of Canada Limited à Chalk River, N.R.C. à Ottawa, Département de Chimie de l'Université Laval à Québec, Massachusetts Institute of Technology à Cambridge (Mass.), N.B.S. à Gaithersburg.

J.W. Müller s'est rendu, du 8 au 10 mars 1967, au National Physical Laboratory, Teddington, pour discuter les détails de la comparaison internationale des méthodes de dilution et de préparation de sources au moyen du ⁶⁰Co.

V. Naggiar a pris part, du 12 au 16 septembre 1966, à la conférence « Radiation measurements in nuclear power » à Berkeley, Grande-Bretagne, et du 8 au 12 mai 1967, à la réunion « Panel on nuclear standards needed for neutron cross section measurements » organisée à Bruxelles par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique.

Le 30 juin 1967, après avoir assisté aux réunions de la Commission Internationale de l'Éclairage, à Washington, J. Bonhoure a représenté le Bureau International à la quatrième réunion du « Groupe de travail de l'étalon primaire photométrique » du Comité Consultatif de Photométrie, à Ottawa.

J. Hamon a effectué un séjour de deux semaines à la Physikalisch-Technische Bundesanstalt à Braunschweig, dans le but principal de rapporter à ce laboratoire le calibre d'acier de 1 m mesuré au Bureau et de participer aux mesures faites dans le laboratoire du Dr Engelhard. Il a profité de ce séjour pour visiter les laboratoires de la P.T.B.

R. Czerwonka a suivi, du 19 au 30 juin 1967, le cours de programmation « IBM 1130 », au siège de la Société I.B.M., à Paris.

J.A. Hall a visité l'Institut des Mesures Physicotechniques et Radio-techniques à Moscou et l'Institut de Métrologie D.I. Mendéléév à Leningrad, à l'occasion des réunions des Groupes de travail I et II du Comité Consultatif de Thermométrie, en octobre 1966.

Il a participé à la réunion du Comité I.S.O. TC/48 (Verrerie de laboratoire) à Francfort du 24 au 28 octobre 1966 : séance plénière et Groupes de travail D (Thermométrie) et H (Terminologie).

++J.A. Hall a visité plusieurs laboratoires en Inde et en Italie et a fait divers exposés au cours de ces visites :

— en février et mars 1967, sur invitation du National Physical Laboratory of India, à New Delhi, il a visité ce laboratoire et a donné deux conférences : « Platinum resistance thermometry » (13 février) et « The needs of a metrological laboratory » (23 février). Il a visité également les laboratoires suivants : le Shri Ram Institute of Industrial Technology à New Delhi (avec conférence le 25 février sur « Some aspects of temperature measurement »), l'Indian Institute of Technology à New Delhi (avec conférence le 3 mars sur « The International Practical Scale of Temperature »), le Small Industries Services Institute et le Central Road Research Institute à New Delhi, et la fabrique de thermomètres Hicks à Mussoorie.

— Istituto Termometrico Italiano à Turin et conférence au Politecnico sur « L'Échelle Internationale Pratique de Température » (28 avril 1967).

— le 19 janvier 1967, conférence à l'Université du Surrey, Grande-Bretagne, sur le sujet « Thermometry ».

Visites et stages au Bureau International

Les visites individuelles de personnalités de divers pays, physiciens, professeurs d'Université, et les visites de groupes d'étudiants ou de chercheurs ont été trop nombreuses pour que le détail puisse en être donné. Nous mentionnerons seulement les stages et les visites de plusieurs jours.

Mr V.V. Boitsov, président du Comité des Normes, Mesures et Instruments de Mesure de l'U.R.S.S., et Mr S.S. Popov, chef de direction au même Comité, ont visité le Bureau International en avril 1967.

Mr G. Ruffino, directeur de l'Istituto Termometrico Italiano est venu voir notre manobaromètre et nos installations pyrométriques (8 et 9 juin 1967).

Mr J. Hadja (Institut slovaque de Théorie des Mesures, Bratislava) a visité plus particulièrement les installations de mesures interférométriques (18 au 21 juin 1967).

Mr R.D. Cutkosky (National Bureau of Standards) a fait un séjour au Bureau du 3 au 22 mai 1967 pour procéder à l'installation et à la mise au point du pont de comparaison d'étalons de capacité électrique dont il a été question au chapitre « Électricité », et pour nous instruire dans un domaine dont il est un des meilleurs spécialistes.

Mme Polina Ilie (Institut de Métrologie de Roumanie) a séjourné au Bureau du 23 juin au 4 juillet 1967 pour se familiariser avec nos principaux ponts de mesure et pour participer à l'étalonnage des piles étalons appartenant à son laboratoire.

Mlle M.-T. Niatel, chargée de recherche, et Mme M. Boutillon, attachée de recherche à l'Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (Paris), Mlle A.M. Roux, physicienne, et Mr V.D. Huynh, physicien au Service Central de Protection contre les Rayonnements Ionisants (Paris), ont participé activement au travail du groupe des rayons X et du groupe de mesures neutroniques de la Section des radiations ionisantes du Bureau dans le cadre de l'accord rappelé p. 33.

Mr A. Brosed (Junta de Energia Nuclear, Madrid) effectue un stage dans le groupe des rayons X de la Section des radiations ionisantes depuis le 1^{er} février 1966. Il a effectué un travail sur la mesure de l'exposition produite par les photons émis par le ⁶⁰Co à l'aide d'une chambre à cavité.

Mr P. Lamperti (National Bureau of Standards) et Mr B. Henry (Conseil National de Recherches du Canada) ont pris une part active, le premier du 12 au 28 septembre, le second du 26 septembre au 6 octobre 1966, à la comparaison des étalons d'exposition pour rayons X mous.

Mr Tanarro (Junta de Energia Nuclear) et Mr L.A.W. Kemp (National Physical Laboratory, Teddington) ont visité nos laboratoires des radiations ionisantes, le premier les 18 et 19 octobre 1966, le second les 20 et 21 octobre 1966, pour assurer la liaison de la section des rayons X de leur laboratoire avec celle du Bureau International.

Mr. A. Mesbah (National Physical Laboratory for Metrology, Le Caire) a travaillé dans le groupe des rayons X et γ du 8 mars au 5 mai 1967.

Mr B. Grennberg (Institut de Physique de l'Université d'Uppsala) est arrivé le 27 septembre 1966 pour prendre part, pendant une période de deux ans, à la construction et à l'utilisation du spectromètre d'énergie alpha.

Mmes L.P. de Moura et D.C.C. Reis (Institut d'Énergie Atomique, São Paulo) ont discuté, entre le 19 et le 24 octobre 1966, des problèmes techniques avec le groupe des radionucléides.

Mr K. Pochwalski (Institut Badan Jadrowych, Varsovie) a fait un stage, du 5 au 9 décembre 1966, pour s'initier à nos techniques de préparation et de comptage de sources radioactives.

Mr M. Lacomat (Compagnie Française Thomson-Houston, Paris) a fait un stage d'un mois, en juin 1967, pour s'initier aux méthodes de gravimétrie absolue.

CERTIFICATS. NOTES D'ÉTUDE

Pendant la période du 1^{er} septembre 1966 au 31 août 1967,
28 Certificats et 6 Notes d'étude ont été délivrés.

CERTIFICATS

1966

N°.		
30.	Régllette décimétrique, N° 68, en acier-nickel à 44 ‰	Urad pro Normalizaci, Prague.
31.	Dix piles étalons, N°s 7426, 7427, 7430, 7431, 7432, 7434, 7435, 7436, 7437 et 7439	National Physical Laboratory for Metrology, Le Caire.
32.	Dix piles étalons, N°s 823 à 832	Id.
33.	Fil de 8 m, N° 1160 (addition)	Service Central Hydrographique, Paris.
34.	Quatre fils de 24 m, N°s 1199 à 1202 (addition)	Id.
35.	Calibre étalon en acier, de 1 m	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig.
36.	Régllette décimétrique, N° 4, en acier-nickel à 36 ‰	Roumanie.
37.	Règle de 3 m en invar (addition)	Institut Géographique National, Paris.
38.	Ruban de 4 m en invar, 1551 U N° 116 (addition)	Société Française de Stéréotopographie, Paris.
39.	Ruban de 4 m en invar, N° 254 (addition) ..	Id.
40.	Deux fils de 24 m, N°s S 513 et S 514 (addition)	Id.
41.	Double décimètre en verre, N° 711 (addition)	Carl Zeiss, Oberkochen.
42.	Double décimètre en verre, N° 712 (addition)	Id.

1967

N°

- | | | |
|-----|---|---|
| 1. | Dix piles étalons, N°s 62213, 62217, 62218, 62221, 62230, 63010, 63018, 64115, 64116 et 64118 | National Physical Laboratory for Metrology, Le Caire. |
| 2. | Série de masses de 500 g à 1 g | Id. |
| 3. | Kilogramme en acier inoxydable, N° 70 | Pakistan. |
| 4. | Deux calibres étalons en acier de 200 et 300 mm | C.E. Johansson, Eskilstuna. |
| 5. | Mètre prototype, N° 35 (addition) | National Physical Laboratory for Metrology, Le Caire. |
| 6. | Règle de 1 m, N° 621, en invar | Istituto Geografico Militare, Florence. |
| 7. | Kilogramme en acier inoxydable, N° 69 | Urad pro Normalizaci, Prague. |
| 8. | Six étalons secondaires d'intensité lumineuse, N°s CUJIM 1 à CUJIM 6 (Tc 2854 °K) | Bureau National de la Qualité et des Mesures, Varsovie. |
| 9. | Deux étalons secondaires de flux lumineux, N°s CUJIM 13 à CUJIM 18 (Tc 2353 °K) N°s CUJIM 7 à CUJIM 12 (Tc 2788 °K) | Id. |
| 10. | Deux étalons secondaires de températures de répartition, N°s 705 et 706 | Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Vienne. |
| 11. | Étalon de 0,1 ohm, N° 797 RE 2 | Laboratoire National d'Essais, Paris. |
| 12. | Deux piles étalons, N°s L-349 722 et L-387 913 | Service Belge de la Métrologie, Bruxelles. |
| 13. | Quatre piles étalons (addition) | Manufacture Belge de Lampes et de Matériel Électronique, Bruxelles. |
| 14. | Règle N° 4399, en acier nickelé | Société Genevoise d'Instruments de Physique, Genève. |
| 15. | Cinq piles étalons, N°s 45-64 à 49-64 | Institut de Métrologie de la Roumanie, Bucarest. |

NOTES D'ÉTUDE

1966

- | | | |
|----|--|--|
| 2. | Dix broches et quatre piges en invar | Société Française de Stéréotopographie, Paris. |
| 3. | Fil de 20 m, en invar | Mr A. Poisson, Gennevilliers. |

1967

- | | | |
|----|--|--|
| 1. | Trois rubans, N°s 077, 078 et 079, en invar (addition) | Société Française de Stéréotopographie, Paris. |
|----|--|--|

1967 (suite)

N°

2. Fil de 20 m, N° 177 Mr Babeau, Le Havre.
3. Mesure de la longueur d'onde de cinq
radiations du mercure 198 émises par une
lampe à électrodes Laboratoire Aimé Cotton,
Bellevue.
4. Quatre piles étalons, N°s 2017-57, 2019-57,
2020-57 et 2021-57 Institut de Métrologie de la
Roumanie, Bucarest.

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 1966.

Compte I. — Fonds ordinaires

RECETTES

	francs-or
Actif au 1 ^{er} janvier 1966	355 644,11
Recettes de l'exercice	1 791 498,10
Prélèvement sur le compte « Remboursement aux États »	17 640,00
Total	<u><u>2 164 782,21</u></u>

DÉPENSES

	francs-or
Dépenses budgétaires	1 376 068,57
Différences de change	1 757,17
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1966	<u>786 956,47</u>
Total	<u><u>2 164 782,21</u></u>

DÉTAIL DES RECETTES

	francs-or
Versements de contributions :	
au titre de l'exercice 1966	1 449 017,00
au titre de l'exercice 1965	214 560,00
au titre de l'exercice 1967	92 970,00
	}
	1 756 547,00
Intérêts des fonds	25 268,33
Taxes de vérification	7 680,02
Recettes diverses	2 002,75
Total	<u><u>1 791 498,10</u></u>

DÉTAIL DES DÉPENSES BUDGÉTAIRES

Chapitres	Dépenses de l'exercice	Prévisions budgétaires	Économies	Dépassements
	francs-or	francs-or	francs-or	francs-or
A. Dépenses de personnel :				
1. Traitements.....	673 930,76	750 000	76 069,24	—
2. Allocations familiales.....	45 155,34	48 000	2 844,66	—
3. Sécurité sociale.....	15 440,31	16 000	559,69	—
4. Assurance-accidents.....	6 340,41	6 000	—	340,41
5. Caisse de Retraites.....	60 000,00	60 000	—	—
B. Dépenses de fonctionnement :				
1. Bâtiments (entretien).....	123 548,73	130 000	6 451,27	—
2. Mobilier.....	8 409,76	18 000	9 590,24	—
3. Laboratoire et atelier.....	128 931,94	140 000	11 068,06	—
4. Chauffage, eau, énergie électrique...	37 271,65	60 000	22 728,35	—
5. Assurances.....	3 265,35	5 500	2 234,65	—
6. Impressions et publications.....	16 263,52	35 000	18 736,48	—
7. Frais de bureau.....	19 082,80	28 000	8 917,20	—
8. Voyages.....	12 238,33	12 000	—	238,33
9. Bureau du Comité.....	9 500,00	9 500	—	—
C. Dépenses d'investissement :				
1. Laboratoire.....	160 912,68	159 000	—	1 912,68
2. Atelier de mécanique.....	25 003,94	50 000	24 996,06	—
3. Bibliothèque.....	11 235,27	11 000	—	235,27
D. Frais divers et imprévus :				
	19 537,78	80 000	60 462,22	—
Totaux.....	1 376 068,57	1 618 000	244 658,12	2 726,69

Compte II. — Caisse de Retraites

RECETTES

Actif au 1 ^{er} janvier 1966.....	francs-or 78 603,39
Intérêts des fonds.....	1 635,47
Retenues sur les traitements.....	24 663,08
Virement du Compte I.....	60 000,00
Total.....	164 901,94

DÉPENSES

Pensions servies.....	francs-or 65 956,41
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1966.....	98 945,53
Total.....	164 901,94

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

Ce compte n'a enregistré en 1966 aucun mouvement en recette ou en dépense. Comme au 1^{er} janvier 1966, il se présente ainsi :

ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1966.....	francs-or <u>8 663,59</u>
--------------------------------	------------------------------

Compte IV. — Laboratoire pour les radiations ionisantes

RECETTES

Actif au 1 ^{er} janvier 1966.....	francs-or 582 469,96
Recettes de l'exercice.....	<u>158 575,69</u>
Total.....	<u>741 045,65</u>

DÉPENSES

Dépenses de l'exercice.....	francs-or 202 408,86
ACTIF AU 31 DÉCEMBRE 1966.....	<u>538 636,79</u>
Total.....	<u>741 045,65</u>

DÉTAIL DES RECETTES

Versements de contributions exceptionnelles.....	francs-or 142 460,00
Intérêts des fonds.....	<u>16 115,69</u>
Total.....	<u>158 575,69</u>

DÉTAIL DES DÉPENSES

Bâtiments.....	francs-or 86 467,91
Équipement scientifique de base.....	115 179,85
Équipement de bureau.....	<u>761,10</u>
Total.....	<u>202 408,86</u>

Bilan

AU 31 DÉCEMBRE 1966

	francs-or
Compte I « Fonds ordinaires ».....	786 956,47
Compte II « Caisse de Retraites ».....	98 945,53
Compte III « Fonds spécial pour l'amélioration du matériel scientifique ».....	8 663,59
Compte IV « Laboratoire pour les radiations ionisantes ».....	538 636,79
ACTIF NET.....	<u>1 433 202,38</u>

Cet actif se décompose comme suit :

a. Les fonds déposés en banque :

	francs-or
1° En monnaie française.....	327 677,32
2° En monnaie U.S.A.....	808 521,03
3° En monnaie suisse.....	271 978,59
4° En monnaie britannique.....	23 807,86

b. Les espèces en caisse.....	<u>11 203,71</u>
Total.....	<u>1 443 188,51</u>

A déduire :

Provision pour remboursement aux États.....	7 500,00	}	9 986,13
Créditeurs divers.....	2 486,13		
ACTIF NET.....			<u>1 433 202,38</u>

PREMIER RAPPORT

DU

COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Par E. RUDBERG, Rapporteur

Le Comité Consultatif des Unités (C.C.U.) s'est réuni pour sa première session au Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres, où il a tenu sept séances du mardi 4 au vendredi 7 avril 1967 (*).

Étaient présents: Mr J. DE BOER, président.

Les représentants des organisations internationales membres:

Commission Électrotechnique Internationale [C.E.I.]: Comité d'Études n° 24 (C. DIETSCH) et Comité d'Études n° 25 (C.H. PAGE) (1).

Commission Internationale de l'Éclairage [C.I.E.] (J. TERRIEN).
International Commission on Radiation Units and Measurements [I.C.R.U.] (H.H. ROSSI).

Organisation Internationale de Normalisation [I.S.O.]: Comité Technique 12 (H.H. JENSEN, Mme V.H. SIMONSGAARD).

Union Internationale de Physique Pure et Appliquée [U.I.P.P.A.]:
Commission S.U.N. (E. RUDBERG).

