

COMPTES RENDUS DES SÉANCES
DE LA
QUINZIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE
DES POIDS ET MESURES

**Centenaire de la Convention du Mètre
et du Bureau International des Poids et Mesures**

PARIS, 27 MAI — 2 JUIN 1975



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Pavillon de Breteuil, F-92310 SÈVRES, France

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

Au recto :

Médaille frappée à l'occasion du centenaire de la Convention du Mètre
et du Bureau International des Poids et Mesures.

(Œuvre de R. Corbin, Monnaie de Paris)

ISBN 92-822-2034-6

COMPTES RENDUS DES SÉANCES
DE LA
QUINZIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE
DES POIDS ET MESURES

RÉUNIE A PARIS EN 1975

SOUS LA PRÉSIDENTENCE

DE

MR MAURICE FONTAINE

Président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France

Délégués des États signataires de la Convention du Mètre

(Les noms des Membres du Comité International des Poids et Mesures sont précédés d'un astérisque)

Afrique du Sud

Mr le Dr A. STRASHEIM, Directeur du National Physical Research Laboratory, *Pretoria*.

Mr le Dr R. TURNER, Head, Precise Physical Measurement Division, N.P.R.L., *Pretoria*.

Mr L. A. WHITEHEAD, Conseiller d'Ambassade, *Paris*.

Mr P. J. VAN DER WESTHUIZEN, Conseiller Scientifique d'Ambassade, *Paris*.

Allemagne (République Fédérale d')

*Mr le Prof. Dr U. STILLE, Président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt, *Braunschweig*.

Mr le Prof. Dr H.-J. SCHRADER, Vice-Président de la P.T.B., *Braunschweig*.

Mr le Prof. Dr W. MUEHE, Chef de Département à la P.T.B., *Braunschweig*.

Allemande (République Démocratique)

Mr le Dr L. WERNER, Vice-Président de l'Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung, *Berlin*.

Mr W. SCHLESOK, Chef de Laboratoire à l'A.S.M.W., *Berlin*.

Mr B. RIEPRICH, Secrétaire d'Ambassade, *Paris*.

Mme I. HUYBRECHTS, Interprète, A.S.M.W., *Berlin*.

Amérique (États-Unis d')

Mr le Dr R. W. ROBERTS, Directeur du National Bureau of Standards, *Washington*.

*Mr le Dr E. AMBLER, Deputy Director, N.B.S., *Washington*.

Mr le Dr D. L. VIETH, Assistant to Director, N.B.S., *Washington*.

Mr J. P. TREVITHICK, Department of State, *Washington*.

Mr W. C. SALMON, Conseiller pour les Affaires Scientifiques et Technologiques, Ambassade, *Paris*.

Mr J. M. COOGAN, Attaché Scientifique, Ambassade, *Paris*.

Argentine (République)

Mr C. A. DE LA VEGA, Ambassadeur, *Paris*.

Mr E. B. MATUTE, Conseiller d'Ambassade, *Paris*.

Australie

*Mr F. J. LEHANY, Directeur du National Measurement Laboratory, *Chippendale (Sydney)*.

Autriche

Mr le Dipl. Ing. F. BERNHARDT, Directeur au Bundesministerium für Bauten und Technik, *Wien*.

Mr le Dipl. Ing. Dr F. ROTTER, Wirkl. Hofrat, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, *Wien*.

*Mr le Dr J. STULLA-GÖTZ, ancien Président du Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, *Wien*.

Belgique

Mme M.-L. HENRION, Ingénieur en Chef-Directeur du Service de la Métrologie, *Bruxelles*.

Brésil

Mr J. W. BAUTISTA VIDAL, Secrétaire, Secretaria de Tecnologia Industrial, *Brasilia*.

Mr M. REIS, Directeur Général, Institut National des Poids et Mesures, *Rio de Janeiro*.

Mr J. F. DA COSTA, Ministre Conseiller, délégué adjoint permanent auprès de l'UNESCO, *Paris*.

*Mr L. CINTRA DO PRADO, Professeur à l'Université, *São Paulo*.

Bulgarie

Mr P. N. ZLATAREV, Vice-Président du Comité d'État de Normalisation, *Sofia*.

*Mr E. S. DJAKOV, Membre de l'Académie des Sciences de Bulgarie, Directeur de l'Institut d'Électronique, *Sofia*.

Mme B. G. VELITCHKOVA, Expert au Comité d'État de Normalisation, *Sofia*.

Mr I. DJAGAROV, Conseiller d'Ambassade, *Paris*.

Cameroun

N.

Canada

*Mr H. PRESTON-THOMAS, Directeur adjoint de la Division de Physique, Conseil National de Recherches, *Ottawa*.

Mr S. M. GOSSAGE, Président de la Commission du Système Métrique, Ministère de l'Industrie et du Commerce, *Ottawa*.

Chili

Mr C. JACOBY, Chef de la Division de Métrologie, Institut National de Normalisation, *Santiago*.

Corée (République de)

Mr Jong Hak KIM, Directeur, Bureau of Extension Services, Ministry of Commerce and Industry, *Séoul*.

Mr Jae Man PARK, Directeur, Department of Weights and Measures, National Industrial Standards Research Institute, *Séoul*.

Mr Kyow Jong KIM, Chief, Division of Metrology, Ministry of Commerce and Industry, *Séoul*.

Mr Wi Tchol KANG, Attaché Économique, Ambassade, *Paris*.

Danemark

Mr le Prof. Dr T. G. CARLSEN, Professeur à l'Université Technique, *Lyngby*.

Mr E. R. HOLTVEG, Directeur du Bureau National des Poids et Mesures, *Copenhague*.

Mr J. THOMAS, Professeur à l'École Supérieure des Sciences, *Lyngby*.

Mme V. SIMONSGAARD, Ingénieur en Chef, Conseil danois de Normalisation, *Copenhague*.

Dominicaine (République)

N.

Égypte (République Arabe d')

Mr le Dr A. F. DAWOUD, Directeur du National Institute for Standards, *Le Caire*.