Les membres nominativement désignés:

P. HONTI (Budapest), U. STILLE (Braunschweig), J. STULLA-GÖTZ (Vienne), P. VIGOUREUX (Teddington).

Le directeur du Bureau International (J. TERRIEN).

(*) Les Annexes mentionnées dans ce rapport sont publiées dans *Comité Consultatif des Unités*, 1^{re} session, 1967.

(1) Mr Dietsch, qui n'a pu assister qu'à la première séance, a été remplacé à quelques autres séances par Mr G. Darrieus.

Assistait aussi à la session : H. MOREAU (Bureau International), invité.

MM. McNISH (Washington) et NOVIKOV (Moscou), membres nominativement désignés, et WYCKOFF (I.C.R.U.), s'étaient excusés.

Le Président ouvre la séance en souhaitant la bienvenue aux membres qui participent à la première session de ce Comité Consultatif ⁽²⁾.

Mr Terrien, directeur du Bureau International, s'associe à ces souhaits de bienvenue et indique en quelques mots le rôle du Bureau International et des Comités Consultatifs auprès du Comité International.

Le Président s'exprime ensuite en ces termes :

« A l'occasion de cette première session du Comité Consultatif des Unités auprès du Comité International des Poids et Mesures, il me semble utile d'exposer la tâche de ce nouveau Comité Consultatif et de préciser son domaine d'activité parmi celui des autres organisations internationales qui s'occupent des définitions et des unités des grandeurs physiques, de la nomenclature et de la normalisation des symboles de ces grandeurs, et des noms et abréviations symboliques de leurs unités.

« Parmi ces organisations internationales, je mentionne tout d'abord les organisations internationales spécialisées purement scientifiques affiliées au Conseil International des Unions Scientifiques, comme par exemple l'*Union Astronomique Internationale*, l'*Union Internationale de Physique Pure et Appliquée* (U.I.P.P.A.), l'*Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée* (U.I.C.P.A.) etc. Chacune de ces Unions Internationales est intéressée dans un domaine spécial des activités du Comité International des Poids et Mesures qui prend toujours soin de consulter ces organisations internationales avant de prendre des décisions qui sont soumises à l'approbation de la Conférence Générale des Poids et Mesures.

« Dans ce but, le Comité International a créé des Comités Consultatifs spécialisés dans lesquels les organisations internationales intéressées sont représentées. De cette façon toutes les précautions sont prises afin que les propositions du Comité International à la Conférence Générale soient vraiment justifiées, et le monde scientifique accepte généralement les décisions prises en dernier ressort par la Conférence Générale.

« Ainsi, par exemple, les décisions des Conférences Générales concernant l'établissement du Système International d'Unités, depuis la Résolution 6 de la 9^e Conférence Générale des Poids et Mesures en 1948 jusqu'à l'importante Résolution 12 de la Onzième Conférence

⁽²⁾ Le Comité Consultatif des Unités, dont la création a été décidée par le Comité International des Poids et Mesures en octobre 1964 et approuvée par la 12^e Conférence Générale des Poids et Mesures (1964), succède à la « Commission du Système d'Unités » instituée en 1954 au sein du Comité International et qui s'était réunie pour la première fois en 1956.

Générale en 1960, ont été prises en accord complet avec l'U.I.P.P.A. et les milieux techniques intéressés. De même, les discussions actuelles concernant la nouvelle définition de la seconde ont lieu au Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde dans lequel l'Union Astronomique Internationale et l'Union Radioscopique Internationale sont représentées.

« Il y a aussi d'autres organisations internationales qui s'intéressent beaucoup aux définitions des grandeurs physiques et de leurs unités et aux problèmes de nomenclature connexes. Je mentionnerai en particulier : le *Comité Technique 12 de l'Organisation Internationale de Normalisation* (I.S.O./TC 12), les *Comités d'Études 24 et 25 de la Commission Électrotechnique Internationale* (C.E.I.) et la *Commission Internationale de l'Éclairage* (C.I.E.). En particulier l'I.S.O./TC 12 a fait un travail vraiment remarquable avec l'établissement de la Recommandation R 31 concernant les grandeurs physiques, leurs définitions et leurs unités, Recommandation qui a beaucoup contribué à la diffusion mondiale du Système International d'Unités.

« Ces organisations laissent en général au Comité International des Poids et Mesures et à la Conférence Générale la responsabilité primaire d'établir les définitions des grandeurs physiques de base, de fixer leurs unités et de formuler les règles générales concernant la nomenclature et les symboles des unités, ainsi que la formation des multiples et des sous-multiples des unités et les préfixes. Bien souvent des propositions de ces organisations concernant l'introduction de nouveaux noms d'unités ont été soumises à l'approbation de la Conférence Générale.

« Le Comité International a senti la nécessité de consulter plus régulièrement toutes ces organisations internationales parce que le développement systématique du Système International d'Unités donne lieu à beaucoup de problèmes scientifiques et de normalisation pour lesquels une solution ne peut être obtenue qu'après une étude profonde et une consultation étroite des experts intéressés.

« En conséquence, le Comité International a réuni dans ce Comité Consultatif des Unités :

1° des représentants des organisations internationales scientifiques spécialisées, qui sont qualifiés pour discuter des définitions des grandeurs physiques et de leurs unités;

2° des représentants de grands laboratoires nationaux désignés à titre d'experts;

3° quelques autres experts et membres du Comité International qui s'intéressent aux questions et aux problèmes de normalisation dont notre Comité aura à s'occuper.

« Aussi sommes-nous heureux que Mr Stulla-Götz, membre du Comité International, mais également président de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale (O.I.M.L.) ait ainsi la possibilité d'assurer une liaison personnelle avec l'O.I.M.L., organisation qui prend le soin d'étudier les aspects législatifs de nos décisions.

« J'espère bien que le Comité Consultatif des Unités permettra de rassembler toutes les forces internationales qui œuvrent dans le

domaine de la définition et de la nomenclature des unités des grandeurs physiques dans le but de perfectionner le plus possible le Système International d'Unités. »

Avant d'aborder l'ordre du jour, Mr Stille demande si le C.C.U. est compétent pour examiner une nouvelle définition de l'unité *X* de longueur d'onde. Après un bref échange de vues, le Président estime, en accord avec le C.C.U., qu'il est préférable d'attendre qu'une proposition soit présentée conjointement par l'Union Internationale de Cristallographie et l'U.I.P.P.A.

Mr Stille mentionne aussi la difficulté qu'il y a à faire écrire correctement par les ordinateurs électroniques les symboles des unités et des grandeurs physiques. Le C.C.U. pense que cette question est de la compétence d'un comité spécialisé de l'I.S.O.

Après ces observations, l'ordre du jour de la session est adopté.

Sur la proposition du Président, Mr Rudberg est nommé rapporteur, assisté de Mr Moreau comme secrétaire.

Au sujet du point 13, le Président attire l'attention du C.C.U. sur l'absence de traductions autorisées en anglais des résolutions des Conférences Générales des Poids et Mesures sur les définitions des unités. Des organisations internationales et divers pays le regrettent et des demandes pour combler cette lacune ont été faites à plusieurs reprises. D'après la Convention du Mètre les textes en langue française sont les seuls officiels; il serait néanmoins utile d'avoir des traductions auxquelles on puisse se référer. Sur l'invitation du Président, MM. Page et Vigoureux acceptent de préparer pour le C.C.U. une version en anglais des définitions des unités de base du SI. Si des demandes de traductions en d'autres langues se présentaient, rien n'empêcherait de les satisfaire de la même façon ⁽³⁾.

Suggestions pour une nouvelle définition de l'unité de temps

Les membres du C.C.U. avaient reçu communication du premier projet de recommandation concernant une nouvelle définition de la seconde, actuellement à l'étude par le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (C.C.D.S.) qui doit se réunir en juillet 1967 à Sèvres.

Après un examen et une discussion générale du projet présenté, Mr Terrien a rédigé, à l'intention du Président du C.C.D.S., une lettre exprimant la position du C.C.U. et les modifications qu'il suggère;

⁽³⁾ Voir à l'Annexe 2 les textes français des définitions des six unités de base du SI adoptées par les Conférences Générales des Poids et Mesures et leurs traductions anglaises établies conformément à la proposition ci-dessus.

cette lettre, distribuée en séance et approuvée par les membres présents, est la suivante :

Sèvres, 6 avril 1967

Monsieur le Président,
Cher Monsieur Barrell,

Le Comité Consultatif des Unités est en session en ce moment. Son président, Mr de Boer, a demandé l'opinion de ce Comité sur les aspects rédactionnels d'une définition atomique de la seconde afin de préciser, dans ce cas particulier, la façon de mettre en œuvre les principes généraux applicables à la rédaction d'une définition d'une unité dans une Résolution de la Conférence Générale.

Il me semble utile de résumer dès maintenant les avis du Comité Consultatif des Unités afin que vous puissiez les faire connaître au Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde, sans attendre le rapport officiel du Comité Consultatif des Unités qui ne sera définitif qu'après plusieurs semaines.

1° On préfère « unité de temps » à « unité d'intervalle de temps ». L'expression « unité de temps » a toujours été employée dans les Résolutions de la Conférence Générale; l'expression « intervalle de temps » s'applique à des étalons, non à l'unité, qui est la même pour la mesure des intervalles de temps et des époques dans une échelle de temps.

2° On préfère « atome de césium 133 » à « atome du nucléide césium 133 », pour plus de simplicité, et pour imiter la définition du mètre où l'on lit « atome de krypton 86 ».

3° On préfère éviter les indications superflues dans la désignation des niveaux d'énergie, mais on préfère ajouter l'affirmation que les niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium sont au nombre de deux. Le Comité Consultatif des Unités dirait donc « la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133 ».

4° On préfère supprimer « non perturbé par des champs extérieurs », par souci de simplicité, et pour imiter la définition du mètre. On a remarqué aussi que les niveaux hyperfins sont décomposés par effet Zeeman dans un champ magnétique: spécifier qu'il n'existe que deux niveaux implique donc déjà l'absence de champ magnétique (ou électrique). On a remarqué encore que des difficultés d'interprétation sont ainsi évitées.

Le Comité Consultatif des Unités s'est abstenu de tout autre commentaire afin de ne pas empiéter sur les responsabilités propres au Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde.

.....
Signé: J. TERRIEN, Directeur

Nom de l'unité de masse

Dans une des propositions faites en 1964 à la Douzième Conférence Générale des Poids et Mesures par l'U.R.S.S. (Annexe 1), il était

demandé que soit recherché un nouveau nom, ne contenant pas de préfixe, pour l'unité de base de masse du Système International d'Unités. De nombreux noms ont déjà été proposés antérieurement. L'I.S.O./TC 12/SC 2 a présenté au C.C.U. une demande analogue et a suggéré « bes », « lib » (ou « libra ») et « kilon ». Cette question a été discutée très en détail par le C.C.U. et tous les membres présents ont exprimé leur point de vue.

Le C.C.U. a approuvé le résumé suivant des conclusions, rédigé par MM. Rudberg et Stille :

« Parmi les six unités de base du SI telles qu'elles sont définies par les 1^{re} (3^e), 9^e, 10^e et 11^e Conférences Générales des Poids et Mesures, l'unité de masse est la seule dont le nom contienne un préfixe. Pour des raisons historiques le nom et le symbole de cette unité, ainsi que les noms et les symboles de ses multiples et sous-multiples décimaux, sont formés à partir du sous-multiple gramme.

« Afin de faire cesser cette anomalie, des propositions pour l'adoption d'un nouveau nom et d'un nouveau symbole pour l'unité SI de masse, le kilogramme (kg), ont été faites à plusieurs reprises et de divers côtés. Ces propositions, ainsi que la position actuelle de l'unité SI de masse ont été examinées par le Comité Consultatif qui a été unanime pour reconnaître que le nom et le symbole actuels ne sont pas satisfaisants du point de vue systématique.

« C'est un fait, cependant, que le nom kilogramme et son symbole kg sont acceptés d'une manière générale pour l'unité SI de masse et très largement utilisés dans le monde entier; il en est de même pour les multiples et les sous-multiples de cette unité de base. Remplacer ce nom par un nouveau, et par suite changer les dénominations des multiples, des sous-multiples et des unités composées formées à partir du kilogramme, serait une tâche très difficile qui conduirait à un risque de confusion considérable. En outre, aucun des divers noms proposés ne semble susceptible d'entraîner une approbation générale dans un avenir prévisible. »

A la suite de cette déclaration, le C.C.U. a adopté la *Recommandation* U 1 (p. 112) demandant le maintien du nom actuel de l'unité de masse et proposant un nouveau texte pour le paragraphe 3^o de la Résolution 12 de la Douzième Conférence Générale en précisant notamment, suivant la proposition présentée par l'Autriche à cette même Conférence Générale (*Comptes rendus des séances*, 1964, p. 75), la règle de formation des multiples et sous-multiples de l'unité de masse. Sur ce dernier point, plusieurs membres ont toutefois reconnu qu'il est difficile d'abandonner le mot *tonne* largement utilisé depuis longtemps comme nom spécial du mégagramme.

Unité de température et d'intervalle de température.

Proposition de définition de l'unité de température thermodynamique

La question d'une unité appropriée pour la température et la différence de température, soulevée en 1964 dans une proposition de l'U.R.S.S.,

a fait l'objet d'une longue discussion. En ce qui concerne la température thermodynamique, dont l'unité est l'une des unités de base du SI, le Comité International des Poids et Mesures a approuvé en 1962 qu'en plus du symbole « °K » et du nom « degré Kelvin », donnés dans la Résolution 6 de la Dixième Conférence Générale (1954), on puisse également employer le symbole international « deg », avec suppression de l'indication « Kelvin », lorsqu'il s'agit d'exprimer un intervalle de température.

La proposition de l'U.R.S.S. critique l'emploi de deux noms et de deux symboles pour la même unité, celle de différence de température. En outre, le nom « degré » et sa notation sont très étrangers à l'usage établi dans de nombreux pays autres que ceux de la sphère latine et anglo-saxonne. Une considération importante est l'idée, parfois avancée par ceux qui sont en faveur de l'emploi de « deg », que l'on a affaire à deux grandeurs physiques distinctes : la température et la différence de température. Cette idée est contestée par de nombreux physiciens qui ont clairement démontré comment cette distinction conduirait à de nombreuses difficultés dans les relations de la thermodynamique, par exemple dans celles où interviennent la capacité thermique et l'entropie.

La conclusion à laquelle serait parvenu le C.C.U. est qu'il est sage, lorsque l'on parle de température thermodynamique, de faire affirmer par le Comité International la reconnaissance d'une *seule* grandeur physique — et pour celle-ci de l'unité « kelvin » — qu'il s'agisse d'indiquer la température à partir du zéro absolu ou de déterminer un intervalle de température. Pour plusieurs raisons, le nom et le symbole de cette unité devraient être aussi simples que possible : kelvin et K.

Le C.C.U. s'est mis d'accord sur la *Recommandation* U 2 (p. 113) qui mentionne également les concepts et les symboles concernant la température Celsius.

A ce propos le C.C.U. a jugé souhaitable, pour plus de clarté, de formuler une définition explicite de l'unité de base de température du SI, telle qu'elle résulte de la Résolution 3 de la Dixième Conférence Générale (1954) faisant suite à la Résolution 3, paragraphe 2, de la Neuvième Conférence Générale (1948).

Après discussion, le C.C.U. a proposé la définition contenue dans la *Recommandation* U 7 (p. 115).

Révision de la définition de la candela

Après avoir considéré la demande présentée par l'U.R.S.S. en 1964 et étudié un projet de révision de la définition de la candela envisagé par le Comité Consultatif de Photométrie, le C.C.U. a chargé MM. Honti, Stille et Terrien de préparer un résumé des résultats de la discussion.

Le C.C.U. a estimé que « corps noir » (« black body ») peut être choisi de préférence à « radiateur intégral » (« full radiator ») pour désigner la source lumineuse; il a en outre recommandé que les conditions concernant

le changement de phase du platine, qui définit la température du corps noir, soient indiquées explicitement et que la valeur numérique de la pression soit exprimée en unités SI.

La *Recommandation* U 3 (p. 113) a été finalement adoptée.

Proposition d'introduction de la mole comme unité de base

L'I.S.O./TC 12 a demandé au C.C.U. d'examiner la possibilité d'adopter l'unité *mole*, symbole mol, pour la grandeur physique « quantité de matière », de préférence comme septième unité de base du SI (*). Le concept de cette grandeur et son unité ont été en fait acceptés et adoptés par l'I.S.O./TC 12 ainsi que par l'U.I.C.P.A. et l'U.I.P.P.A., celle-ci ayant été, pour autant que l'on sache, la première à considérer sérieusement, par l'intermédiaire de sa Commission S.U.N., l'introduction de ce concept, la façon de le définir et les conséquences qui en découlent. La définition formulée par la Commission S.U.N.-U.I.P.P.A., bien qu'inchangée en principe, a été par la suite légèrement modifiée par l'I.S.O./TC 12.

Après discussion de cette demande, le C.C.U. a retenu la définition proposée par l'I.S.O./TC 12, en y apportant toutefois quelques légers amendements acceptés par la Commission des Symboles, de la Terminologie et des Unités de la Division de Chimie physique de l'U.I.C.P.A., et il a adopté à l'unanimité la *Recommandation* U 4 (p. 114).

Proposition de modifications à apporter à la Résolution 12 de la 11^e Conférence Générale (1960)

Si la *Recommandation* U 4 d'ajouter une septième unité de base est acceptée par la Conférence Générale, il conviendra de réviser le texte du premier paragraphe de la Résolution 12 (1960), de mettre à jour la liste correspondante des unités et de changer « six » en « sept » dans le paragraphe 1^o. Le paragraphe 2^o serait conservé sans changement et le paragraphe 3^o serait à remplacer par le texte du paragraphe 3^o de la *Recommandation* U 1 précédemment adoptée. (Voir plus loin les modifications proposées pour le paragraphe 4^o de la Résolution 12 (1960)).

Préfixes pour les multiples et sous-multiples des unités

Les deux dernières lignes de texte sous le tableau des préfixes de la *Recommandation* U 1 (p. 112) ont été incluses de façon à mentionner clairement la *seule exception* à la règle générale selon laquelle les noms

(* La proposition présentée par l'I.S.O./TC 12 était la suivante :

« 1 mol is an amount of substance of a system which contains as many elementary units as there are carbon atoms in 0.012 kg (exactly) of the pure nuclide ¹²C. The elementary unit must be specified and may be an atom, a molecule, an ion, an electron, a photon, etc. or a group of such entities according to a stated formula ».

des multiples et des sous-multiples des unités sont formés par l'adjonction de ces préfixes aux noms des unités du SI.

Au sujet des préfixes, le Groupe de travail 1 du Comité d'Études N° 25 de la C.E.I. avait demandé au C.C.U. de considérer les questions suivantes :

a. Emploi, pour des raisons de logique et de systématique, de lettres capitales pour les symboles des préfixes représentant les puissances positives de 10, et plus particulièrement l'adoption de K pour kilo (au lieu de k).

b. Adoption de noms et de symboles pour les puissances 10^{15} et 10^{18} . Le président du C.C.U. avait suggéré en séance *femta* F et *atta* A.

Après discussion, le C.C.U. a rejeté ces propositions, en remarquant notamment que les symboles K, F, A feraient double emploi avec ceux du kelvin, du farad et de l'ampère. Sur le point b, le C.C.U. a estimé en outre que l'emploi des puissances de 10 permettait de satisfaire tous les besoins. L'adoption de nouveaux préfixes ouvrirait la voie à de nouvelles demandes, car on aura toujours besoin d'autres préfixes que ceux qui existent pour des nombres encore plus grands ou plus petits.

Après cette prise de position, Mr Page a retiré les demandes a et b présentées au nom du Comité d'Études N° 25 de la C.E.I.

Mr Rudberg a fait remarquer qu'un emploi raisonnable de doubles préfixes serait un moyen de satisfaire ces besoins (par exemple kT pour 10^{15} , MT pour 10^{18}). On a toutefois fait observer que la plupart des organismes de normalisation déconseillent l'emploi des préfixes composés.

Propositions concernant la liste des unités dérivées du SI

Pour compléter les modifications (voir ci-dessus) à apporter à la Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale (1960), le C.C.U. a proposé de remplacer le paragraphe 4° de cette Résolution par le texte et le tableau donnés dans la *Recommandation* U 6 (p. 114).

Il convient de souligner que dans la nouvelle rédaction de ce paragraphe 4° on ne mentionne qu'une seule sorte d'unités, les « unités dérivées ». Les titres de la rédaction originale de 1960, et avec eux le qualificatif indésirable « supplémentaires », ainsi que la dernière colonne du tableau ont été supprimés.

La préparation de la Résolution U 6 avait été confiée à MM. Jensen et Stille. Le C.C.U. l'a approuvée ensuite en séance après discussion et amendements sur quelques points.

Le SI « proprement dit » et le « SI Élargi »

Sur les demandes de l'I.S.O./TC 12/SC 2 et du Groupe de travail 1 du Comité d'Études N° 25 de la C.E.I., le C.C.U. a considéré la définition du Système International d'Unités, c'est-à-dire : Quelles sont les unités

qui font partie du SI et quelles sont celles qui en sont exclues? Convient-il de considérer comme faisant partie du SI proprement dit les multiples et les sous-multiples des unités SI?

Pour toutes sortes de calculs portant sur des grandeurs physiques avec des formules contenant des unités, il est réellement avantageux de s'en tenir à un système d'unités unique car il n'existe qu'une seule unité du système pour chaque grandeur physique. A l'intérieur d'un tel système on peut donc seulement distinguer deux sortes d'unités: 1^o les *unités de base*, arbitrairement choisies par convention; 2^o les *unités dérivées* qui, en principe, peuvent toujours être exprimées par une combinaison des unités de base. En conséquence, les multiples et les sous-multiples des unités ne doivent pas être considérés comme appartenant au système proprement dit. D'autre part, on a fait remarquer qu'en pratique, lorsqu'on ne se trouve pas en présence de formules comportant plusieurs unités, il existe un réel avantage à utiliser les multiples et les sous-multiples des unités. Il serait donc commode de pouvoir désigner cet ensemble plus large d'unités par un nom qui le distingue de l'ensemble limité d'unités que constitue le système proprement dit.

Afin d'illustrer la discussion, au cours de laquelle le nom de « SI Élargi » a été approuvé après quelques échanges de vues, le Président avait présenté le tableau suivant

Catégories d'unités à considérer

Catégorie	Unités	
I.....	m, s, kg, ...	} SI
II { a	m/s, ...	
{ b	N, W, ...	} « SI Élargi »
III { a	km, μ s, ...	
{ b	km/s, ...	
{ c	A/cm, ...	
{ d	kN, MW, kJ, ...	
IV (Unités de la catégorie III ayant un nom spécial)	Å, erg, bar, ...	
V (Unités de la catégorie IV avec préfixes)	mÅ, mbar, ...	

En conclusion, le C.C.U. s'est déclaré unanime pour recommander: 1^o de limiter l'emploi du nom « Système International d'Unités » et de son abréviation SI au groupe constitué par les catégories I et II; 2^o de limiter l'emploi du nom « SI Élargi » à l'ensemble des catégories I, II et III.

Ces conclusions ont fait l'objet de la *Recommandation* U 5 (p. 114). Aucune décision n'a été prise en vue de recommander une abréviation

spécifiée pour l'adjectif « élargi », cette question paraissant pour le moment d'une importance secondaire. Il ressort toutefois de la discussion que l'usage d'une abréviation pourrait bien s'introduire.

Mise en garde contre de nouveaux noms spéciaux d'unités

L'I.S.O., la C.E.I. et l'U.R.S.S. ont présenté diverses propositions ⁽⁵⁾. Après un échange de vues, le C.C.U. s'est déclaré opposé à toute nouvelle introduction de noms non rationnels, dérivés de noms propres de savants, pour des unités SI; par exemple, et bien que l'emploi de noms spéciaux soit assez limité pour les unités mécaniques, il n'est pas en faveur du nom de « pascal » pour l'unité de pression.

Les deux dernières lignes de la Recommandation U 6 (p. 114) traduisent l'opinion très ferme du C.C.U. sur cette question, bien que les noms et symboles de certaines unités dérivées soient assez lourds et que, dans certains cas, l'adoption de nouveaux noms pourrait faciliter l'emploi des préfixes pour les unités trop grandes ou trop petites.

Le C.C.U. a discuté, avec exemples à l'appui, la suggestion d'employer de façon symbolique dans des cas de ce genre la désignation « (SI) » pour représenter n'importe quelle unité SI; la grandeur physique que désigne l'unité pourrait être indiquée par l'adjonction d'un indice, ou d'un autre signe si cela est nécessaire; les symboles reconnus pour les préfixes représentant les puissances de 10 pourraient être employés dans de telles représentations symboliques.

Tout en reconnaissant certains avantages à cette suggestion, le C.C.U. n'a pas estimé la question comme suffisamment mûre pour se prononcer dans le sens d'une recommandation. Il serait souhaitable que cette question soit étudiée par des organisations spécialisées, en particulier par l'I.S.O., la C.E.I. et les unions scientifiques internationales.

Emploi d'abréviations explicatives dans l'expression des unités

Après discussion de la proposition présentée en 1964 par l'U.R.S.S. et compte tenu du point de vue exprimé par Mr Rossi, représentant de l'I.C.R.U., le C.C.U. s'est déclaré opposé à l'emploi, en tant que noms d'unités ou comme symboles, d'abréviations explicatives telles que « désintégration par seconde » (d/s) pour l'unité de la grandeur physique activité, etc.

⁽⁵⁾ Ces propositions étaient les suivantes :

« pascal » pour l'unité de pression (N/m^2);
noms pour les unités de viscosité dynamique ($N \cdot s/m^2$) et de viscosité cinématique (m^2/s); (l'Autriche a suggéré dès 1952 les noms de « bernoulli » et « reynolds »; la France a adopté depuis 1961 le nom de « poiseuille » pour l'unité SI de viscosité dynamique);
« siemens » (déjà adopté par la C.E.I. et l'I.S.O.) pour l'unité de conductance (Ω^{-1});

« lenz » pour l'unité d'intensité de champ magnétique (A/m).

Le tableau de la Recommandation U 6 (p. 114) exprime l'avis du C.C.U. sur la façon correcte de représenter l'unité. On ne peut pas demander que le nom et le symbole d'une unité contiennent une information complète sur la grandeur physique en cause.

Questions diverses

Emploi des préfixes avec d'autres unités que celles du SI. — La Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale (1960) et sa forme amendée proposée au cours de la présente session, ne concernent que les unités du SI Élargi; le C.C.U. tient à préciser que l'emploi des préfixes énumérés au paragraphe 3^o de la Recommandation U 1 ne doit pas être considéré comme interdit pour les unités autres que celles du SI Élargi.

Emploi de l'unité hertz. — Au nom de la Commission S.U.N., Mr Rudberg a demandé que le C.C.U. précise si, en dehors de la fréquence, le hertz doit être aussi employé pour d'autres grandeurs dont l'unité est l'inverse d'une seconde. Après échange de vues, le C.C.U. a déclaré qu'à son avis le hertz est l'unité SI correcte à employer pour la grandeur physique fréquence de tout phénomène qui peut être représenté par une fonction périodique du temps.

Autres amendements à d'anciennes résolutions de la Conférence Générale. — Si la Conférence Générale approuve les conclusions contenues dans les Recommandations U 2 et U 7, il sera nécessaire de modifier en conséquence :

— la Résolution 7 de la Neuvième Conférence Générale (1948) : remplacer dans le tableau « degré absolu... °K » par « kelvin... K »; le C.C.U. recommande aussi de supprimer « micron... μ » (les nom et symbole corrects étant « micromètre et μm »), « bougie nouvelle », ainsi que la Remarque III;

— la Résolution 3 de la Dixième Conférence Générale (1954) : remplacer « degrés Kelvin » par « kelvins ».

*
* *

Avant de clore cette première session du C.C.U., le Président remercie les membres pour le travail accompli, ainsi que le Bureau International pour son hospitalité.

Mr Terrien remercie le Président et se félicite du bon esprit de coopération qui a régné au cours des discussions. Les membres du C.C.U. ont maintenant pour devoir de faire prévaloir dans leurs organisations nationales ou internationales respectives les recommandations adoptées, afin d'éviter la répétition de discussions à la Conférence Générale.

(Avril 1967)

**Recommandations
du Comité Consultatif des Unités
présentées
au Comité International des Poids et Mesures**

Les décisions prises en octobre 1967 par le Comité International ou par la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures concernant les propositions contenues dans les sept recommandations suivantes sont mentionnées en note de bas de page pour chaque recommandation.

RECOMMANDATION U 1 ^(a)

Le Comité Consultatif des Unités, pour les raisons exposées dans son Rapport,

RECOMMANDE

qu'aucune proposition de changement du nom de l'unité de masse ne soit retenue à l'ordre du jour de la Conférence Générale des Poids et Mesures, à moins que cette proposition ne garantisse que l'uniformité mondiale concernant le nom de l'unité de masse n'en sera pas affectée et que le nouveau nom sera accepté universellement;

que la règle générale de la Résolution 12, paragraphe 3^o, de la Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures (1960) soit complétée par l'indication que les noms des multiples et sous-multiples de l'unité de masse sont formés par l'adjonction des préfixes au mot gramme.

Le paragraphe 3^o de cette Résolution 12 devrait alors être remplacé par le texte suivant qui inclut l'indication des préfixes femto et atto adoptés par la Douzième Conférence Générale (1964), Résolution 8:

3^o les noms des multiples et sous-multiples des unités sont formés au moyen des préfixes suivants :

Facteur par lequel l'unité est multipliée	Préfixe	Symbole	Facteur par lequel l'unité est multipliée	Préfixe	Symbole
10^{12}	téra	T	10^{-1}	déci	d
10^9	giga	G	10^{-2}	centi	c
10^6	méga	M	10^{-3}	milli	m
10^3	kilo	k	10^{-6}	micro	μ
10^2	hecto	h	10^{-9}	nano	n
10^1	déca	da	10^{-12}	pico	p
			10^{-15}	femto	f
			10^{-18}	atto	a

Les noms des multiples et sous-multiples de l'unité de masse sont formés par l'adjonction des préfixes au mot gramme.

(^a) Après examen de cette Recommandation U 1, le Comité International a adopté la Recommandation 2 qui fixe, conformément à la dernière phrase de la Recommandation U 1, la règle de formation des noms des multiples et sous-multiples décimaux de l'unité de masse.

RECOMMANDATION U 2 ^(b)

Le Comité Consultatif des Unités,

CONSIDÉRANT

la Résolution 7 de la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures (1948), la Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale (1960) et la décision prise par le Comité International des Poids et Mesures à sa 51^e session (1962, p. 27);

qu'il est désirable d'utiliser le même nom d'unité pour la température thermodynamique et pour l'intervalle de température;

RECOMMANDE

que le nom de l'unité de température thermodynamique soit remplacé par « kelvin », symbole K;

que le même nom et le même symbole soient utilisés s'il s'agit d'un intervalle de température.

Note 1. La température thermodynamique Celsius est exprimée en degrés Celsius, symbole °C; l'unité degré Celsius est égale à l'unité kelvin.

S'il s'agit d'un intervalle de température on peut aussi utiliser le degré Celsius.

Note 2. Le Comité Consultatif des Unités recommande de remplacer l'appellation « température thermodynamique Celsius » par « température Celsius ».

RECOMMANDATION U 3 ^(c)

Le Comité Consultatif des Unités,

CONSIDÉRANT

la définition de l'unité d'intensité lumineuse contenue dans la Résolution concernant les unités photométriques, adoptée par le Comité International des Poids et Mesures à sa session de 1946 en vertu des pouvoirs conférés par la Huitième Conférence Générale des Poids et Mesures (1933) et ratifiée par la Neuvième Conférence Générale (1948);

que cette dernière définition fixe bien la grandeur de l'unité d'intensité lumineuse mais prête à des critiques d'ordre rédactionnel;

RECOMMANDE la nouvelle rédaction suivante :

« La candela est l'intensité lumineuse, dans la direction perpendiculaire, d'une surface de 1/600 000 mètre carré d'un corps noir à la température de congélation du platine sous la pression de 101 325 newtons par mètre carré. »

^(b) Les propositions contenues dans cette Recommandation U 2 ont conduit à l'adoption par la 13^e Conférence Générale de la Résolution 3 qui est en accord avec la Recommandation U 2 et avec sa Note 1.

^(c) La définition proposée dans cette Recommandation U 3 a été adoptée sans changement par la 13^e Conférence Générale (Résolution 5).

RECOMMANDATION U 4 (d)

Le Comité Consultatif des Unités,

CONSIDÉRANT les demandes des Unions Internationales de Physique et de Chimie et celle de l'Organisation Internationale de Normalisation,

RECOMMANDE

1° que la mole, symbole mol, soit ajoutée comme unité de quantité de matière aux six unités de base du Système International d'Unités mentionnées dans la Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures (1960);

2° que la mole soit définie comme suit :

La mole est la quantité de matière d'un système contenant autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12.

Les entités élémentaires doivent être spécifiées et peuvent être des atomes, des molécules, des ions, des électrons, etc. ou bien des groupements spécifiés de telles particules.

RECOMMANDATION U 5 (e)

Le Comité Consultatif des Unités,

RECOMMANDE

que l'ensemble cohérent des unités SI de base et des unités qui en dérivent soit désigné sous le nom de Système International d'Unités (SI);

que l'ensemble des unités cohérentes du Système International d'Unités défini ci-dessus et de leurs multiples et sous-multiples dont les noms sont formés au moyen des préfixes adoptés par la Conférence Générale soit désigné sous le nom de Système International d'Unités Élargi (SI Élargi).

RECOMMANDATION U 6 (f)

Le Comité Consultatif des Unités,

RECOMMANDE que le paragraphe 4° de la Résolution 12 de la Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures (1960) soit modifié comme suit :

(d) Les propositions contenues dans cette Recommandation U 4 n'ont pas été adoptées par la 13^e Conférence Générale.

(e) Les propositions contenues dans cette Recommandation U 5 n'ont pas été retenues par le Comité International.

(f) Après examen de cette Recommandation U 6, le Comité International a simplement proposé à la 13^e Conférence Générale d'ajouter dans la liste des unités du paragraphe 4° de la Résolution 12 de la 11^e Conférence Générale (1960) les six unités dérivées suivantes : nombre d'ondes, entropie, chaleur massique, conductivité thermique, intensité énergétique, activité; cette proposition a été adoptée par la 13^e Conférence Générale (Résolution 6).