Mr le Dr A. LOUFTY EL SAYED, Deputy Director du National Institute for Standards, *Le Caire*.

Espagne

Mr R. NÚÑEZ DE LAS CUEVAS, Président de la Comisión Nacional de Metrología y Metrotecnica, *Madrid*.

Mr R. RIVAS MARTINEZ, Membre-Secrétaire de la Comisión Nacional de Metrología y Metrotecnica, *Madrid*.

MM. J. GARCIA SANTESMASES, J. M. LÓPEZ DE AZCONA, J. A. ANDRÉS JIMÉNEZ, Membres de la Comisión Nacional de Metrología y Metrotecnica, *Madrid*.

Finlande

Mr L. V. LAITINEN, Directeur du Service des Poids et Mesures, *Helsinki*.

Mr A. A. LEINIO, Secrétaire technique, Association finlandaise de Normalisation, *Helsinki*.

Mr P. SALMINEN, Professeur au Centre National des Recherches Techniques, *Otaniemi*.

France

Mr le Prof. P. GRIVET, Président du Comité de direction du Bureau National de Métrologie, *Paris*.

Mr Ch. GIRARD, Ministre Plénipotentiaire, Ministère des Affaires Étrangères, *Paris*.

Mr G. DENÈGRE, Secrétaire Général du Bureau National de Métrologie, *Paris*.

Mr Ch. GOLDNER, Chef du Service des Instruments de Mesure,
Paris.

Mr Ph. OLMER, Directeur Général du Laboratoire Central des
Industries Électriques, *Fontenay-aux-Roses.*

Mr A. ALLISY, Directeur de l'Institut National de Métrologie du
C.N.A.M., *Paris.*

Mr B. GUINOT, Directeur du Bureau International de l'Heure,
Paris.

Mr Y. LE GALLIC, Directeur du Laboratoire de Métrologie des
Rayonnements Ionisants, *Gif-sur-Yvette.*

Mr J.-C. PANSARD, Secrétaire-Adjoint, Ministère des Affaires
Étrangères, *Paris.*

*Mr A. MARÉCHAL, Directeur Général de l'Institut d'Optique, *Paris.*

Hongrie

Mr le Dr I. KISS, Vice-Président de l'Office National des Mesures,
Budapest.

*Mr P. HONTI, Conseiller, Ancien Vice-Président de l'Office National
des Mesures, *Budapest.*

Inde

*Mr le Dr A. R. VERMA, Directeur du National Physical Laboratory,
New Delhi.

Indonésie

Mr R. SOEHARDJO PARTOATMODJO, Directeur du Service de la
Métrologie, *Bandung.*

Mr G. M. PUTERA, Chief of Sub-Directorate of Mass and Weight,
Service de la Métrologie, *Bandung.*

Iran

Mr A. GHALAMSIAN, Membre de la Section de Métrologie, Départe-
ment de Physique de l'Université, *Téhéran.*

Irlande

Mr C. P. O'TOOLE, Chef du Département de Physique, Institute
for Industrial Research and Standards, *Dublin.*

Italie

Mr F. CANTILE, Directeur Général du Commerce Intérieur et des Consommations Industrielles, Président du Comité Central Métrique, *Rome*.

Mr C. AMODEO, Chef de l'Office Central Métrique et d'Essai des Matériaux Précieux, *Rome*.

Mr le Prof. R. SARTORI, Vice-Président de l'Institut National d'Électronique « Galileo Ferraris », *Turin*.

Mr le Prof. A. BRAY, Directeur de l'Institut de Métrologie « Gustavo Colonnetti », *Turin*.

Mr le Prof. A. FERRO MILONE, Directeur de l'Institut National d'Électronique « Galileo Ferraris », *Turin*.

Japon

*Mr le Dr Y. SAKURAI, Directeur du National Research Laboratory of Metrology, *Tokyo*.

Mr T. KURAMOCHI, Premier Secrétaire d'Ambassade, *Paris*.

Mr le Dr T. MASUI, Professeur, Faculty of Engineering, University of *Shizuoka*.

Mexique

N.

Norvège

Mr K. BIRKELAND, Directeur du Bureau National des Poids et Mesures, *Oslo*.

Pakistan

N.

Pays-Bas

*Mr le Prof. Dr J. DE BOER, Directeur de l'Institut de Physique Théorique de l'Université, *Amsterdam*; Secrétaire du Comité International des Poids et Mesures.

Mr A. J. VAN MALE, Directeur en Chef du Service de la Métrologie, *La Haye*.

Mr l'Ing. J. M. DE WOLF, Directeur du Service de la Métrologie, *La Haye*.

Pologne

Mr J. MACHOWSKI, Vice-Président du Comité Polonais de Normalisation et des Mesures, *Varsovie*.

Mr B. ILECZO, Conseiller scientifique d'Ambassade, *Paris*.

Mr Z. PESTRAKIEWICZ, Directeur-Adjoint au Département des Relations avec l'Étranger, Comité Polonais de Normalisation et des Mesures, *Varsovie*.

Mr J. SZAMOTULSKI, Chef du Laboratoire Métrologique, Comité Polonais de Normalisation et des Mesures, *Varsovie*.

Portugal

N.

Roumanie

Mr D. NICULESCU, Inspecteur Général d'État pour le Contrôle de la Qualité des Produits, *Bucarest*.

Royaume-Uni

Mr le Dr P. DEAN, Directeur-Adjoint du National Physical Laboratory, *Teddington*.

*Mr J. V. DUNWORTH, Directeur du N.P.L., *Teddington*; Vice-Président du Comité International des Poids et Mesures.

Mr P. VIGOUREUX, Consultant to the Director, N.P.L., *Teddington*.

Suède

Mr O. A. NORELL, Directeur Général du Statens Provvningsanstalt, *Stockholm*.

Mr le Prof. E. INGELSTAM, Directeur du Département de Métrologie, Statens Provvningsanstalt, *Stockholm*.

Mr l'Ing. R. OHLON, Head of Electrical-Physical Department, Statens Provvningsanstalt, *Stockholm*.