4° sont employées dans ce Système les unités dérivées, par exemple :

Angle plan	radian	rad
Angle solide	stéradian	sr
Superficie	mètre carré	m ²
Volume	mètre cube	m ³
Fréquence	hertz	Hz
Nombre d'ondes	1 par mètre	m ⁻¹
Vitesse	mètre par seconde	m/s
Accélération	mètre par seconde carrée	m/s ²
Vitesse angulaire	radian par seconde	rad/s
Accélération angulaire	radian par seconde carrée	rad/s ²
Masse volumique	kilogramme par mètre cube	kg/m ³
Force	newton	N
Pression	newton par mètre carré	N/m ²
Dilatation linéique relative		1
Viscosité dynamique	newton seconde par mètre carré	N · s/m ²
Viscosité cinématique	mètre carré par seconde	m ² /s
Énergie, travail, quantité de chaleur	joule	J
Puissance	watt	W
Entropie	joule par kelvin	J/K
Chaleur massique	joule par kilogramme kelvin	J/kg · K
Conductivité thermique	watt par mètre kelvin	W/m · K
Charge électrique	coulomb	C
Tension électrique, potentiel électrique	volt	V
Champ électrique	volt par mètre	V/m
Capacité électrique	farad	F
Permittivité	farad par mètre	F/m
Permittivité relative		1
Résistance électrique	ohm	Ω
Induction magnétique	tesla	T
Flux d'induction magnétique	weber	Wb
Champ magnétique	ampère par mètre	A/m
Force magnétomotrice	ampère	A
Inductance	henry	H
Perméabilité	henry par mètre	H/m
Perméabilité relative		1
Flux lumineux	lumen	lm
Luminance	candela par mètre carré	cd/m ²
Éclairement lumineux	lux	lx
Intensité énergétique	watt par stéradian	W/sr
Activité (d'une source radioactive)	1 par seconde	s ⁻¹

La liste ci-dessus contient tous les noms spéciaux des unités SI approuvés par la Conférence Générale.

RECOMMANDATION U 7 (9)

Le Comité Consultatif des Unités,

RECOMMANDE que soit étudiée une définition explicite de l'unité de température thermodynamique qui pourrait être :

« Le kelvin, unité de température thermodynamique, est la fraction 1/273,16 de la température thermodynamique du point triple de l'eau ».

(9) La définition proposée dans cette Recommandation U 7 a été adoptée sans changement par la 13^e Conférence Générale (Résolution 4).

QUATRIÈME RAPPORT

DU

COMITÉ CONSULTATIF
POUR LA DÉFINITION DE LA SECONDE

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Par B. DECAUX, Rapporteur

Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde s'est réuni pour sa quatrième session au Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres, où il a tenu trois séances les mercredi 12 et jeudi 13 juillet 1967 ⁽¹⁾.

Étaient présents : Mr H. BARRELL, président.

Les délégués des laboratoires et organisations membres :

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [P.T.B.], Braunschweig
(G. BECKER).

National Bureau of Standards [N.B.S.], Boulder (J.M. RICHARDSON).

Conseil National de Recherches [N.R.C.], Ottawa (J. T. HENDERSON).

Centre National d'Études des Télécommunications [C.N.E.T.],
Bagnex (B. DECAUX).

Laboratoire de l'Horloge Atomique du Centre National de la
Recherche Scientifique, Bagnex (M. ARDITI).

Istituto Elettrotecnico Nazionale Galileo Ferraris [I.E.N.], Turin
(G. ZITO, L. FAVELLA).

National Physical Laboratory [N.P.L.], Teddington (L. ESSEN).

Laboratoire Suisse de Recherches Horlogères [L.S.R.H.], Neuchâtel
(P. KARTASCHOFF, C. MENOUD).

⁽¹⁾ Les Annexes mentionnées dans ce rapport sont publiées dans *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde*, 4^e session, 1967.

Union Astronomique Internationale (W. MARKOWITZ, N. STOYKO).
Bureau International de l'Heure, Paris (B. GUINOT).

Astronomisches Rechen-Institut, Heidelberg (T. LEDERLE).

U.S. Naval Observatory, Washington (K. A. STRAND, G. M. WINKLER, R. L. DUNCOMBE).

Nautical Almanac Office, Royal Greenwich Observatory, Hailsham (H. M. SMITH).

Instituto y Observatorio de Marina, San Fernando (L. QUIJANO).

Bureau des Longitudes, Paris (P. TARDI).

Observatoire de Neuchâtel, Neuchâtel (J. BONANOMI).

Les membres nominativement désignés :

L. RANDIC (Faculté de Zagreb); F. ZAGAR (Observatoire Astronomique de Milan).

Le directeur du Bureau International [B.I.P.M.] (J. TERRIEN).

MM. HOWLETT, président du Comité International des Poids et Mesures, et DE BOER, secrétaire du Comité International et président du Comité Consultatif des Unités, assistaient à la première séance.

Assistaient également aux séances : MM. GIACOMO et CARRÉ (Bureau International).

Empêché : Deutsches Amt für Messwesen und Warenprüfung, Berlin.

Excusés : National Research Laboratory of Metrology, Tokyo; Radio Research Laboratories, Tokyo; Observatoire Astronomique de Tokyo.

Absents : Institut des Mesures Physicotechniques et Radiotechniques de l'U.R.S.S., Moscou; Institut d'Astronomie Théorique, Leningrad; Commonwealth Observatory of Australia, Canberra. MM. J. Fuchs, Universitätssternwarte, Innsbruck; J. A. Pierce, Harvard University, Boston.

A l'ouverture de la session, Mr Howlett résume les principales questions que se pose le Comité International et sur lesquelles le Comité Consultatif devra faire des propositions, en particulier l'opportunité du changement de définition de l'unité de temps du Système International d'Unités. Il souligne que la rédaction d'une définition doit être aussi simple que possible, et recommande que les considérations relativistes soient écartées des discussions.

Le Président rappelle les décisions prises par le Comité Consultatif en 1963, les diverses autres réunions où ces problèmes ont été examinés, et les consultations effectuées par correspondance parmi les membres du Comité Consultatif.

L'ordre du jour proposé est adopté.

Le Président salue la mémoire de A. Danjon, ancien président du Comité International des Poids et Mesures et du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde, décédé le 21 avril 1967.

Mr Decaux est désigné comme rapporteur, assisté de Mr Carré comme secrétaire.

Le premier point de l'Ordre du jour (Compte rendu du développement des étalons atomiques de fréquence depuis la session de 1963) a fait l'objet des Annexes 1 et 2. De la discussion qui s'engage, il ressort que l'existence de nombreux appareils de type commercial permet d'avoir une vue statistique de la précision actuellement garantie, estimée à quelques 10^{-12} pour l'étalon à césium. En conséquence, le Comité Consultatif décide de confirmer le choix du césium 133 comme étalon; cette décision répond ainsi aux points 2a et 2b de l'Ordre du jour (Précision et reproductibilité des étalons atomiques, et choix de l'étalon pour une définition atomique).

En ce qui concerne la continuité avec la définition actuelle (point 2c de l'Ordre du jour), le Comité Consultatif examine divers aspects du problème, en particulier les déterminations récentes du rapport entre la seconde atomique et la seconde des éphémérides (Annexe 3). Il est décidé de conserver, pour la fréquence de la transition du césium, la valeur 9 192 631 770 Hz précédemment choisie.

Les problèmes relativistes soulevés par une définition atomique de l'unité de temps (point 3b de l'Ordre du jour) avaient été mentionnés au cours d'une première consultation par correspondance, et firent l'objet principal d'une deuxième consultation. Cette dernière consultation portait essentiellement sur l'éventualité d'une référence au potentiel gravitationnel existant à la surface du géoïde. Parmi les réponses au questionnaire, une importante partie approuvait cette référence, d'autres réponses exprimaient un avis contraire, et certaines proposaient une référence au temps propre.

Ces problèmes, examinés en séance par le Comité Consultatif, sont résumés dans l'Annexe 4.

La question de la définition et du maintien d'une échelle de temps atomique (point 4 de l'Ordre du jour) a donné lieu à une discussion qui a montré la nécessité d'introduire une recommandation sur ce sujet.

Abordant les recommandations à formuler concernant le changement de définition de la seconde, le Président propose comme base de discussion un projet de déclaration et de définition préalablement établi par Mr Terrien. Il suggère la constitution d'une petite commission, composée de MM. Becker, Bonanomi, Decaux, Winkler, chargée de rédiger un nouveau projet de texte à soumettre au Comité Consultatif. Pour orienter le travail de cette commission, le Comité Consultatif a fait, dans sa deuxième séance du 12 juillet, un premier examen des différents points du premier projet. Il approuve la forme de présentation proposée et donne des directives générales à la commission; le texte de la déclaration devra :

- faire ressortir que la seconde ainsi définie est l'unité de temps du Système International d'Unités;
- reconnaître l'existence de la seconde des éphémérides;
- faire mention du fait que les théories de la relativité n'ont pas été perdues de vue.

Il devra être fait également état de l'utilité de poursuivre les recherches sur les étalons atomiques.

Dans sa troisième séance, le 13 juillet, le Comité Consultatif a examiné les projets de déclaration et de deux recommandations préparés par la commission. Après quelques modifications de détail, ces projets sont adoptés à l'unanimité (*Déclaration et Recommandations S 1 et S 2*, p. 120).

Au cours de la discussion, il est apparu que la nouvelle définition proposée pour l'unité de temps a pour conséquences les problèmes scientifiques suivants :

1° maintien de la bonne coordination actuelle des émissions de signaux horaires;

2° mesures à prendre pour le passage progressif et méthodique à la situation dans laquelle la définition atomique de la seconde sera d'un usage beaucoup plus répandu;

3° étude de l'établissement d'échelles de temps-coordonnée au sens des théories de la relativité.

Une troisième recommandation, tenant compte de ces considérations, est alors proposée; après discussion et mise au point elle est adoptée à l'unanimité (*Recommandation S 3*, p. 121).

A la fin de la dernière séance, des informations ont été présentées sur les dernières recherches en cours dans certains laboratoires des États-Unis d'Amérique pour l'amélioration des masers à hydrogène.

Avant de clore la session, le Président remercie les membres du Comité Consultatif pour leur travail fructueux. Au nom de ses collègues, Mr Henderson remercie le Président pour son efficace direction des débats.

(20 juillet 1967)

**Déclaration et Recommandations
du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde
présentées
au Comité International des Poids et Mesures**

DÉCLARATION

Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde,

CONSIDÉRANT

1° que les membres présents à sa 4^e session (juillet 1967) ont exprimé le désir unanime de remplacer la définition actuellement en vigueur de la seconde, unité de temps du Système International d'Unités, par une définition atomique;

2° que la 12^e Conférence Générale des Poids et Mesures (1964), malgré le désir déjà exprimé par le Comité Consultatif en 1963, a estimé qu'il était prématuré de changer la définition de la seconde;

3° que, l'emploi généralisé des étalons de fréquence à césium ne permettant pas d'attendre davantage une déclaration fixant par convention la valeur de la fréquence de la transition utilisée, le Comité International des Poids et Mesures, répondant aux instructions de la 12^e Conférence Générale, a assigné à cette fréquence la valeur 9 192 631 770 hertz et déclaré que cette transition était l'étalon à employer temporairement;

4° que la situation ainsi créée par nécessité n'est pas satisfaisante;

5° que les travaux expérimentaux postérieurs à 1964 ont renforcé la confiance dans les qualités de l'étalon de fréquence à césium et amélioré sa précision;

6° qu'une définition atomique de la seconde peut être formulée d'une façon compatible avec les théories relativistes;

7° que l'adoption d'une définition atomique de la seconde ne peut apporter que des avantages même dans les domaines où d'autres unités, telles que la seconde des éphémérides, doivent être maintenues;

ESTIME que le moment est venu de remplacer la définition de l'unité de temps du Système International d'Unités actuellement en vigueur par une définition atomique fondée sur l'étalon à césium désigné par le Comité International des Poids et Mesures à sa session de 1964.

RECOMMANDATION S 1 ^(a)

Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde,

RECOMMANDE

1° que la seconde, unité de base du Système International d'Unités, soit définie dans les termes suivants :

« La seconde est la durée de 9 192 631 770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133 »;

2° que la seconde telle qu'elle fut définie par décision du Comité International des Poids et Mesures à sa session de 1956 soit désignée sous le nom de « seconde des éphémérides ».

RECOMMANDATION S 2 ^(b)

Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde,

RECOMMANDE que les Organisations et les Laboratoires experts dans le domaine des étalons atomiques de fréquence soient invités à poursuivre les études entreprises pour le perfectionnement de ces étalons.

RECOMMANDATION S 3

Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde,

RECOMMANDE que le Comité International des Poids et Mesures suscite une réunion comprenant des représentants de diverses organisations telles que Bureau International de l'Heure, Union Astronomique Internationale, Union Géodésique et Géophysique Internationale, Union Radioscientifique Internationale, Union Internationale des Télécommunications (Comité Consultatif International des Radiocommunications), pour étudier les problèmes soulevés par l'application des décisions prises concernant la nouvelle définition de l'unité de temps.

^(a) Par sa Résolution 1, la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures (octobre 1967) a adopté sans changement la définition proposée au paragraphe 1° de cette Recommandation S 1; elle a abrogé en même temps la Résolution 1 du Comité International (1956) et la Résolution 9 de la 11^e Conférence Générale (1960) qui faisaient de la « seconde des éphémérides » l'unité de temps du SI. La seconde des éphémérides reste en usage en astronomie.

^(b) Par sa Résolution 2, la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures (octobre 1967) a formulé une invitation dans le même sens que cette Recommandation S 2.

HUITIÈME RAPPORT

DU

COMITÉ CONSULTATIF DE THERMOMÉTRIE

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Par J.A. HALL (*), Rapporteur

Le Comité Consultatif de Thermométrie a tenu sa huitième session les 6 et 7 septembre 1967 dans des locaux du Department of Commerce à Washington, et les 11, 13 et 14 septembre à la Division de Physique Appliquée du Conseil National de Recherches à Ottawa.

Étaient présents : Mr F. G. BRICKWEDDE, président.

Les délégués des laboratoires membres :

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [P.T.B.], Braunschweig (H. MOSER).

National Bureau of Standards [N.B.S.], Washington (R. E. BEDFORD, R. P. HUDSON, L. A. GUILDNER, H. PLUMB, J. L. RIDDLE).

National Standards Laboratory [N.S.L.], Chippendale (A.F.A. HARPER).

Conseil National de Recherches [N.R.C.], Ottawa (H. PRESTON-THOMAS).

Conservatoire National des Arts et Métiers [C.N.A.M.], Paris (A. MOSER).

National Research Laboratory of Metrology [N.R.L.M.], Tokyo (S. TAKATA).

Kamerlingh Onnes Laboratorium [K.O.L.], Leiden (H. VAN DIJK, M. DURIEUX).

National Physical Laboratory [N.P.L.], Teddington (C. R. BARBER).

Institut de Métrologie D. I. Mendéléev [I.M.M.], Leningrad (B. N. OLEINIK, Mme P. ORLOVA).

(*) Le Bureau International des Poids et Mesures a appris avec un profond regret le décès de J.A. Hall survenu à Londres le 4 janvier 1968.

Les membres nominativement désignés :

J. DE BOER (Amsterdam); L. COLOMINA (Madrid).

Le directeur du Bureau International [B.I.P.M.] (J. TERRIEN).

Invités : J. A. HALL (B.I.P.M.); C. A. SWENSON (Iowa State University).

Empêché : Deutsches Amt für Messwesen und Warenprüfung [D.A. M.W.], Berlin (M. RICHTER).

Mr Hall fut nommé rapporteur.

La session s'ouvre sur le rappel du décès en mars 1967 du Prof. G. Bozza, dont la perte est vivement ressentie par le Comité Consultatif.

Mr de Boer souligne que, bien qu'il ne soit pas possible de mettre en application cette année les recommandations que devra adopter le Comité Consultatif, le Comité International des Poids et Mesures a besoin de recommandations nettes et claires. Le Comité International pourrait en effet demander à la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures, en octobre 1967, les pouvoirs pour mettre en vigueur ultérieurement une nouvelle Échelle Internationale Pratique de Température dès qu'elle serait mise au point.

Extension de l'Échelle Internationale Pratique de Température (E.I.P.T.) au-dessous de 90 °K

Le Président rappelle les conclusions auxquelles les Groupes de travail I et II sont parvenus lors de leurs réunions à Leningrad et à Moscou en septembre 1966 ⁽¹⁾, et en particulier que la tâche de préparer une modification du texte actuel de l'E.I.P.T. avait été laissée à Mr Barber aidé de collaborateurs qu'il devait choisir. Mr Barber dit qu'avec MM. Van Dijk et Durieux il avait essayé de traduire les vœux du Comité Consultatif en préparant une « Échelle provisoire », qui est une révision complète, mais qui ne change pas les valeurs des températures au-dessus de 0 °C; l'essentiel des propositions est résumé dans l'Annexe 2 ⁽²⁾. Une révision de l'ensemble du texte a été choisie comme étant le processus le plus simple, bien que cela ne soit peut-être pas exactement ce qu'avait demandé le Comité Consultatif. Ultérieurement Mr Van Dijk a proposé une modification (Annexe 5). La proposition de cette Échelle provisoire a été adressée aux membres du Comité Consultatif et a provoqué un certain

⁽¹⁾ Le rapport définitif des réunions de ces deux Groupes de travail a été adressé aux membres du Comité Consultatif de Thermométrie le 9 mars 1967. Ce rapport — dont on trouvera un résumé succinct dans *Metrologia*, 3, 1967, p. 29-31, corrigendum, *Ibid*, p. 87 — n'est pas reproduit en annexe de ce compte rendu; les questions qui étaient à l'ordre du jour des réunions de 1966 des Groupes de travail I et II ont en effet été discutées à nouveau à cette 8^e session du Comité Consultatif et ont conduit aux conclusions exposées dans ce 8^e Rapport du Comité Consultatif de Thermométrie.

⁽²⁾ Les Annexes mentionnées dans ce rapport sont publiées dans *Comité Consultatif de Thermométrie*, 8^e session, 1967.

nombre de commentaires qui sont résumés dans l'Annexe 4. Le point essentiel de ces commentaires était l'opposition du N.B.S. et du N.R.C., qui reprochaient à l'Échelle provisoire proposée de ne pas offrir une reproductibilité aussi bonne que les diverses échelles nationales, qui sont fondées sur des groupes de thermomètres directement comparés au thermomètre à gaz, au lieu de l'être sur une série de points fixes.

Mr Preston-Thomas résume les arguments pour et contre les deux solutions (Annexe 6). Il pense que la pente de l'Échelle est plus importante que ses écarts par rapport à la température thermodynamique. L'Échelle provisoire est à peu près satisfaisante au-dessus de 20 °K, mais son emploi ne permet pas une aussi bonne reproductibilité que les échelles nationales actuelles; il préférerait donc conserver le statu quo et reporter l'adoption d'une nouvelle Échelle à une époque future où les travaux seront plus avancés.

Mr Hudson se rallie fermement à ce point de vue. Il pense que les opinions ont évolué depuis un an: on reconnaît maintenant la valeur des mesures acoustiques, tandis qu'on découvre des incertitudes dans les mesures fondées sur la tension de vapeur de l'hydrogène.

Mme Orlova estime au contraire qu'il est important d'avoir une nouvelle Échelle dès maintenant. Elle pense que la limite inférieure doit être 20 °K; au-dessous de cette température le thermomètre à germanium est plus commode.

Mr Hall suggère que l'on maintienne l'Échelle existante jusqu'à 90 °K avec les corrections qui ont déjà été publiées. Mr Preston-Thomas approuve cette position, mais Mr Harper n'est pas favorable à l'emploi de corrections. La plupart des non-spécialistes croient que l'E.I.P.T. est l'approximation la plus voisine de la température thermodynamique, comme cela est d'ailleurs indiqué dans son texte.

Mr Harper approuve entièrement la proposition de Mr H. Moser de changer la valeur des points fixes, notamment aux températures supérieures à 0 °C et jusqu'au point de l'or (Annexe 3). Mr de Boer est fermement du même avis car, le plus souvent, les auteurs n'indiquent pas comment a été obtenue l'échelle qu'ils emploient; il préfère donc que l'on mette à jour l'Échelle Internationale assez fréquemment, plutôt que de publier des tables de corrections.

Mr Harper remarque que Mr Preston-Thomas a omis de mentionner un point important: bien des pays n'ont pas d'échelle nationale, on ne doit donc pas considérer seulement la dégradation de la reproductibilité par rapport à celle des échelles nationales de quelques grands laboratoires, mais également tenir compte de la dégradation supplémentaire due à la diffusion de ces échelles dans les autres laboratoires du monde. Il propose que l'on continue à étudier le projet d'E.I.P.T. et les meilleures façons de le modifier. Il suggère de prendre comme base la proposition de Barber, Van Dijk et Durieux et d'y ajouter celle de H. Moser.

Mr Preston-Thomas pense qu'il faut encore une autre année d'étude. Procéder à des changements fréquents risquerait d'amener des confusions

et, à son avis, ceux qui se servent de l'Échelle ont principalement besoin d'une reproductibilité maintenue pendant un certain nombre d'années.

Mr Barber fait remarquer que les laboratoires qui conservent une échelle nationale peuvent dériver de celle-ci l'Échelle Internationale en employant des techniques de comparaison, sans avoir besoin de réaliser directement les points fixes. Il convient de distinguer la reproductibilité sur le plan international et dans un seul pays. Il lui semble qu'un sentiment d'insécurité naît d'une situation où l'on se trouve entièrement dépendant d'un groupe donné de thermomètres pour réaliser l'Échelle. MM. Preston-Thomas et Hudson ne croient toutefois pas au risque de la perte d'une telle échelle.

En réponse à une question de Mr Barber, Mr Preston-Thomas dit que les mesures de chaleur massique sont faites avec une précision de 0,1 % et que l'on peut déceler des différences de 0,01 %. Nous devons donc avoir une Échelle donnant au moins 0,1 %, et même mieux, en prévision des progrès futurs. Mr de Boer remarque que si le calcul de l'entropie ne nécessite que la température elle-même, les chaleurs massiques dépendent de la dérivée de la température, ce qui impose des exigences plus sévères sur l'échelle de température.

Mr Hudson estime que la seule analyse complète de l'Échelle provisoire proposée est celle que Mr Preston-Thomas a présentée (Annexe 6); tous les autres commentaires sont purement qualitatifs.

On discute ensuite en détail les points pour et contre l'adoption de l'Échelle provisoire. Mr Harper dit que nous devons mettre au point cette Échelle provisoire, en reconnaissant le fait que les échelles nationales, convenablement corrigées, en sont des représentations. Les échelles nationales seront comprises dans les limites d'incertitude de l'Échelle Internationale. Mr Barber considère que l'on doit maintenant décider si l'on adopte une Échelle fondée sur des points fixes ou une Échelle fondée sur un groupe de thermomètres (« a wire scale »). Selon toute vraisemblance la situation ne sera pas différente dans trois ans. Mr Hall remarque que, dans d'autres domaines de température, il est de pratique courante d'employer des étalons de travail étalonnés d'après l'étalon primaire de façon à réaliser l'Échelle Internationale, et que les échelles nationales peuvent être considérées comme des étalons de travail dans le cas présent.

Le Président dit qu'au-dessous de 90 °K le choix est à faire entre 1°) une E.I.P.T. fondée sur des points fixes et des procédés d'interpolation entre ceux-ci, les incertitudes entre les points fixes étant de l'ordre de $\pm 0,01$ deg, ou 2°) une E.I.P.T. fondée sur les échelles de quatre laboratoires, échelles qui ne sont pas reproductibles à $\pm 0,01$ deg, complétées par la table CCT-64. Mr Terrien remarque que si les quatre échelles sont différentes, il faut alors faire un changement; il pense qu'il est peut-être préférable que le changement se fasse selon 1°). Mr Hudson indique que dans la pratique on emploierait la table CCT-64.

Il est finalement décidé d'adopter l'Échelle provisoire au-dessous de

90 °K, modifiée si nécessaire. Il est reconnu que les laboratoires qui possèdent une échelle nationale peuvent l'employer, après l'avoir amenée à coïncider avec la table CCT-64, ou toute modification acceptée de celle-ci, comme moyen pour réaliser l'Échelle provisoire et pour maintenir la bonne reproductibilité de leur échelle nationale (voir la Recommandation T 2, point 2, p. 136).

On discute ensuite pour savoir si la limite inférieure de l'Échelle doit être le point d'ébullition ou le point triple de l'hydrogène. Mme Orlova et Mr Hudson préfèrent s'en tenir au point d'ébullition plutôt que de descendre dans un domaine où l'incertitude est plus grande. Mr Riddle dit que l'on a besoin d'une échelle dans cette région, quel qu'en soit le nom, et Mr Preston-Thomas préfère, pour des raisons pratiques, descendre aussi bas que possible. En conclusion, le Comité Consultatif s'accorde pour étendre l'Échelle jusqu'à 13,81 °K.

Mr Swenson rend compte de l'étalonnage de plusieurs thermomètres à résistance de germanium dans le domaine de 2 à 20 °K d'après le thermomètre à gaz à volume constant du N.S.L. (Annexe 14). La conception et la réalisation de ce thermomètre à gaz ont fait l'objet de grands soins de façon à réduire les erreurs systématiques; ce thermomètre a été étalonné en partant de l'échelle du thermomètre à résistance de platine du N.B.S. (1955) entre 16 et 30 °K. Deux des thermomètres à germanium ont été ensuite envoyés au Ames Laboratory (Iowa State University) et l'un d'eux a été envoyé au N.B.S. pour être étalonné d'après l'échelle provisoire du thermomètre acoustique du N.B.S. (1965) et l'« Échelle ^4He 1958 » (T_{58}).

La principale incertitude systématique dans ces mesures au thermomètre à gaz vient du choix des résultats servant à calculer les coefficients du viriel nécessaires pour faire la correction au gaz réel. On a choisi les valeurs de Kilpatrick, Keller et Hammel (Annexe 14, réf. 1) tout en sachant qu'un autre choix pourrait introduire un changement dans cette correction atteignant jusqu'à 5 %, ou une erreur de l'ordre de 0,002 à 0,003 deg aux températures voisines de 4 °K.

Deux conclusions essentielles ont été atteintes : 1° les résultats obtenus au thermomètre à gaz indiquent que l'Échelle ^4He 1958 donne à 4 °K des températures qui sont de $0,008 \pm 0,003$ deg plus basses que la température thermodynamique (thermomètre à gaz du N.S.L.) si, au voisinage de 20 °K, l'échelle du thermomètre à résistance de platine est considérée comme en accord avec les résultats des mesures acoustiques; 2° les étalonnages de thermomètres au germanium par comparaison au thermomètre à gaz sont en accord avec les étalonnages acoustiques du N.B.S. à $\pm 0,005$ deg à toutes les températures si les températures d'étalonnage sont majorées de 0,025 % (0,005 deg à 20 °K).

Le choix des deuxièmes coefficients du viriel est contesté par Mr Van Dijk, qui souligne que les coefficients du viriel MR-5 de Kilpatrick *et al.* sont calculés au-dessus de 4 °K, sans tenir compte des résultats expérimentaux pour les températures supérieures. Mr Swenson dit qu'employer,

par exemple, les deuxièmes coefficients du viriel donnés par Keesom aurait seulement pour effet de diminuer de 0,002 deg les valeurs du N.S.L. pour les tensions de vapeur de l'hélium liquide aux environs de 4 °K. Les récents résultats des mesures acoustiques pour l'hélium, tant à l'University of Minnesota (Annexe 14, réf. 3) qu'au N.B.S., font penser que les coefficients du viriel à 4 °K, aussi bien ceux de Keesom que ceux de Kilpatrick *et al.* (qui concordent à cette température), sont trop faibles de 5 à 10 %. Ceci aurait pour effet d'augmenter le point d'ébullition de l'hélium liquide de plusieurs millidegrés dans la thermométrie à gaz, au N.S.L. et à l'Iowa State University. La raison de l'écart entre les déterminations P - V - T et acoustique des coefficients du viriel n'est pas connue, quoique les valeurs nettement inférieures, tant pour la température que pour le deuxième coefficient du viriel, trouvées dans les déterminations P - V avec un thermomètre à gaz réel, comparées à celles des déterminations acoustiques, font penser qu'il existe une erreur systématique dans l'une ou l'autre détermination.

Mr Barber insiste sur le besoin d'obtenir des valeurs précises du deuxième coefficient du viriel dans les déterminations du point d'ébullition de l'hélium avec le thermomètre à gaz à volume constant. Il fait remarquer qu'un nouveau calcul des récentes déterminations de cette température sur la base d'un groupe commun des deuxièmes coefficients du viriel (Kilpatrick *et al.* MR-5) a donné comme résultat un point d'ébullition de l'hélium qui est supérieur de 0,006 deg au moins à celui qui a été retenu pour l'établissement de la table T_{58} .

Mr Swenson indique que les résultats de récents travaux sur la thermométrie à gaz effectués à l'Argonne National Laboratory par Osborne, Flotow et Schreiner (*Rev. Sci. Instr.*, **38**, 1967, p. 159) ne confirment pas cette conclusion de Barber; ils concordent en fait avec la détermination au N.S.L. de la tension de vapeur de l'hélium liquide aux environs de 4 °K si, comme cela est suggéré par les résultats des mesures acoustiques, les deuxièmes coefficients du viriel sont augmentés en gros de 5 % dans cette région.

Aucune conclusion n'ayant pu être obtenue sur les écarts entre T_{58} et la température thermodynamique, le Comité Consultatif a reconnu la nécessité de nouvelles déterminations précises du deuxième coefficient du viriel de ^4He entre 2 °K et 20 °K. En particulier, la question s'est posée de savoir s'il y avait ou non une raison fondamentale pour qu'il existe un écart entre les déterminations P - V et acoustique, tant pour la température que pour les coefficients du viriel.

Mme Orlova rend compte (Annexe 15) de la comparaison des échelles de température provisoires (1955) de l'I.M.P.R. et du N.B.S. qui montre des écarts inférieurs à $\pm 0,01$ deg entre 4 °K et 20 °K. On pense qu'un accord comparable existe entre les étalonnages au thermomètre à gaz du N.B.S. (étalonnage N.B.S. et Annexe 14).

Les possibilités d'établir l'E.I.P.T. dans ce domaine sont ensuite discutées, mais aucune décision n'est atteinte compte tenu de la nécessité

d'avoir des valeurs plus précises pour le deuxième coefficient du viriel de l'hélium et d'avoir effectué des recherches approfondies sur les moyens d'exprimer un tel étalonnage soit d'après les points fixes, soit avec des thermomètres de référence tels que des thermomètres au germanium. Les travaux en cours et qui sont mentionnés comprennent des déterminations isothermiques P - V pour l'hélium au K.O.L. (Durieux), la thermométrie à gaz à volume constant au N.P.L. (Barber) et la thermométrie magnétique à l'I.S.U. (Swenson).

Un échange de thermomètres à résistance de germanium fut convenu comme suit : Mme Orlova a apporté à la réunion trois thermomètres du N.B.S. et deux de l'I.M.P.R. Les thermomètres du N.B.S. ont été comparés à des thermomètres de l'I.M.P.R. qui avaient été étalonnés d'après le thermomètre à gaz de l'I.M.P.R. Les thermomètres du N.B.S. iront ensuite au K.O.L., puis au N.S.L. Les deux thermomètres de l'I.M.P.R. seront mesurés au N.B.S., puis envoyés au N.S.L.

Mr Plumb décrit les travaux qu'il a effectués avec G. Cataland sur la courbe de tension de vapeur de l'hydrogène liquide et suggère que d'autres laboratoires s'intéressent aux pressions des points triples. Mr Barber dit que le N.P.L. et le K.O.L. sont d'accord sur la température du point triple mais pas sur la pression.

Sur la question du statut des échelles ^4He et ^3He , Mr Durieux suggère qu'elles figurent en annexe du nouveau texte de l'E.I.P.T. comme étant les échelles recommandées pour un emploi général; Mr Barber remarque que cette façon de faire surmontera la difficulté du fait que l'on suspecte ces échelles de n'être pas exactes. Mr Terrien estime que ces deux échelles ne peuvent être incluses dans l'E.I.P.T. car elles ne constituent pas la meilleure approximation possible de l'échelle thermodynamique, mais que l'on peut les considérer comme des échelles de référence. Mr Plumb considère qu'elles doivent figurer en annexe avec leurs limites d'erreur, ce qui indiquerait leur faiblesse; Mr Hudson pense que les limites d'erreur ne devraient pas avoir la même valeur en plus et en moins, et que seule la limite positive devrait être indiquée.

Températures des points fixes

Le Comité Consultatif a discuté les valeurs à adopter pour les différents points fixes et s'est accordé pour inclure une estimation des incertitudes en chaque point (écarts possibles entre l'Échelle pratique et la température thermodynamique), à la suite d'une suggestion faite par le N.R.L.M. dans un commentaire écrit sur l'échelle provisoire proposée.

Pour le point de congélation de l'or on propose la valeur

$$t_{\text{Au}} = 1\,064,43\text{ }^\circ\text{C},$$

le maintien ou la suppression du second chiffre après la virgule donnant lieu à discussion. En conclusion, on s'accorde pour le maintenir puisque

l'incertitude (fixée à 0,02 deg) sera mentionnée et évitera une méprise sur l'exactitude réelle.

Pour le *point de congélation de l'argent* on adopte

$$t_{Ag} = 961,93 \pm 0,2 \text{ } ^\circ\text{C},$$

plusieurs déterminations donnant la différence entre les points de l'or et de l'argent comme proche de 102,5 deg.

Pour le *point de congélation de l'antimoine*, on a tenu compte des trois valeurs suivantes exprimées dans l'E.I.P.T. 1948 : 630,534 $^\circ\text{C}$ (Istituto Termometrico Italiano), 630,553 $^\circ\text{C}$ (N.R.C.), 630,54 $^\circ\text{C}$ (N.S.L.), dont la moyenne est 630,542 $^\circ\text{C}$. La valeur de la P.T.B. (630,48 $^\circ\text{C}$) n'a pas été retenue, car elle a été obtenue avec un échantillon d'antimoine moins pur que les autres; on a seulement tenu compte de cette détermination comme d'une mesure de la différence entre l'E.I.P.T. (1948) et l'échelle thermodynamique. Cela conduit à adopter la valeur

$$t_{sb} = 630,71 \pm 0,05 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ (therm).}$$

Pour le *point de congélation du zinc* on adopte

$$t_{Zn} = 419,58 \pm 0,03 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Des mesures au thermomètre à gaz, couvrant le domaine de $-183 \text{ } ^\circ\text{C}$ à $+100 \text{ } ^\circ\text{C}$, sont en cours au N.R.C. Ces mesures sont en bon accord avec les résultats de Beattie dans le domaine de $0 \text{ } ^\circ\text{C}$ à $50 \text{ } ^\circ\text{C}$. Une détermination du point d'ébullition de l'eau, qui a été achevée pendant la durée de la session, a donné 99,999 5 $^\circ\text{C}$. En conséquence, le Comité Consultatif décide d'adopter la valeur $373,15 \pm 0,003 \text{ } ^\circ\text{K}$ pour le *point d'ébullition de l'eau*.