*Mr le Prof. K. SIEGBAHN, Directeur de l'Institut de Physique, *Uppsala*.

Mr le Prof. E. G. RUDBERG, Membre de l'Académie Royale des Sciences de Suède, *Stockholm*.

Suisse

*Mr A. PERLSTAIN, Directeur du Bureau Fédéral des Poids et Mesures, *Wabern/Berne*.

Mr M. JEANRENAUD, Conseiller d'Ambassade, *Paris*.

Tchécoslovaquie

Mr M. KOCIÁN, Vice-Président de l'Office de Normalisation et des Mesures, *Prague*.

Mr J. SKAKALA, Directeur des recherches, Institut Métrologique Tchécoslovaque, *Bratislava*.

Thaïlande

Mr U. DURAYAPRAMA, Premier Secrétaire d'Ambassade, *Paris*.

Turquie

Mr S. ERCAN, Directeur du Service des Poids et Mesures, *Ankara*.

M^{lle} N. BARUTCUOGLU, Attachée Commerciale d'Ambassade, *Paris*.

U.R.S.S.

*Mr B. M. ISSAËV, Vice-Président du Comité d'État des Normes du Conseil des Ministres de l'U.R.S.S., *Moscou*.

Mr A. A. BEREST, Membre du Comité d'État des Normes, Chef du Département du Plan et des Finances, *Moscou*.

Mr O. A. KOSTENKO, Membre du Comité d'État des Normes, *Moscou*.

Mr A. S. OBOUKHOV, Chef de Section au V.N.I.I.F.T.R.I., *Moscou*.

Uruguay

N.

Venezuela

Mr R. DE COLUBI CHANEZ, Directeur du Service National de Métrologie Légale, *Caracas*.

M^{me} A. HERNÁNDEZ, Métrologue au Service National de Métrologie Légale, *Caracas*.

Mr le Dr O. PAZ JOLY, Conseiller Scientifique d'Ambassade, *Paris*.

Yougoslavie

Mr P. KOVINČIĆ, Directeur du Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, *Belgrade*.

Mr S. SPIRIDONVIĆ, Directeur-Adjoint du Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, *Belgrade*.

Mr N. BOŽIĆ, Deuxième Secrétaire d'Ambassade, *Paris*.

Assistent à la Conférence

Mr J. TERRIEN, Directeur du Bureau International des Poids et Mesures, *Sèvres*.

Mr P. GIACOMO, Sous-Directeur du B.I.P.M., *Sèvres*.

Mr Ch. VOLET, Directeur honoraire du B.I.P.M.

Les représentants des Organisations internationales suivantes :

Organisation Internationale de Métrologie Légale (Mr A. J. VAN MALE, Président du Comité International de Métrologie Légale; Mr B. ATHANÉ, Directeur du Bureau International de Métrologie Légale, *Paris*; Mr E. W. ALLWRIGHT, Adjoint au Directeur du B.I.M.L.).

Organisation Internationale de Normalisation (I.S.O.), *Genève* (Mme V. SIMONSGAARD, Secrétaire du Comité Technique I.S.O./TC 12).
UNESCO, *Paris* (Mr M. FREDERIKSEN, Division de la Recherche et de l'Enseignement supérieur technologiques).

Commission des Communautés Européennes (EURATOM), *Bruxelles* (Mr J. FAURÉ, Chef de Service à la Direction générale du Marché Intérieur).

Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (Mr U. STILLE, Secrétaire de la Commission « Symboles, Unités, Nomenclature »).

Mr L. E. HOWLETT, ancien directeur de la Division de Physique Appliquée du N.R.C. (Canada), ancien président du Comité International des Poids et Mesures et membre honoraire de ce Comité.

Mr A. V. ASTIN, ancien directeur du National Bureau of Standards (États-Unis), membre honoraire du Comité International des Poids et Mesures.

Mme U. VIEWEG, veuve de R. Vieweg ancien président du Comité International des Poids et Mesures.

Le personnel scientifique du Bureau International des Poids et Mesures.

Organisation invitée mais non représentée: Agence Internationale de l'Énergie Atomique, *Wien*.

CONVOCAATION *

**La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures
est convoquée pour le mardi 27 mai 1975**

CONSTITUTION DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

Convention du Mètre (1875): article 3

« Le Bureau International fonctionnera sous la direction et la surveillance exclusives d'un *Comité International des Poids et Mesures*, placé lui-même sous l'autorité d'une *Conférence Générale des Poids et Mesures*, formée de délégués de tous les Gouvernements contractants. »

Règlement annexé à la Convention du Mètre (1875): article 7

« La Conférence Générale, mentionnée à l'article 3 de la Convention, se réunira à Paris, sur la convocation du Comité International, au moins une fois tous les six ans.

« Elle a pour mission de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour la propagation et le perfectionnement du Système Métrique, ainsi que de sanctionner les nouvelles déterminations métrologiques fondamentales qui auraient été faites dans l'intervalle de ses réunions. Elle reçoit le Rapport du Comité International sur les travaux accomplis, et procède, au scrutin secret, au renouvellement par moitié du Comité International.

« Les votes, au sein de la Conférence Générale, ont lieu par États; chaque État a droit à une voix.

« Les membres du Comité International siègent de droit dans les réunions de la Conférence; ils peuvent être en même temps délégués de leurs Gouvernements. »

Lieu et dates des séances

Toutes les séances se tiendront au
Centre de Conférences Internationales, 19 avenue Kléber, Paris 16^e
dans une salle gracieusement offerte par le
Ministère des Affaires Étrangères de France,
avec interprétation simultanée en français, anglais et russe.

Première séance, mardi 27 mai 1975 à 15 h.
Deuxième séance, jeudi 29 mai 1975 à 15 h. **
Troisième séance, vendredi 30 mai 1975 à 10 h.
Quatrième séance, lundi 2 juin 1975 à 15 h.
Cinquième séance, mardi 3 juin 1975 à 15 h. **

Une visite du Bureau International des Poids et Mesures et une réception au Pavillon de Breteuil auront lieu le vendredi 30 mai, à 15 h. **

* La présente Convocation confirme et complète la lettre de convocation du 7 octobre 1974.

***Note du B.I.P.M.* — La deuxième séance a eu lieu à 10 h et la cinquième séance a été supprimée. La visite et la réception ont eu lieu le jeudi 29 mai.

PROGRAMME PROVISOIRE (*)

1. Ouverture de la Conférence.
Discours de Son Excellence Mr le Ministre des Affaires Étrangères de la République Française.
Réponse de Mr le Président du Comité International des Poids et Mesures.
Discours de Mr le Président de l'Académie des Sciences de Paris, Président de la Conférence.
2. Présentation des titres accreditant les Délégués.
3. Nomination du Secrétaire de la Conférence.
4. Établissement de la liste des Délégués chargés de vote.
5. Approbation de l'Ordre du Jour.
6. Rapport de Mr le Président du Comité International sur les travaux accomplis.
7. Centenaire du Bureau International des Poids et Mesures.
8. Définition du mètre.
9. Vitesse de la lumière.
10. Étalons du kilogramme.
11. Échelles de temps.
12. Étalons électriques.
13. Échelle Internationale Pratique de Température.
14. Étalons d'autres grandeurs.
15. Système International d'Unités.
16. Programme des travaux futurs.
17. Dotation annuelle du Bureau International.
18. Progrès du Système métrique et diffusion du Système International d'Unités.
19. Propositions de MM. les Délégués.
20. Renouvellement par moitié du Comité International.
21. Questions diverses.

(*) Ce programme provisoire a été adopté comme Ordre du jour définitif, les points 8 et 9 étant toutefois discutés ensemble.

COMMENTAIRES SUR LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DU PROGRAMME

1. Ouverture de la Conférence

La date d'ouverture de la Quinzième Conférence Générale a été choisie de façon qu'elle coïncide aussi bien que possible avec le centième anniversaire de la signature de la « Convention du Mètre », traité par lequel fut décidée la création du Bureau International des Poids et Mesures.

6. Rapport de Mr le Président du Comité International sur les travaux accomplis

L'Article 19 du Règlement annexé à la Convention du Mètre stipule que « le Président du Comité rendra compte, à la Conférence Générale, des travaux accomplis depuis l'époque de sa dernière réunion ».

7. Centenaire du Bureau International des Poids et Mesures

Au cours d'une séance solennelle, il est prévu que divers orateurs prendront la parole pour rappeler les raisons initiales de la création du B.I.P.M., résumer l'œuvre qu'il a accomplie jusqu'à présent, et préciser les services qu'il pourra rendre à l'avenir.

8. Définition du mètre

De grands progrès ont été réalisés dans l'emploi métrologique des lasers à gaz. Grâce à une technique de stabilisation par absorption saturée, plusieurs grands laboratoires nationaux et le B.I.P.M. produisent des radiations monochromatiques qui sont d'excellents étalons de longueur d'onde, avec des qualités qui surpassent celles de la radiation du krypton 86 de la définition actuelle du mètre. L'étude de ces radiations se poursuit activement grâce à une étroite coopération internationale dont le centre de coordination est le B.I.P.M.

La session de juin 1973 du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre a permis d'obtenir un accord unanime sur la valeur de la longueur d'onde de ces étalons aux qualités exceptionnelles. On est donc assuré que les recherches coordonnées se poursuivront sur des bases quantitatives uniformes et acceptées par tous les laboratoires participants. Pour le moment, la définition actuelle du mètre reste suffisante pour la plupart des besoins pratiques. Le C.I.P.M. soumet à la Conférence le projet de résolution A.

Projet de résolution A

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,
AYANT PRIS CONNAISSANCE des qualités métrologiques des radiations produites par des lasers à gaz asservis sur une raie d'absorption,
CONSIDÉRANT que ces radiations constituent des étalons de longueur d'onde dont la précision et la reproductibilité surpassent celles de la radiation du krypton 86 de la définition du mètre,
ESTIME cependant prématuré d'envisager un changement de la définition du mètre,
DEMANDE au Bureau International des Poids et Mesures et aux Laboratoires nationaux de poursuivre leurs recherches sur ces radiations,
ET DEMANDE au Comité International des Poids et Mesures de coordonner ces recherches.

9. Vitesse de la lumière

Les radiations considérées au paragraphe précédent comme étalons de longueur d'onde sont en même temps des étalons de fréquence, puisque, par définition, le produit de la longueur d'onde par la fréquence est la vitesse de propagation, qui est une constante. La mesure de la fréquence de ces radiations est difficile, car ces fréquences sont de l'ordre de dix mille fois plus élevées que les plus hautes fréquences utilisées en radiotechnique. Elle a cependant été réussie, puis confirmée, jusqu'à une fréquence qui correspond à la longueur d'onde d'environ $3,39 \mu\text{m}$; on a mesuré aussi cette longueur d'onde; le produit donne une valeur très précise de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide. Cette constante fondamentale est probablement la plus importante en physique; sa valeur intervient aussi dans la réalisation des unités électriques et dans les mesures de distance par durée de propagation. L'emploi universel d'une même valeur de cette constante est donc éminemment souhaitable pour la pratique et pour la science. Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, à l'unanimité, a estimé que la valeur indiquée dans le projet de résolution B est la plus exacte qu'il soit possible d'obtenir avec la définition actuelle du mètre.

Projet de résolution B

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

CONSIDÉRANT l'excellent accord entre les résultats des mesures de longueur d'onde portant sur des radiations de lasers asservis sur une raie d'absorption moléculaire dans la région visible ou infrarouge, avec une incertitude estimée à $\pm 4 \times 10^{-9}$ qui correspond à l'indétermination de la réalisation du mètre,

CONSIDÉRANT aussi les mesures concordantes de la fréquence de plusieurs de ces radiations,

RECOMMANDE l'emploi de la valeur qui en résulte pour la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide $c = 299\,792\,458$ mètres par seconde.