En discutant la valeur à attribuer au *point d'ébullition de l'oxygène*, le Comité Consultatif s'est référé aux valeurs indiquées dans le rapport du Groupe de travail II réuni à Moscou en 1966. Mr Barber fait remarquer que, lorsque de nouvelles valeurs diffèrent nettement des anciennes, il convient de rejeter ces dernières; il est très important d'arriver à la valeur exacte, puisque les points fixes inférieurs en dépendent. MM. Preston-Thomas et Barber soulignent que toutes les valeurs ont augmenté depuis 1966 et que la valeur primitive de l'I.M.P.R. devrait aussi être augmentée. Mr Harper propose d'adopter 90,19 $^\circ\text{K}$, mais Mme Orlova et Mr Van Dijk préfèrent 90,18 $^\circ\text{K}$. Mr Hall rappelle que le rapport de la réunion de Moscou indique que le Groupe de travail II a accepté 90,18 $^\circ\text{K}$ « tout en reconnaissant qu'il sera peut-être nécessaire de changer cette valeur à une date ultérieure ».

Le Comité Consultatif s'accorde finalement pour adopter la valeur $90,188 \pm 0,01 \text{ } ^\circ\text{K}$ pour le point d'ébullition de l'oxygène.

Pour le *point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre*, on examine les valeurs suivantes, en tenant compte de la correction nécessaire pour

la valeur 90,188 °K adoptée ci-dessus pour le point d'ébullition de l'oxygène :

Heuse <i>et al.</i> (1931)	20,264 °K	} fondé sur $T_0 = 273,15$ °K
Keesom <i>et al.</i>	20,265	
Woolley <i>et al.</i>	20,277	
Moessen (1954)	20,259	
Borovik (1954)	20,280	
Barber (1963)	20,274	(20,268 avec les coefficients du viriel de Plumb)
Plumb (acoustique, 1966)	20,285	

La moyenne de toutes ces valeurs est 20,272 °K, ou 20,274 °K si l'on ne tient pas compte de la faible valeur obtenue par Moessen. La moyenne des trois dernières valeurs est 20,279 °K. Mr Durieux préférerait adopter 20,274 °K mais accepterait 20,279 °K. On discute pour savoir si la valeur de Moessen doit être laissée de côté; Mr Barber dit qu'il la rejetterait car elle est bien inférieure aux autres valeurs obtenues au thermomètre à gaz, mais Mr Durieux souligne que cette valeur n'est pas plus basse que celle de Borovik n'est élevée. A ce point de la discussion le Comité Consultatif penche pour la valeur $20,275 \pm 0,01$ °K. Plus tard, une commission composée de MM. Barber, Durieux et Plumb a examiné les données relatives à la tension de vapeur de l'hydrogène; dans ses conclusions cette commission exprime une nette préférence pour la valeur 20,280 °K, valeur que le Comité Consultatif adopte, après discussion, pour le point d'ébullition de H_2 en équilibre.

Mr Barber propose qu'une courbe moyenne de la tension de vapeur en fonction de la température, en accord avec les données existantes et conforme à la théorie, soit employée. Mr Durieux est chargé de préparer cette courbe.

Pour le *point triple de l'hydrogène en équilibre*, les valeurs mentionnées à la réunion de Moscou sont corrigées pour un point d'ébullition de l'oxygène de 90,188 °K; les nouvelles valeurs sont alors :

K.O.L.	{ 13,807 °K
	{ 13,803
N.P.L.	13,817
N.B.S.	13,812 (inchangée)

La valeur moyenne $13,810 \pm 0,01$ °K est adoptée par le Comité Consultatif.

Les valeurs suivantes sont données pour la pression du point triple :

N.P.L.	7 059 N/m ²	(52,95 mmHg)
N.B.S.	7 018 —	(52,64 —)
K.O.L.	7 030 —	(52,73 —)

0,001 deg correspondant à 4 N/m² (0,03 mmHg).

La valeur 54,356 °K acceptée à la réunion de Moscou pour le *point triple de l'oxygène* devient 54,361 ± 0,01 °K pour tenir compte de la valeur révisée du point d'ébullition.

L'Échelle Internationale Pratique de Température au-dessus de 90 °K

Dans le domaine de 90 °K à 273 °K, Mr H. Moser suggère que l'on continue à employer l'équation de Callendar-Van Dusen modifiée pour tenir compte des nouvelles valeurs des points fixes. Mr Barber considère que le problème est de savoir sur quelles bases on doit corriger cette équation pour qu'elle donne des résultats conformes à la température thermodynamique. Il préférerait ne prendre que les résultats du N.R.C. et ne considérer les autres mesures que comme des confirmations complémentaires, car la dispersion des observations du N.R.C. est de loin la moindre. Mr Harper préférerait l'emploi d'une table avec une formule d'interpolation comme dans le domaine inférieur à 90 °K. Une commission a étudié cette question et elle a conclu qu'entre 90,188 °K et 273,15 °K l'E.I.P.T. doit être définie d'après la thermométrie à résistance de platine et en se servant d'une table de référence des rapports $R_t/R_{0,0c}$ en fonction de la température.

Aux températures supérieures à 0 °C, Mr H. Moser indique qu'en ajoutant un terme supplémentaire à l'équation de Callendar pour le thermomètre à résistance, on peut reproduire avec une bonne approximation l'échelle thermodynamique telle qu'elle est représentée par la courbe des différences déjà publiée (3). L'équation révisée est

$$t = \frac{1}{\alpha} \left(\frac{R_t}{R_0} - 1 \right) + \delta \frac{t}{100} \left(\frac{t}{100} - 1 \right) + \gamma \frac{t}{100} \left(\frac{t}{100} - 1 \right) \left(\frac{t}{t_{zn}} - 1 \right) \left(\frac{t}{t_{sb}} - 1 \right);$$

son application serait valable entre — 50 °C et 800 °C, mais il n'en propose pas l'emploi au-dessus du point de l'antimoine pour le moment. La valeur de γ est environ 0,042 degré et l'effet du troisième terme dans cette équation est suffisamment petit pour qu'une valeur fixe soit acceptable.

Multiplier le terme γ par le facteur $\left[1 - \varepsilon \left(\frac{t}{t_{Au}} \right)^5 \right]$ avec une valeur d'environ 0,57 pour ε a un effet négligeable au-dessous de 630,5 °C, mais permet d'étendre la validité de l'équation jusqu'au point de l'or.

Mr Harper est d'avis qu'en principe une table serait préférable, comme aux basses températures. Mr Van Dijk remarque qu'un autre terme pourrait être ajouté si nécessaire et Mr de Boer estime qu'une table établie par un ordinateur serait plus régulière et donnerait une meilleure approximation. Mr Barber constate que l'équation proposée ne tient pas compte d'autres points fixes, tels que le point du cadmium, qui sont bien connus, et Mr Swenson dit qu'on pourrait compenser les

(3) Voir l'Annexe 17, reçue après la session du Comité Consultatif.

résultats par la méthode des moindres carrés avec des constantes différentes. Mr Preston-Thomas n'est pas favorable à l'emploi de méthodes d'interpolation différentes au-dessus et au-dessous de 0 °C. Mr Harper constate que deux thèses sont en présence; il considère que le Comité Consultatif pourrait ajourner son choix entre les deux, mais qu'il doit bien affirmer sa décision de principe de modifier l'Échelle de façon à l'amener en concordance aussi étroite que possible avec l'échelle thermodynamique. Ce principe est adopté (*Recommandation T 1*).

Le choix du mode de définition de l'Échelle entre 0 °C et le point de l'antimoine ayant été remis en discussion à une séance ultérieure, le Comité Consultatif s'accorde pour employer l'équation de Callendar modifiée par Moser, avec une valeur unique pour γ . Mr Harper fait toutefois remarquer que l'emploi de cette équation modifiée ne doit pas entraver une amélioration de l'Échelle si, à l'avenir, il s'avérait que le terme ajouté ne permet pas d'obtenir une concordance suffisamment précise avec l'échelle thermodynamique. Le Président propose que MM. Barber et Preston-Thomas déterminent la meilleure valeur à donner à γ pour obtenir la meilleure approximation à tous les points fixes, y compris le point du zinc. Mr de Boer ajoute que l'on peut déterminer γ de façon à faire coïncider la pente à 0 °C avec celle qui est obtenue pour l'Échelle au-dessous de ce point.

La question de substituer le point de congélation de l'étain au point d'ébullition de l'eau est discutée; Mr Barber suggère que cette proposition soit incorporée dans le texte de l'Échelle de la même façon que cela avait été fait en 1960 pour la substitution du point du zinc au point du soufre. D'après Mr Preston-Thomas un tel changement n'introduirait une modification dans l'Échelle que de 0,000 1 deg entre 0 °C et 100 °C.

Le Comité Consultatif discute ensuite de la possibilité de substituer le thermomètre à résistance au thermocouple au-dessus du point de l'antimoine. Mr H. Moser propose que l'on conserve le thermocouple; le thermomètre à résistance donnerait peut-être une meilleure reproductibilité, mais non pas un meilleur accord avec l'échelle thermodynamique. Mr H. Moser ne pense pas avoir de résultats expérimentaux complémentaires avant six mois. Mr Barber déclare qu'il lui sera impossible de préparer le projet de l'Échelle et d'effectuer des travaux expérimentaux. Mr Hall suggère alors que l'on pourrait peut-être publier en 1972, par exemple, une nouvelle édition de l'Échelle de 1968 en y incorporant l'extension de l'emploi du thermomètre à résistance.

Mr Plumb et Mme Orlova considèrent qu'il est prématuré d'effectuer le changement.

Mr Harper aurait été de cet avis il y a six mois, mais les travaux récents effectués au Japon montrent que l'instabilité de thermomètres à résistance convenables aux températures élevées est, ou sera, surmontée; bien que les résultats expérimentaux soient encore insuffisants, il serait regrettable de manquer l'occasion d'effectuer le changement. Il suggère donc que le Comité Consultatif fasse d'abord les amendements concernant

l'emploi des thermocouples (nouvelles valeurs des points fixes, etc.) et qu'il examine aussitôt après la révision de l'Échelle sur la base du thermomètre à résistance.

Mr Hall appuie ce point de vue et cite les travaux de Mr Evans qui ont été exposés aux membres du Comité Consultatif au cours de la visite des laboratoires du N.B.S. à Gaithersburg; ces travaux montrent que le thermomètre à résistance utilisé avec une formule d'interpolation quadratique entre les points de congélation de l'antimoine, de l'argent et de l'or, peut donner une bonne approximation des températures thermodynamiques.

Mr Barber remarque que si le thermocouple est conservé, le thermomètre à résistance pourra le supplanter facilement à n'importe quel moment; il appuie en conséquence la proposition de Mr Moser.

Mr de Boer se déclare d'accord; le Comité Consultatif devrait d'abord approuver les changements dans les valeurs des points fixes et, si cela apparaît réalisable en 1968, adopter le thermomètre à résistance comme instrument d'interpolation au-dessus du point de l'antimoine (voir la *Recommandation T 2*, points 1 et 5).

Valeur de c_2

Mr Terrien indique que la Commission des masses atomiques et constantes associées de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (U.I.P.P.A.) étudie la question d'une révision des constantes physiques, et en particulier de la valeur de c_2 . Cette Commission, qui s'est réunie fin août 1967 à Winnipeg, ne pense pas pouvoir recommander une nouvelle valeur de c_2 avant environ un an. Pour le moment, le Comité Consultatif ne peut qu'adopter la meilleure valeur actuelle (voir la *Recommandation T 2*, point 6).

Lampes à corps noir du N.P.L.

Mr Barber rend compte des résultats obtenus jusqu'à maintenant sur les lampes à corps noir du N.P.L. Ces résultats (Annexe 11) montrent qu'un net changement dans l'étalonnage (plus de 2 deg) est intervenu au cours du circuit Teddington, Leningrad, Braunschweig, Teddington. Les lampes furent soumises à un nouveau chauffage à Teddington, qui provoqua un petit changement; elles furent ensuite renvoyées à Braunschweig et aucun nouveau changement n'est intervenu. Les résultats des mesures à Leningrad n'ont pas encore été communiqués au Comité Consultatif ni à Mr Barber. Des mesures effectuées sur d'autres lampes envoyées au N.S.L. (par avion, aux soins du pilote) concordent avec celles faites au N.P.L. à 0,2 deg (Annexe 13).

Mr Terrien constate que ces résultats montrent de nouveau l'importance du moyen de transport utilisé pour certains étalons, en particulier pour les étalons photométriques. Ces comparaisons seront poursuivies dès que les causes du changement auront été élucidées.

Recommandations à présenter au Comité International des Poids et Mesures

Le Comité Consultatif met au point la rédaction définitive des deux recommandations à présenter au Comité International; ces recommandations (voir p. 136) sont adoptées à l'unanimité. Il examine ensuite les moyens d'appliquer ces recommandations et décide de confier la préparation du projet complet du texte de l'E.I.P.T. à un comité de rédaction comprenant MM. Barber (président), Durieux, Hall et Preston-Thomas, avec Mr Terrien *ex officio*. Un projet pourra être préparé en novembre 1967 et sera prêt à être distribué au commencement de janvier 1968. Six semaines seront laissées pour faire des commentaires et le document pourra être soumis au C.I.P.M. avant juin 1968.

Le Comité Consultatif laisse également à ce comité de rédaction le soin de décider quels seront les documents à publier en annexe du compte rendu de cette session.

Le Comité Consultatif discute ensuite sur des points particuliers qui devront être traités par le comité de rédaction :

Mr Barber rappelle qu'il faudra choisir des formules d'interpolation au-dessus de 273 °K (Annexe 5). Mr Preston-Thomas considère que les points à 14,17 °K et à 20 °K peuvent ne pas suffire dans cette région et que l'on pourrait en ajouter, si nécessaire. Mr Harper remarque que l'on pourrait s'inspirer de l'Annexe 5 pour faire les modifications qui apparaîtraient souhaitables d'après l'analyse faite par Mr Preston-Thomas. Mme Orlova dit que cela ne sera pas facile et Mr Preston-Thomas souligne que la difficulté vient de ce que l'on n'avait connaissance que d'un seul étalonnage de l'I.M.P.R. et qu'il serait intéressant que Mme Orlova puisse fournir d'autres étalonnages très prochainement.

Pour le domaine de 90 à 273 °K, Mr Van Dijk propose d'utiliser la formule (1) donnée dans l'Annexe 5 :

$$\Delta W = a_1 t + b_1 t (t - 100) + c_1 t^3 (t - 100)$$

avec b_1 égal à zéro et c_1 déterminé par étalonnage au point d'ébullition de l'oxygène. MM. Barber et Preston-Thomas ont fait confiance aux travaux de Van Dijk. Mme Orlova ayant attiré l'attention sur les travaux de l'I.M.P.R. (Annexe 8), Mr Barber répond qu'ils seront également considérés ainsi que tous les autres résultats complémentaires que Mme Orlova pourra fournir pour vérifier la formule. Mr Hall considère que si ce processus échouait il faudrait donner au comité de rédaction des pouvoirs discrétionnaires.

Mr Preston-Thomas demande s'il faut rejeter la valeur 1,392 0 pour R_{100}/R_0 dans ce domaine de température. Mr Barber estime illogique de ne pas employer 1,392 5 sur toute l'étendue de l'Échelle et le Comité Consultatif s'accorde pour que « R_{100}/R_0 ne soit pas inférieur à 1,392 50 ».

Sur la question de spécifier $W_{4,2}$ ou $W_{13,8}$ pour le platine, le Comité Consultatif s'accorde à ne pas spécifier $W_{13,8}$; mais une valeur pour $W_{4,2}$ est-elle nécessaire? Mr Hudson pense que seul α est nécessaire.

Mr Van Dijk considère que $(W - W_{\text{idéal}})_{13,8} / (W - W_{\text{idéal}})_{90,188} > 1,2$ peut être un critère. L'inhomogénéité du fil peut conduire à une valeur anormalement basse de $W_{4,2}$ et Mr Van Dijk suggère que le critère $(1 - W_{O_2})/\alpha = 192,60 \pm 0,02$ peut éviter cet écueil. Mr Riddle estime que ceci n'a pas été suffisamment prouvé, et Mme Orlova préfère conserver $W_{4,2}$. Mr Hudson maintient sa proposition, mais demande aux laboratoires nationaux de donner des valeurs de $W_{4,2}$ chaque fois que cela est possible. Le Comité Consultatif approuve cette dernière proposition.

Mr Harper demande que les valeurs du point triple et du point d'ébullition du néon soient comprises parmi les points fixes secondaires.