10. Étalons du kilogramme

Les étalons des unités de plusieurs grandeurs de base (longueur, temps, fréquence, électricité, température), à leur niveau le plus élevé, ont progressé, et beaucoup de travaux continuent en vue de leur amélioration. Au contraire, les étalons de masse semblent avoir été négligés. Le B.I.P.M. a pris l'initiative de faire une enquête internationale sur ce sujet. En effet, la vérification des étalons nationaux du kilogramme est un des devoirs essentiels du B.I.P.M. Une vérification générale de ces étalons devra être entreprise dans quelques années. Il est hautement désirable de mettre en œuvre auparavant les meilleures techniques actuelles pour la préservation et les comparaisons des étalons du kilogramme.

Projet de résolution C

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

CONSIDÉRANT que l'unité de masse, et les unités de toutes les grandeurs qui dépendent de la masse, pour être réalisées exactement, nécessitent l'emploi du Prototype international du kilogramme en platine iridié conservé par le Bureau International des Poids et Mesures depuis 1889,

que pour le moment aucun moyen n'est en vue qui permettrait de définir l'unité de masse en termes de constantes atomiques avec une précision équivalente,

DEMANDE au Bureau International des Poids et Mesures et aux Laboratoires nationaux de poursuivre des études visant à améliorer la précision des comparaisons d'étalons de masse,

ET CHARGE le Bureau International des Poids et Mesures d'organiser ensuite une vérification des étalons nationaux de masse.

11. Échelles de temps

En application des Résolutions 1 et 2 de la Quatorzième Conférence Générale (1971), une liaison étroite a été établie avec le Bureau International de l'Heure (B.I.H.) et son Comité directeur, afin que leurs compétences soient utilisées au mieux pour mettre à la disposition des utilisateurs la seconde, unité de temps, et l'échelle de temps qui en découle, c'est-à-dire le Temps Atomique International (TAI). Cette liaison est assurée par plusieurs moyens officiels : un technicien du B.I.P.M. travaille au B.I.H. à l'établissement du TAI, le sous-directeur du B.I.P.M. est membre du Comité directeur du B.I.H. et le directeur du B.I.H. est membre du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde; de plus, des relations sont maintenues avec les dirigeants et les experts de l'Union Astronomique Internationale, de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale, du Comité Consultatif International des Télécommunications, de l'Union Radioscientifique Internationale, etc.; c'est avant tout l'assistance de l'Observatoire de Paris et d'autres établissements nationaux, particulièrement des États-Unis d'Amérique, jointe à l'aide bénévole des organismes internationaux et à la coopération avec le B.I.P.M., qui permettent au B.I.H. d'accomplir son œuvre indispensable; il faut donc maintenir et renforcer cette coopération.

Projet de résolution D

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

AVANT PRIS CONNAISSANCE des arrangements conclus entre le Bureau International de l'Heure et le Bureau International des Poids et Mesures afin de satisfaire les besoins des utilisateurs du Temps Atomique International (TAI),

CONSTATE avec satisfaction que le TAI est fourni aux utilisateurs dans de bonnes conditions,

RENOUVELLE sa demande aux institutions nationales et internationales de bien vouloir continuer, et si possible augmenter, l'aide qu'elles donnent au Bureau International de l'Heure,

ET DEMANDE au Comité International des Poids et Mesures de veiller à maintenir ses relations avec le Bureau International de l'Heure et son Comité directeur en vue de l'amélioration de l'exactitude et de la continuité du TAI.

Le Temps Atomique International est diffusé par les émetteurs hertziens sous une forme volontairement altérée d'un nombre entier exact de secondes, afin qu'il soit une approximation satisfaisante du Temps Universel, c'est-à-dire du temps de la rotation apparente du Soleil, dont les navigateurs ont besoin pour faire le point. Les émetteurs de cette échelle de temps sont coordonnés, c'est-à-dire qu'ils sont synchronisés et qu'ils modifient le décalage d'un nombre entier de secondes à la même date décidée et annoncée par le B.I.H., d'où le nom de Temps Universel Coordonné (UTC) donné à cette échelle de temps; le Temps Universel Coordonné est à la base du temps civil légal dans tous les pays, avec des décalages correspondant aux fuseaux horaires et aux heures dites d'été, même dans les pays où des règlements très anciens, s'ils étaient pris à la lettre, sembleraient incompatibles avec l'usage de l'UTC. C'est pour faciliter une régularisation de l'usage de l'UTC que le projet de résolution E est soumis à l'approbation de la Conférence Générale.

Projet de résolution E

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

CONSIDÉRANT que le système appelé « Temps Universel Coordonné » * est employé très largement, qu'il est diffusé par la plupart des émetteurs hertziens de signaux horaires, que sa diffusion fournit aux utilisateurs à la fois des fréquences étalons, le Temps Atomique International et une approximation du Temps Universel (ou, si l'on préfère, du temps solaire moyen),

CONSTATE que ce Temps Universel Coordonné est à la base du temps civil dont l'usage est légal dans la plupart des pays,

ESTIME que cet emploi est parfaitement recommandable.

12. Étalons électriques

Au B.I.P.M. et dans plusieurs laboratoires nationaux, on utilise, ou on se prépare à utiliser l'effet Josephson pour contrôler la constance des étalons voltaïques de force électromotrice. A partir de la valeur d'une fréquence électromagnétique mesurable avec une précision surabondante, cet effet fournit des échelons de potentiel hautement reproductibles et susceptibles de servir de référence stable. Par le transport d'éléments voltaïques, et mieux encore, par le transport de dispositifs Josephson complets, on compare les résultats de divers laboratoires afin de rechercher les erreurs systématiques et d'estimer le degré de précision accessible; la reproductibilité semble être meilleure que celle des meilleurs éléments voltaïques. En ce qui concerne le maintien des étalons de l'ampère, la Résolution 9 de la Douzième Conférence Générale (1964), invitant à poursuivre les études sur le coefficient gyromagnétique du proton, reste d'actualité. Ces travaux font progresser l'uniformité, mais n'ajoutent rien à l'exactitude, c'est-à-dire à la conformité à la définition théorique des unités électriques. Des recherches sont en cours dans plusieurs laboratoires nationaux afin d'améliorer l'exactitude des réalisations de l'ampère, de l'ohm, du volt et du farad, mais ces recherches difficiles ne progressent que lentement, de sorte que, actuellement, l'exactitude est moins bonne que la précision. L'industrie a besoin de mesures électriques plus précises que précédemment, non seulement en courant continu, mais encore en courant alternatif et en haute fréquence, et les travaux métrologiques nécessaires forment un ensemble dont les parties sont étroitement liées.

Projet de résolution F

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

AYANT PRIS CONNAISSANCE des travaux en cours en vue d'une réalisation plus exacte de l'ampère, de l'ohm, du volt et du farad, ainsi que des travaux connexes sur l'utilisation de l'effet Josephson et du coefficient gyromagnétique du proton,

RECOMMANDE que ces travaux soient poursuivis activement,

DEMANDE au Comité International des Poids et Mesures de coordonner ces travaux, et de poursuivre l'organisation de mesures comparatives, non seulement des étalons des grandeurs correspondantes en courant continu, mais encore des grandeurs électromagnétiques en haute fréquence.

* *Note explicative.* L'expression « Temps Universel Coordonné » a été employée par les spécialistes dès le début; le mot « coordonné » dans cette expression a des origines historiques.

13. Échelle Internationale Pratique de Température

On sait que l'Échelle Internationale Pratique de Température (E.I.P.T.) est une échelle conventionnelle qui garantit, grâce à des procédés de mesure et des valeurs admises, des mesures faciles et précises; les résultats de ces mesures sont à très peu près conformes à la définition théorique de la température, c'est-à-dire à la température thermodynamique, avec une approximation aussi bonne que le permet l'état de nos connaissances. Depuis la première échelle conventionnelle de ce genre adoptée en 1927 par la Septième Conférence Générale, une nouvelle échelle améliorée a été adoptée en 1948. Puis une troisième amélioration a été faite en 1968, qui bénéficiait du progrès de la mesure des températures thermodynamiques et donnait des valeurs plus exactes dans un domaine plus étendu. Ce qui est proposé maintenant à la Conférence, ce n'est pas une nouvelle échelle, mais seulement une édition amendée de l'Échelle actuellement en vigueur, celle de 1968; l'avantage de cette nouvelle édition est que son emploi est plus commode, sa rédaction plus facile à interpréter, et que l'on y a tenu compte des progrès dans la technique instrumentale et dans la connaissance des températures des points fixes secondaires; mais les valeurs définies par l'Échelle de 1968 sont inchangées, en attendant les progrès des mesures thermodynamiques en cours.

Projet de résolution G

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

AYANT PRIS CONNAISSANCE des amendements apportés à l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968, qui ne changent pas les valeurs des températures mesurées mais qui améliorent la commodité et la reproductibilité des mesures,

APPROUVE l'édition de 1975 de l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968,

ET DEMANDE au Comité International des Poids et Mesures de poursuivre la préparation d'une Échelle révisée qui donnerait une exactitude meilleure, c'est-à-dire des valeurs encore plus voisines des températures thermodynamiques.

14. Étalons d'autres grandeurs

La Conférence Générale entendra des rapports concernant les étalons suivants :

a) *Étalons photométriques.* On attend que les progrès soient suffisants en ce qui concerne la stabilité des lampes étalons photométriques et la précision des mesures radiométriques, pour organiser de nouvelles comparaisons internationales.

b) *Étalons de mesure des rayonnements ionisants.* L'activité dans ce domaine reste soutenue, par des comparaisons internationales, des distributions d'étalons radioactifs, et une coordination étroite des recherches entreprises par les laboratoires qui participent aux réunions des quatre sections du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants.

c) *Force de pesanteur.* La force de pesanteur, en un lieu où l'accélération g due à la pesanteur est connue, est l'étalon de force, d'où l'on dérive expérimentalement les étalons d'énergie, de puissance, de pression, d'intensité de courant électrique, etc. Le B.I.P.M. est devenu la station d'étalonnage la plus précise pour le contrôle des gravimètres de toute nature, relatifs ou absolus. Son aide est demandée par les pays (Italie, Japon) qui ont entrepris de construire des gravimètres absolus.

15. Système International d'Unités

Noms spéciaux pour les unités SI d'activité et de dose absorbée. — En principe, on ne devrait pas allonger la liste des noms spéciaux attribués aux unités SI dérivées car on altère ainsi la simplicité du SI. Cependant, après une enquête approfondie menée par la Commission Internationale des Unités et Mesures de Rayonnements (I.C.R.U.), il apparaît que l'adoption de deux nouveaux noms spéciaux est nécessaire pour que l'usage du SI puisse se répandre parmi les utilisateurs des rayonnements ionisants, principalement dans le domaine médical. Il s'agit des unités d'*activité* et de *dose absorbée*. Les problèmes soulevés sont délicats et doivent être traités avec prudence; il n'est pas étonnant qu'un délai de réflexion se soit écoulé depuis que la Onzième Conférence Générale, par sa Résolution 4, a invité le C.I.P.M. à fixer d'une façon précise les unités à employer dans le domaine des rayonnements ionisants.

Dans toutes les utilisations pratiques, on mesure l'activité en curies. Le curie est une unité en dehors du SI admise par la Douzième Conférence Générale en 1964. L'unité SI est la seconde à la puissance moins un; sous cette dénomination elle est évidemment d'un emploi malaisé et en conséquence dangereux dans la plupart des applications courantes, en particulier dans les hôpitaux; il faut donc lui attribuer un nom spécial. L'unité SI (s^{-1}) étant très petite ($1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} s^{-1}$), les préfixes SI des multiples seront souvent nécessaires; or, ces préfixes ne s'appliquent pas d'une façon naturelle dans ce cas: par exemple, $10^6 s^{-1} = 1 \mu s^{-1}$; au contraire, avec un nom spécial, on utiliserait simplement le préfixe méga. Il est proposé d'appeler l'unité SI d'activité le *becquerel* (symbole Bq), d'après le nom du savant français H. Becquerel qui a découvert la radioactivité en 1896.