La question concernant la spécification de la longueur d'onde à employer dans le pyromètre optique étalon est discutée. Le Comité Consultatif est d'accord pour estimer que cette spécification n'est pas nécessaire actuellement, du fait que les nouvelles valeurs du point de l'or et de c_2 sont très proches des valeurs réelles. Cela pourra cependant être mentionné en note dans le texte de l'Échelle.

Unités de température : noms et symboles.

Définition du kelvin

Le Comité Consultatif examine les propositions du Comité Consultatif des Unités (C.C.U.) concernant le nom et le symbole de l'unité de température thermodynamique, l'emploi du même nom pour désigner un intervalle de température et une définition explicite du kelvin (Recommandations U 2 et U 7, pp. 113 et 115).

Mr Harper fait remarquer que dans certains pays il est illégal d'employer d'autres unités que celles du SI; en conséquence, si l'on accepte les propositions du C.C.U., il sera illégal d'employer le symbole « deg ».

Sur la Recommandation U 2 proposant pour l'unité de température thermodynamique le nom « kelvin » et le symbole « K » (au lieu de « degré kelvin » et « °K »), le Comité Consultatif est d'accord mais demande que soit autorisé, à titre temporaire, l'emploi de °K, de degré et de ses traductions dans les autres langues. Le Comité Consultatif est d'accord à l'unanimité pour que les mêmes symboles, c'est-à-dire K ou °C, soient employés pour exprimer une température et une différence (ou un intervalle) de température.

La définition de l'unité de température thermodynamique (kelvin) proposée dans la Recommandation U 7 est acceptée à l'unanimité.

Mr Oleinik exprime les remerciements du Comité Consultatif à ses hôtes et au président.

Le Président croit savoir que cette session est vraisemblablement la dernière à laquelle participent MM. Van Dijk et H. Moser, et il les remercie pour l'importante collaboration qu'ils ont apportée au Comité Consultatif depuis de nombreuses années. Mr Moser exprime à son tour ses remerciements.

(Septembre 1967)

**Recommandations
du Comité Consultatif de Thermométrie
présentées
au Comité International des Poids et Mesures**

RECOMMANDATION T 1 (4)

Le Comité Consultatif de Thermométrie recommande que soit accepté le principe de la révision de l'Échelle Internationale Pratique de Température de façon à la faire concorder le mieux possible avec l'échelle thermodynamique, et à l'étendre jusqu'à 13,810 °K. De l'avis du Comité Consultatif un projet définitif destiné à être soumis au Comité International des Poids et Mesures sera prêt en juin 1968.

RECOMMANDATION T 2

Le Comité Consultatif de Thermométrie (C.C.T.) s'accorde à fonder l'Échelle Internationale Pratique de Température (E.I.P.T.) révisée et étendue, sur les principes suivants :

1° *Les valeurs des températures des points fixes de définition doivent être :*

<i>Point triple de l'hydrogène en équilibre.....</i>	13,810	}	°K
<i>Point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre.....</i>	20,280		
<i>Point triple de l'oxygène</i>	54,361		
<i>Point d'ébullition de l'oxygène</i>	90,188		
<i>Point triple de l'eau</i>	{ 273,16*	}	
	{ 0,01*		
<i>Point d'ébullition de l'eau</i>	100,000	}	°C
<i>Point de congélation du zinc</i>	419,58		
<i>Point de congélation de l'argent</i>	961,93		
<i>Point de congélation de l'or</i>	1 064,43		

(*) Par définition.

2° *Entre 13,810 °K et 90,188 °K, l'E.I.P.T. doit être l'Échelle provisoire proposée par le Groupe de travail II du C.C.T. à sa réunion de septembre 1966, modifiée si nécessaire. Il a été reconnu que les laboratoires qui ont des échelles nationales peuvent les employer, après les avoir fait concorder avec la table*

(4) *Note ajoutée aux épreuves.* Par sa Résolution 8, la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures (octobre 1967) a donné pouvoir au Comité International des Poids et Mesures pour prendre les décisions nécessaires afin que soit mise en vigueur dès que possible une nouvelle Échelle Internationale Pratique de Température.

A sa 57^e session (octobre 1968) le Comité International a adopté le texte de l'« Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 »; ce texte est publié à l'Annexe 18 et dans les *Comptes rendus de la 13^e Conférence Générale.*

CCT-64, ou ses modifications acceptées, comme moyen de réaliser l'E.I.P.T. et de maintenir la bonne reproductibilité de ces échelles nationales.

3° Entre 90,188 °K et 273,15 °K, l'E.I.P.T. doit être définie d'après la thermométrie à résistance de platine et en se servant d'une table de référence des rapports de résistance $R_t/R_{0,0}$ en fonction de la température. La table doit être fondée sur les résultats obtenus au moyen du thermomètre à gaz au Conseil National de Recherches (Ottawa) qui sont confirmés par les résultats de mesures similaires effectuées au Kamerlingh Onnes Laboratorium (Leiden), au National Physical Laboratory (Teddington) et à l'Institut des Mesures Physicotechniques et Radiotechniques de l'U.R.S.S. (Moscou).

4° Entre 0 °C et le point de congélation de l'antimoine, l'E.I.P.T. doit être définie d'après la thermométrie à résistance de platine en se servant de l'équation de « Callendar-Moser », avec une valeur convenue de γ dans cette équation, R_0 , α et δ étant déterminés par étalonnage au point triple et au point d'ébullition de l'eau et au point de congélation du zinc. Il a été reconnu que le même étalonnage est obtenu en employant le point triple de l'eau et les points de congélation de l'étain et du zinc avec la valeur convenable assignée au point de congélation de l'étain.

5° Entre le point de congélation de l'antimoine et 1 064,43 °C, l'E.I.P.T. doit être définie comme l'E.I.P.T. de 1948 en utilisant les nouvelles valeurs récemment adoptées pour les points de congélation de l'argent et de l'or, et la valeur pour le point de congélation de l'antimoine déterminée dans l'échelle du thermomètre à résistance de platine conformément au point 4° ci-dessus, jusqu'à ce que de nouvelles expériences permettent d'étendre l'échelle du thermomètre à résistance au-delà.

6° Au-dessus du point de congélation de l'or l'E.I.P.T. doit être définie comme l'E.I.P.T. de 1948, mais avec la valeur 0,014 388 mètre-degré pour c_2 et 1 064,43 °C pour le point de l'or. Toutefois, si une nouvelle valeur de c_2 est recommandée pour l'usage général par l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée avant que l'Échelle soit publiée, cette valeur devra être adoptée pour l'E.I.P.T.

ANNEXE 1

**Lettre du Président
du Comité International des Poids et Mesures
au Président de l'Union Astronomique Internationale**

13 novembre 1967

Monsieur le Président,

Je vous prie de trouver ci-joint la Résolution 1 qui vient d'être adoptée par la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures, le 13 octobre 1967, et qui change la définition de l'unité de temps du Système International d'Unités.

Vous constaterez que la Conférence Générale, dans cette Résolution, n'a pas abrogé la seconde des éphémérides; elle a seulement abrogé sa Résolution antérieure (et celle du Comité International) afin d'éviter que le Système International d'Unités ait deux unités de temps.

Il va sans dire que le Comité International des Poids et Mesures, qui est l'auteur du projet de cette Résolution 1, n'a pas et n'a jamais eu l'intention de gêner les travaux des astronomes, qui sont évidemment nécessaires et doivent continuer. Il a jugé inutile d'introduire dans la Résolution que la seconde des éphémérides fait partie intégrante du système des constantes astronomiques de l'U.A.I. Bien au contraire, en s'abstenant de le faire, le Comité International a eu le souci de ne pas s'immiscer dans les décisions de l'U.A.I. et de ne pas gêner des révisions éventuelles futures.

Depuis l'antiquité, l'unité de temps avait été définie par des phénomènes astronomiques, c'est pourquoi la Conférence Générale des Poids et Mesures s'est trouvée amenée à introduire des notions astronomiques dans ses résolutions. Désormais, en ces matières, et sauf besoin nouveau, la Conférence Générale entend laisser la liberté d'action aux organismes compétents, et qui font autorité, tels que l'union Astronomique Internationale.

Veuillez agréer,

Signé: L.E. HOWLETT, Président

NOTICES NÉCROLOGIQUES

TEOFILO ISNARDI (1890-1966)

Le 5 janvier 1966, le Comité International des Poids et Mesures perdait un de ses membres particulièrement estimé, le Professeur Teofilo Isnardi. Élu au Comité International en octobre 1948, il fut le premier Sud-Américain à y siéger ⁽¹⁾.

Né à Buenos Aires le 15 août 1890, T. Isnardi fit ses études secondaires et universitaires à la Ciudad del Plata. Il compléta cet enseignement supérieur par des stages, en tant que boursier, aux Universités de Berlin et de Paris.

Son œuvre scientifique est importante et il a publié de nombreux travaux et ouvrages dans les domaines de la physique, de la chimie-physique, de la physique mathématique et de la métrologie; ses travaux portent plus spécialement sur des problèmes concernant le magnétisme, la thermodynamique, l'électricité, les systèmes d'unités, la relativité, etc.

T. Isnardi a professé dans plusieurs collèges et universités de la République Argentine et fut directeur de la Commission Nationale de l'Énergie Atomique.

Il était membre titulaire de l'Académie des Sciences Physiques et Naturelles dont il assumait également la présidence, membre correspondant de l'Académie des Sciences de Cordoba et membre de l'Institut de l'Université de Paris à Buenos Aires.

Malgré son éloignement de l'Europe qui ne lui permettait pas d'assister aussi régulièrement qu'il l'eût souhaité aux sessions du Comité International, T. Isnardi a toujours porté un intérêt aux travaux du Comité. Les sessions auxquelles il a participé étaient marquées de ses interventions dans les discussions scientifiques; les problèmes concernant l'administration du Bureau International retenaient également son attention. En 1954, lors de la 10^e Conférence Générale des Poids et Mesures, il prit une part importante aux discussions qui aboutirent au choix des six unités de base pour l'établissement d'un système pratique d'unités de mesure, devenu par la suite le Système International d'Unités; il avait cependant regretté l'adop-

(1) De 1879 à 1884, les intérêts scientifiques des États de l'Amérique du Sud qui faisaient partie de la Convention du Mètre furent représentés au Comité International par l'Américain B.A. Gould. Cet astronome avait en effet été chargé par la République Argentine de l'organisation et de la direction de l'Observatoire de Cordoba où il travailla pendant quinze années.

tion de l'ampère comme quatrième unité de base, estimant que le choix de la perméabilité magnétique du vide était préférable.

Dans les dernières années de sa vie, son état de santé l'éloigna malheureusement définitivement des travaux du Comité International des Poids et Mesures.

Ses collègues gardent le souvenir de ce grand physicien argentin qui eut dans son pays de nombreux disciples, éveilla de multiples vocations parmi ses compatriotes, et dont la présence au Comité International a renforcé les liens métrologiques entre les États du continent sud-américain et le Bureau International des Poids et Mesures.

ANDRÉ DANJON (1890-1967)

Par H. BARRELL

André Danjon, ancien président du Comité International des Poids et Mesures et de son Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde, est mort à Paris le 21 avril 1967 à l'âge de 77 ans.

A. Danjon fut élu par cooptation en 1952 au Comité International des Poids et Mesures alors qu'il était directeur de l'Observatoire de Paris. Cette élection fut confirmée par la 10^e Conférence Générale des Poids et Mesures (1954) et il devint à cette date président du Comité International en remplacement de J.E. Sears. Après la 11^e Conférence Générale en 1960 il laissa la présidence à R. Vieweg mais conserva son siège au Comité International jusqu'en avril 1964, date à laquelle il se retira pour raison de santé et fut élu membre honoraire du Comité.

Durant la présence de A. Danjon au Comité International, et en particulier sous sa présidence, le Comité s'est occupé de plusieurs projets de très grande importance et il a contribué à leur élaboration et à leur réalisation avec un plein succès. Ce furent, par exemple, en 1956 la définition de la seconde d'après l'année tropique 1900; la nouvelle définition du mètre en 1960 sur la base atomique d'une longueur d'onde lumineuse; la création au Bureau International en 1960 d'une section pour les étalons de mesure des radiations ionisantes; le commencement d'un programme en vue de moderniser l'équipement et l'installation des sections classiques du Bureau International chargées des étalons de mesure fondamentaux; enfin, et ce n'est pas le moindre, la mise en application officielle du Système International d'Unités (SI).

En tant qu'astronome portant de longue date un intérêt aux mesures de temps, il fut tout naturellement choisi comme président du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (C.C.D.S.), créé en 1956 à la suite de l'adoption de la seconde astronomique des éphémérides comme unité de temps. Les recommandations adoptées aux deux premières sessions du C.C.D.S. tenues en 1957 et en 1961 reconnaissaient le principe d'une éventuelle nouvelle définition de la seconde, unité de base du SI, d'après la périodicité de la radiation correspondant à une transition quantique d'un atome ou d'une molécule; elles encourageaient de plus les recherches pour l'amélioration des étalons atomiques et moléculaires de fréquence. Il est regrettable que la mort de A. Danjon survint à peine six mois avant que la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures adoptât officiellement la seconde atomique. Il avait prévu avec certitude ce changement comme

l'étape prochaine, après la nouvelle définition du mètre par la longueur d'onde d'une radiation lumineuse, vers la réalisation d'un objectif à long terme visant à fonder nos étalons de mesure fondamentaux sur des caractéristiques atomiques.

Né à Caen le 6 avril 1890, A. Danjon a étudié la physique avec Aimé Cotton à l'École Normale Supérieure de 1910 à 1914, époque à laquelle il fut mobilisé. Il travailla ensuite avec un groupe de physiciens chargé de mettre au point des méthodes pratiques de repérage par le son et commanda pendant la première guerre mondiale une unité de repérage par le son sur le front. Il fut gravement blessé et perdit un œil. Il était décoré de la Croix de Guerre et Grand Officier de la Légion d'Honneur.

Encore étudiant, A. Danjon s'était beaucoup intéressé à l'astronomie; en 1919, à la fin de la guerre, il fut nommé à l'Observatoire de Strasbourg pour prendre en charge le service du méridien. Dès lors son principal intérêt fut l'amélioration des méthodes et des instruments employés pour déterminer la position des étoiles et le temps astronomique. L'astrolabe à prisme de Danjon fut, bien plus tard dans sa carrière, l'aboutissement de ses efforts dans le domaine optique pour suivre les améliorations importantes faites dans la conservation du temps dans les observatoires, améliorations dues d'abord au remplacement de l'horloge astronomique à pendule par l'horloge à quartz piézoélectrique et, plus récemment, par l'horloge atomique. Ses travaux dans ce domaine apportèrent la preuve, confirmée par d'autres observateurs et d'autres méthodes, que la rotation de la Terre autour de son axe polaire est sujette à des variations en partie prévisibles et en partie irrégulières. Cela conduisit à l'abandon de la seconde solaire moyenne comme unité de base de temps et à son remplacement par la seconde des éphémérides.

On doit également à A. Danjon des améliorations notables dans la photométrie des étoiles, de la Lune et des planètes, et sa thèse de doctorat, qu'il soutint en 1928, décrit son invention du photomètre « à œil de chat » et ses applications. A partir de cette date sa carrière se développe avec une rapidité remarquable : directeur de l'Observatoire de Strasbourg en 1930 et professeur à la Faculté des Sciences de cette ville en 1931, directeur de l'Observatoire de Paris et professeur à la Faculté des Sciences de Paris en 1945, membre de l'Académie des Sciences en 1948. Il contribua beaucoup à l'établissement d'un grand observatoire national français dont la construction commença en Haute-Provence en 1938, mais qui ne fut achevé qu'après la guerre de 1939-1945. A. Danjon fut honoré pour les services qu'il a rendus à l'astronomie non seulement en France mais également dans d'autres pays, ainsi que par des organisations astronomiques internationales. Il est certain que son élection comme président de l'Union Astronomique Internationale en 1954 fut pour lui une grande satisfaction personnelle en même temps qu'un hommage à son renom international. Beaucoup se souviendront de l'Assemblée Générale qu'il présida en 1958 à Moscou.

En plus de ses qualités de grand astronome et d'administrateur, A. Danjon possédait un grand talent de conférencier et d'écrivain. Il était connu non seulement pour ses articles et ses livres sur l'astronomie, mais également pour ses ouvrages de vulgarisation traitant de l'astronomie. C'était un homme de grande culture, s'intéressant à de nombreux sujets en dehors de sa

profession. Il n'y a aucun doute que sa conduite des travaux du Comité International des Poids et Mesures, durant sa présidence marquée par une période critique de l'histoire de l'organisation créée par la Convention du Mètre en 1875, exerça une énorme influence, comme l'a fait son œuvre en astronomie, sur l'ensemble des progrès de la métrologie scientifique. Il est vivement regretté de tous ceux qui ont eu le privilège de collaborer avec lui au cours de sa longue et fructueuse carrière.