La dose absorbée, que tous les praticiens mesurent en rads, est la grandeur essentielle des prescriptions radiologiques en thérapeutique. L'unité SI est le joule par kilogramme ($1 \text{ rad} = 0,01 \text{ J/kg}$), dont la dénomination, trop compliquée, entraîne un risque d'erreurs dans la pratique médicale courante. Il est proposé, à la suite de l'enquête de l'I.C.R.U., d'appeler l'unité SI de dose absorbée le *gray* (symbole Gy), d'après le nom du physicien anglais L. H. Gray qui a joué un rôle éminent dans ce domaine (¹).

Le C.I.P.M. estime nécessaire que ces deux noms spéciaux soient adoptés.

Projet de résolution H

- La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,
- en raison de l'urgence, exprimée par la Commission Internationale des Unités et Mesures de Rayonnements (I.C.R.U.), d'étendre l'usage du Système International d'Unités aux recherches et aux applications de la radiologie,
 - en raison de la nécessité de rendre aussi simple que possible l'usage des unités aux non-spécialistes,
 - tenant compte aussi de la gravité des risques d'erreurs dans la thérapeutique.

(¹) Après avoir fait des études brillantes au Christ's Hospital, puis à Trinity College, Cambridge, Louis Harold GRAY (1905-1965) a travaillé au Cavendish Laboratory, sous la direction de Rutherford, où il a étudié le principe de l'« ionisation dans une cavité », connu sous le nom de *relation de Bragg-Gray*. Cette relation constitue le fondement de toutes les mesures ionométriques de dose absorbée.

Il a ensuite travaillé comme physicien au Mount Vernon Hospital et au Hammersmith Hospital. Il y a effectué des travaux théoriques et expérimentaux dans le domaine de la dosimétrie du rayonnement, puis il s'est orienté vers la biologie et s'est intéressé plus particulièrement à l'action des rayonnements ionisants sur les cellules et les tissus.

Il a également pris une part active dans l'étude et l'élaboration des définitions des grandeurs et unités dans le domaine des rayonnements ionisants; ses travaux ont rendu possible la définition de la dose absorbée.

L. H. Gray est l'auteur d'une centaine de publications et a reçu de nombreuses distinctions, entre autres la Röntgen Award, la Barclay Medal et la Katherine B. Judd Award.

ADOpte les deux noms spéciaux suivants d'unités SI :

le *becquerel*, symbole Bq, pour l'unité d'activité (d'une source radioactive) égale à la seconde à la puissance moins un;

le *gray*, symbole Gy, pour l'unité de dose absorbée égale au joule par kilogramme.

Préfixes SI pour 10^{15} et 10^{18} . Le C.I.P.M. a reçu à plusieurs reprises des demandes en faveur de nouveaux préfixes SI pour la formation des noms des multiples au-delà de téra (10^{12}), parce qu'on a besoin de multiples d'ordre plus élevé pour exprimer des valeurs usuelles de certaines grandeurs. Un exemple est l'énergie, qui est d'actualité dans l'économie mondiale, et que l'on mesure communément en wattheures, ou en multiples du wattheure, au lieu d'employer l'unité SI qui est le joule ($1 \text{ Wh} = 3\,600 \text{ J}$); le térajoule est souvent trop petit, et c'est un obstacle à la diffusion du SI. Un autre exemple est la radioactivité; si l'on remplace le curie par le becquerel, qui est $3,7 \times 10^{10}$ fois plus petit, l'activité des sources radioactives intenses utilisées par exemple pour la stérilisation des aliments s'exprimera en unité SI par des nombres plus grands que 10^{12} . Deux préfixes sont donc utiles, et le C.I.P.M. a choisi *peta* (symbole P) pour 10^{15} , et *exa* (symbole E) pour 10^{18} ; ces noms rappellent que, dans la succession des exposants de 10 qui sont des multiples de 3, peta est le cinquième et exa le sixième, ce qui permet de les retenir plus aisément, faute d'une systématisation d'ensemble de tous les préfixes, qui a été examinée, mais qui ne serait certainement pas opportune.

Projet de résolution 1

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

décide d'ajouter à la liste des préfixes SI pour la formation des noms des multiples des unités, adoptée par la Onzième Conférence Générale, Résolution 12, paragraphe 3^o, les deux préfixes suivants :

Facteur par lequel l'unité est multipliée	Préfixe	Symbole
10^{15}	peta	P
10^{18}	exa	E

16. Programme des travaux futurs

La Quatorzième Conférence Générale en 1971 avait approuvé, en adoptant sa Résolution 4, le programme d'activité du B.I.P.M. pour les années 1973-1976; elle y avait exprimé clairement, en termes généraux, les missions les plus importantes que ce programme devait accomplir, et qui concernaient la coordination internationale des recherches métrologiques, la certification d'étalons pour les États, les mesures comparatives internationales, et l'aide compétente du B.I.P.M. aux pays qui développent leur activité industrielle et métrologique. Le programme approuvé par la Conférence Générale est en bonne voie d'exécution, mais ne sera pas exécuté totalement en raison des hausses de prix et de salaires qui dépassent les prévisions. L'avenir économique mondial semble devenir encore moins favorable. Le C.I.P.M., dans de telles circonstances, prévoit que la Conférence Générale décidera de limiter le programme des années futures aux activités les plus importantes et les plus urgentes, et qu'elle estimera préférable d'ajourner toute extension à de nouvelles activités et tout accroissement du personnel scientifique du B.I.P.M. Mais il est évident que le personnel scientifique et technique actuel doit être maintenu. En conséquence, le C.I.P.M. devra établir, et réviser fréquemment, un ordre de priorité dans les travaux du B.I.P.M. A titre d'information, voici un résumé des priorités envisagées à la session de septembre 1974 du C.I.P.M.