INDEX

- Abréviations dans expression des unités, rejet des, 110
- Accélération due à la pesanteur
détermination absolue de g , 45
système gravimétrique de Potsdam (voir à)
valeur provisoire, 50
- Accord de siège, 14
- A.I.E.A., accord avec, 13
- Avertissement historique, 5
- Balances
hydrostatique, 41
Rueprecht N° 1, 41
- Bâtiments, 25
clôture extérieure, 32
Observatoire (fin aménagement couloir de ronde, réfection couverture zinc
Nouvel Observatoire, salles 6, 13, 15 et 116), 31
Pavillons, pose tubes aération Knapen, 32
- Bougie nouvelle, abolition, 20, 111
- Budget 1968, 26, 27
- c_p , valeur adoptée, 133, 137
- Candela, définition, 18, 106, 113
- Certificats, Notes d'étude, 93
- Colorimétrie, 20
- Comités Consultatifs
composition, sessions futures, 24
Définition de la Seconde, présentation du rapport, 14; 4^e rapport, 116; recommandations, 120
Thermométrie, présentation du rapport, 16; 8^e rapport, 122; recommandations, 136
Unités, présentation du rapport, 16; 1^{er} rapport, 100; recommandations, 112
- Comité International, 7
bureau du, activités, 12; élection, 28
décès (A. Danjon), 12, 143
démission (Yamauti), 12
élections (Novikov, Cintra do Prado, Verma, Tomonaga), 12
Rapport du Secrétaire, 12
- Commission Administrative, 12; rapport, 25
- Comparaisons internationales
domaine des radiofréquences, 58
étalons de capacité au mica de 0,1 μ F, 57; de 10 pF, 58
étalons nationaux de résistance et de force électromotrice, 56
radionucléides, 73
- Comparateurs
normal, 34
photoélectrique et interférentiel, 34
- Comptes, 13, 96
- Conférence Générale 13^e, préparation, 21
- Convention du Mètre (Uruguay), 13
- Définitions nouvelles
candela, 18, 113
kelvin, 18, 115
seconde, 15, 121
- Dépôt des Prototypes métriques, visite (voir C.R. 13^e C.G.P.M.)
- Détecteur d'incendie, installation, 32
- Documentation, 85
- Dotation du B.I.P.M., 21
projet de résolution, 23
- Échelle Internationale Pratique de Température, révision, 16
domaine au-dessus de 90 °K, 131
extension au-dessous de 90 °K, 123
température des points fixes, 128, 136
- Électricité
aménagements divers, 56
comparaisons internationales, 56
domaine des radiofréquences, 58
étalons, 56
- Étalons
électriques (voir Électricité)
longueur
à bouts, 36
à traits, 35
pour la mesure de g , 36
masse (voir Kilogramme)
- EURATOM, accord avec, 13

- Fils géodésiques, 37
- Gravimétrie (*voir* accélération due à la pesanteur et Système de Potsdam)
Groupe de travail
étalon primaire photométrique, 12
- Hertz, emploi de l'unité, 111
- Hygromètres, 43
- Interférométrie,
comptage de franges, 39
étude de cales piézoélectriques, 39
étude de radiations monochromatiques, 38
monochromatisation interférentielle, 38
- Kelvin, définition et symbole, 17, 105, 115, 135
- Kilogramme
multiples et sous-multiples, 17, 29, 105, 112
nom du, 104, 112
pesées hydrostatiques, masse volumique de l'eau, 41
- Langue espagnole, proposition d'emploi à Conférences Générales, 28
- Longueurs, 34
- Manobaromètre interférentiel, 55
- Masse, nom de l'unité de, 104, 112
- Masse volumique de l'eau et composition isotopique, 41
- Mesures neutroniques, 79
source de neutrons rapides $D(d,n)^3\text{He}$, 79
- Mètre prototype en Pt-Ir N° 35, 35
- Micron (μ), abolition, 20, 111
- Mole, 18, 107, 114
- Monochromatisation interférentielle, 38
- Notices nécrologiques (T. Isnardi), 141; (A. Danjon), 143
- Ordinateur, location, 33
- Organismes intergouvernementaux, accord avec 13,
- Organismes internationaux et nationaux, travaux en liaison avec, 85
- Personnel du B.I.P.M., 9, 25, 30
départ, 30
engagements, 30
voyages, visites, exposés et conférences, 87
- Photométrie
colorimétrie et radiométrie, 20
étalon primaire, Groupe de travail, 12
réfection de la salle, 59
sphère lumenmètre, 60
- Points fixes de définition E.I.P.T., valeurs, 128, 136
- Préfixes, 107
emploi, 111
femta, atta, rejet, 108
symboles, rejet de K pour kilo, 108
- Publications
du Bureau, 86
extérieures, 86
- Radiations ionisantes (*voir* Mesures neutroniques, Radionucléides, Rayons X et γ)
- Radiométrie, 20
- Radionucléides, 73
comparaisons internationales, 73
phénomènes statistiques, étude, 78
préparation des dilutions et des sources, 75
sources étalons ^{60}Co , ^{54}Mn et $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$, 75
spectromètre α , 75
- Rapport du directeur, 24, 25, 30
- Rayons X et γ , 60
activité source ^{60}Co de 1 Ci, 60
correction d'atténuation, 65
étalons exposition dans domaine des rayons X mous, 67
mesure exposition par photons du ^{60}Co , 64
rayonnement diffusé, 67
- Règles
étalons, 35
géodésiques, 36, 37
- Seconde (*voir* Comités Consultatifs)
lettre au président U.A.I., 139
nouvelle définition, 15, 121
suggestions du C.C.U., 104
- SI, 19 (*voir* Comité Consultatif des Unités)
abolition micron (μ) et bougie nouvelle, 20, 111
définition, 19, 108
femta, atta, rejet, 108
modification Résolution, 12
11° C.G.P.M., 20, 107, 114
multiples et sous-multiples des unités, 107, 112
unités dérivées, 20, 108
- Spectrométrie α , 75
- Symboles préfixes, rejet de K pour kilo, 108
- Système gravimétrique de Potsdam, enquête sur révision, 13, 21
- Taxes, remboursement, 14
- Température (*voir* Comité Consultatif de Thermométrie)

intervalle de, unité, 105
lampes à corps noir, 133
points fixes de l'E.I.P.T., 128, 136
réalisation point Au, 54
unité de (*voir* kelvin)
Temps (*voir* Seconde)
Thermométrie, 16, 53
Comité Consultatif, 8^e rapport, 122
Unités (*voir* au nom des unités)
abréviations explicatives, opposition à

l'emploi de, 110
emploi des préfixes, 29, 111
liste des unités dérivées du SI, 108
nouveaux noms spéciaux, mise en
garde contre, 110
Système International (*voir* SI et
Comité Consultatif des Unités)
Visites et stages au B.I.P.M., 91
Voyages, visites et stages personnel du
B.I.P.M., 87

TABLE DES MATIÈRES

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

56^e Session (Octobre 1967)

	Pages
Avertissement historique	5
Liste des membres du Comité International	7
Liste du personnel du Bureau	9
Ordre du jour de la session	10
Procès-verbaux des séances, 6-16 octobre 1967	11
Ouverture de la session; quorum	11
Constitution de la Commission Administrative	12
<i>Rapport du Secrétaire du Comité International</i> (Membres du Comité International: décès de A. Danjon; démissions de G.D. Bourdoun et Z. Yamauti; élections de I.I. Novikov, L. Cintra do Prado, A.R. Verma et Y. Tomonaga. Réunions de Comités Consultatifs et de Groupes de travail. Activités du bureau du Comité International: préparation de la 13 ^e Conférence Générale; dotations du Bureau International; question de la révision du Système de Potsdam. Accords avec des Organisations intergouvernementales: Agence Internationale de l'Énergie Atomique, Commission des Communautés Européennes. Réintégration de l'Uruguay dans la Convention du Mètre. Indications financières)	12
Décision du Gouvernement français concernant le remboursement des <i>taxes</i> sur le chiffre d'affaires qui grèvent les achats du Bureau International; question de l' <i>accord de siège</i> . Approbation du Rapport du Secrétaire du Comité International	14
Renouvellement par moitié du Comité International par la 13 ^e Conférence Générale: membres sortants dont la réélection est proposée à la Conférence Générale	14
<i>Rapports des Comités Consultatifs et examen des projets de résolutions à présenter à la 13^e Conférence Générale:</i>	
Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (Compte rendu sur la 4 ^e session de ce Comité Consultatif, les consultations par correspondance et les réunions des Commissions 4 et 31 de l'Union Astronomique Internationale. Projets de résolutions pour une définition atomique de l'unité de temps du SI et pour la poursuite des études sur les étalons atomiques de fréquence. Approbation d'une lettre au président de l'Union Astronomique Internationale)	14

Comité Consultatif de Thermométrie (Compte rendu des travaux de la 8 ^e session où fut discutée la révision du texte de l'Échelle Internationale Pratique de Température. Projet de résolution donnant pouvoir au Comité International pour la mise en vigueur d'une nouvelle E.I.P.T.)	16
Comité Consultatif des Unités (Examen des diverses recommandations adoptées à la 1 ^{re} session de ce Comité Consultatif et des projets de résolutions soumis à la 13 ^e Conférence Générale : formation des multiples et sous-multiples décimaux du <i>kilogramme</i> , nom et définition de l'unité de température (<i>kelvin</i> , K), définition de la <i>candela</i> , discussion sur la <i>mole</i> , signification donnée aux appellations « Système International d'Unités » et « Unités SI », adjonction de six unités dans la liste des unités dérivées de la Résolution 12 de la 11 ^e Conférence Générale, abrogation des noms « micron » (μ) et « bougie nouvelle » dans la Résolution 7 de la 9 ^e Conférence Générale)	16
Photométrie (Projet de résolution relatif à l'extension des activités du Comité International et du Bureau International aux aspects métrologiques fondamentaux de la colorimétrie et de la radiométrie)	20
Système gravimétrique de Potsdam (Situation actuelle de la révision de ce système. Projet de création d'un Groupe d'étude)	21
Dotation du Bureau International pour 1969-1972 (Projet d'augmentation annuelle de 14 %; échange de vues sur cette proposition et sur les réactions de la 13 ^e Conférence Générale. Nouvelle proposition assurant au minimum, en un premier temps, 9 % d'augmentation annuelle. Proposition d'ajournement de la Conférence Générale pour une reprise de la discussion. Création d'une Commission <i>ad hoc</i> pour étudier la nature et le montant des ressources supplémentaires nécessaires au Bureau International)	21
<i>Rapport du directeur et travaux du Bureau International</i> (Commentaires succincts sur les principaux points de ce Rapport [voir détails plus loin])	24
Comités Consultatifs : composition et réunions futures (Électricité; Thermométrie; Photométrie (désignation du National Physical Research Laboratory, Pretoria, et du Dr F. Rotter, Vienne, comme nouveaux membres))	24
<i>Rapport de la Commission Administrative</i> (Examen des chapitres « Personnel » et « Bâtiments » du Rapport du directeur; question des taxes d'étalonnage. Approbation de l'exercice 1966. Examen de l'exercice 1967 en cours et du budget 1968. Caisse de retraites : projet de nouveau règlement à l'étude)	25
Approbation du Rapport précédent et du budget pour 1968	26
Élection du bureau du Comité (Réélection du bureau sortant)	28
<i>Questions diverses</i>	
Langue espagnole (Position du Comité International sur l'emploi de la langue espagnole comme langue de travail à la Conférence Générale; décision prise par la 13 ^e Conférence Générale)	28
<i>Recommandations adoptées</i> (Modalités d'application de la Résolution 12 de la 11 ^e Conférence Générale, 1960) :	
— Signification donnée aux appellations « Système International d'Unités » et « Unités SI » : <i>Recommandation 1</i>	29
— Règle de formation des noms des multiples et sous-multiples décimaux de l'unité de masse : <i>Recommandation 2</i>	29
Rapport du directeur sur l'activité et la gestion du Bureau International (1 ^{er} septembre 1966 — 1 ^{er} septembre 1967)	30
I. PERSONNEL. — (Situation. Départ : G. Loric. Engagements : J. W. Müller, P. Giacomo, Mme M. Thomas, Mme J.-M. Chartier)	30
II. BÂTIMENTS. — Laboratoire pour la section des radiations ionisantes (Règlement quasi total des mémoires des entrepreneurs. Question de l'épuration de l'eau. Aménagement de salles au niveau inférieur du bâtiment principal). Observatoire (Achèvement des travaux d'aménagement du couloir de ronde en sous-sol et de	

transformation de la salle 6; travaux dans les salles 13 (chimie) et 116 (photométrie); peinture de plusieurs pièces; réfection partielle de la couverture; travaux de peinture extérieurs). Grand Pavillon (Pose de tubes d'aération Knappen pour l'assèchement des murs; agrandissement du réfectoire en sous-sol). Petit Pavillon (Assèchement d'une partie des murs; travaux de peinture). Services généraux et dépendances (Installation d'un système de détection automatique d'incendie. Réfection partielle de la clôture du parc)	30
III. INSTRUMENTS ET TRAVAUX	32
Remarques générales sur l'équipement des laboratoires et les travaux en cours; location d'un ordinateur I.B.M. 1130	32
<i>Longueurs.</i> — Comparateur photoélectrique et interférentiel (Nouvelles améliorations; mesures effectuées). Mètres prototypes [N° 35 (Rép. Arabe Unie), T 4 (Bureau International)]. Étalons à traits (Règles N°s 621 et 4 399, règle géodésique de 3 m, support d'étalon Perot-Fabry, micromètre sur verre). Étalons à bouts (Broches et calibres divers, étalons N°s 1 et 2 pour la mesure de g). Base, règle et fils géodésiques (Règle I 5, ruban spécial de 22 m)	34
<i>Interférométrie.</i> — Étude de cinq radiations du spectre du ^{198}Hg émis par une lampe G.E.C. à électrodes. Monochromatisation interférentielle (Essais poursuivis et résultats obtenus pour les radiations du ^{86}Kr). Étude de cales piézoélectriques. Comptage de franges (Études en cours)	38
<i>Masses.</i> — Balance Rueprecht N° 1 (Vérification de l'efficacité de la protection thermique; amélioration de la mesure de la température dans la cage). Pesées hydrostatiques et masse volumique de l'eau (Meilleure uniformité et amélioration de la mesure de la température de l'eau dans le vase. Premiers résultats sur la vérification expérimentale d'une formule reliant la masse volumique de l'eau et sa composition isotopique). Études courantes	41
<i>Hygrométrie.</i> — (Instruments en service)	43
<i>Gravimétrie.</i> — Détermination absolue de g (Premiers résultats obtenus. Perfectionnements apportés à l'installation; mesure des étalons de longueur et du temps; étude de causes d'erreurs systématique. Matériel acquis ou construit)	45
<i>Thermométrie.</i> — Thermométrie à résistance de platine (Évolution des bobines du pont de Smith et du potentiomètre « Microstep »; achat de trois thermomètres). Température thermodynamique du point de l'or (Poursuite des préparatifs pour cette mesure). Études courantes de thermomètres à mercure	53
<i>Manométrie.</i> — Manobaromètre interférentiel (Améliorations apportées)	55
<i>Électricité.</i> — Matériel, étalons et aménagements divers (Dons d'instruments et d'étalons par plusieurs laboratoires nationaux et constructeurs; rénovation du potentiomètre spécial). Comparaisons internationales (Étalons nationaux de résistance et de force électromotrice; étalons de capacité au mica de 0,1 μF ; étalons de capacité de 10 pF; situation des comparaisons en cours dans le domaine des radiofréquences). Études courantes	56
<i>Photométrie.</i> — (Rénovation de la salle de photométrie. Dispositif pour le contrôle de l'uniformité du revêtement intérieur de la sphère lumenmètre. Études courantes)	59
<i>Rayons X et γ.</i> — Mesure de l'activité d'une source de ^{60}Co de 1 Ci (Principe de la méthode et travaux préliminaires). Mesure de l'exposition produite par les photons émis par le ^{60}Co à l'aide d'une chambre à cavité (Caractéristiques de la chambre et conditions de mesure; modification de la correction d'atténuation pour tenir compte des parois latérales; détermination expérimentale de la contribution du rayonnement diffusé; procédés de mesure; résultats; variations du débit d'exposition)	60
<i>Radionucléides.</i> — Comparaisons internationales (^{60}Co , ^{241}Am , ^{90}Sr + ^{90}Y , ^{54}Mn). Préparation de sources étalonnées de ^{60}Co , ^{54}Mn et ^{90}Sr + ^{90}Y . Expériences sur la technique de préparation des dilutions et des sources. Installation des appareils pour la spectrométrie α . Étude de phénomènes statistiques	73

<i>Mesures neutroniques.</i> — Mesure absolue d'une source de neutrons rapides $D(d, n)^3\text{He}$ (Séparation magnétique des faisceaux atomique et moléculaire; alignement du faisceau atomique. Cible de titane deutéré; exploration angulaire des coïncidences. Détection des neutrons par protons de recul émis par un radiateur et analysés par une jonction au silicium. Mesures de fluence). Mesures comparatives internationales de densité de flux de neutrons thermiques effectuées dans les empilements modérateurs étalons des laboratoires nationaux (Analyse en cours des résultats)	79
Travaux en liaison avec des organismes internationaux et nationaux ...	85
Documentation. Système Métrique	85
Publications du Bureau	86
Publications extérieures	86
Voyages et visites, exposés et conférences du personnel.	87
Visites et stages au Bureau International	91
Certificats. Notes d'études	93
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)	96
Premier Rapport du Comité Consultatif des Unités au Comité International des Poids et Mesures, par E. Rudberg	100
Quatrième Rapport du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde au Comité International des Poids et Mesures, par B. Deccaux	116
Huitième Rapport du Comité Consultatif de Thermométrie au Comité International des Poids et Mesures, par J.A. Hall	122
Annexe	
1. <i>Lettre du Président du Comité International des Poids et Mesures au Président de l'Union Astronomique Internationale</i>	139
Notices nécrologiques	
T. Isnardi	141
A. Danjon, par H. Barrell	143
INDEX	147