*Première priorité**Deuxième priorité**Longueurs*

Certification d'étalons à traits et à bouts.
 Mise au point de lasers asservis par absorption, étalons de λ .
 Mesures de fréquence par battements entre lasers.
 Nouveau dilatomètre.

Nouvel interféromètre pour longueurs d'onde de rayonnements de lasers.
 Mesure d'étalons géodésiques de 24 m par comptage de franges.

Masses, densités

Certification d'étalons de masse.
 Étude des procédés de nettoyage des étalons.
 Révision des étalons d'usage du B.I.P.M. et préparation d'une comparaison internationale.

Masse volumique de l'air et de l'eau; dilatabilité de l'eau.
 Fléau asservi sans oscillation.

Forces, g

Station internationale primaire d'étalonnage des gravimètres.
 Aide technique à la construction de meilleurs gravimètres.

Adaptation des bons résultats de la mesure de g aux mesures de masse.

Température

Échelle Internationale Pratique de Température.
 Étallonages pour le B.I.P.M. et les États entre 0 °C et 1 064 °C.
 Extension à 90 K (point d'ébullition de l'oxygène).

Extension au-dessous de 90 K et au-dessus de 1 064 K; lampes pyrométriques étalons.

Électricité

Certification d'étalons de résistance et de force électromotrice.
 Maintien du volt par l'effet Josephson.

Réalisation et maintien de l'ohm par le condensateur calculable Lampard-Thompson.
 Construction d'étalons de capacité d'environ 10 pF.

Photométrie

Certification d'étalons d'intensité, de flux, de température de répartition.

Radiométrie des rayonnements visibles ou proches du visible, spectroradiométrie.
 Étude d'une possible redéfinition de la candela par la fixation conventionnelle.

Exposition X, γ ; dose absorbée

Certification de chambres d'ionisation à parois d'air et d'étalons de transfert pour des rayons X de diverses énergies et γ de ^{60}Co .
 Dose absorbée par le graphite.
 Mesure de coefficients d'atténuation.

Extension à d'autres domaines d'énergie.
 Comparaisons internationales de plusieurs méthodes de mesure de la dose absorbée.
 Mesure plus précise de l'énergie d'ionisation W .

Étalons d'activité

Préparation et certification de sources solides, minces et transportables (^{60}Co , ^{54}Mn , ...).
 Comparaisons internationales (^{139}Ce , ^{134}Cs) avec les laboratoires nationaux.
 Établissement d'un système permanent de référence pour des émetteurs γ (chambre d'ionisation $4\pi\gamma$).
 Étude des statistiques de comptage.

Étude des particularités des mesures d'activité (^{57}Co , ^{22}Na , ^{63}Ni ...).
 Acquisition de données de mesures pour $4\pi\beta\text{-}\gamma$ sur bande magnétique.

Mesures neutroniques

Certification de sources de neutrons (mesures de débit par le bain de manganèse).	Mesures dans un empilement thermique. Mesure du débit des neutrons monocinétiques provenant de la réaction $D(d,n)^3\text{He}$ par le bain de manganèse.
Participation aux mesures comparatives internationales du faisceau monocinétique du B.I.P.M.	
Transport d'instruments de transfert et participation aux mesures comparatives dans plusieurs pays.	

17. Dotation annuelle du Bureau International

Si la Conférence Générale décide de maintenir l'activité du B.I.P.M. à son niveau actuel, quelles sont les dotations financières nécessaires pour l'accomplissement de cette activité dans les prochaines années? Ce que l'on peut dire sur cette question a déjà été exprimé dans la lettre de convocation envoyée le 7 octobre 1974 aux représentants diplomatiques des États :

« ... Déjà en 1967 la Treizième Conférence Générale des Poids et Mesures, dans sa Résolution 10, « a reconnu la nécessité d'une augmentation annuelle de 9 pour cent... pour que le Bureau International se maintienne à son niveau actuel ». Une estimation chiffrée des dépenses futures, qui permettrait de décider dès 1975 le montant des dotations financières du Bureau International pour les années 1977-1980, est impossible à cause des hausses de prix qu'il est difficile de prévoir en France et dans d'autres pays. A sa session de septembre 1974, le Comité International s'est senti obligé de procéder différemment et s'est mis d'accord sur les propositions de principe suivantes :

— le nombre des personnes employées au Bureau International devrait rester constant, et l'on devrait renoncer à toute extension de son programme de travail;

— la dotation financière de chaque année devrait être calculée à partir de la dotation de l'année précédente, en tenant compte uniquement des variations annuelles constatées, du niveau des salaires et des prix. L'indice de variation global annuel des dotations successives serait établi chaque année à partir d'indices statistiques de sources reconnues et selon une formule détaillée, qui devraient être approuvés par la Conférence Générale.

« Le bureau du Comité International étudie en ce moment les modalités d'application de ces principes; il donnera ultérieurement à Votre Gouvernement des indications plus précises, avec commentaires explicatifs.

« Pendant que cette étude est en cours, le bureau du Comité souhaite savoir si Votre Gouvernement envisage favorablement les principes ci-dessus proposés par le Comité International. Il prie donc Votre Excellence de bien vouloir transmettre cette lettre aux autorités compétentes de Votre Pays, et de solliciter d'urgence leurs observations afin qu'elles soient connues du bureau du Comité International aussitôt que possible.

« Qu'il soit permis de remarquer à cette occasion que la plupart des pays du monde, surtout dans les circonstances économiques actuelles, cherchent les meilleurs moyens de développer leur production et leurs exportations, pour assurer à la population une qualité de vie convenable. Tous les moyens techniques mis en œuvre dans ce but nécessitent des spécifications quantitatives, et des mesures de précision extrêmement diverses; or, c'est justement la mission du Bureau International de faire en sorte que les étalons de ces mesures existent, possèdent l'exactitude nécessaire, et soient mis à la disposition des laboratoires et des industries dans tous les pays. Si ces étalons venaient à manquer, ou à n'avoir qu'une exactitude insuffisante, il en résulterait un gaspillage économique fort coûteux et une détérioration rapide des échanges internationaux. Le financement de l'activité du Bureau International devrait être considéré par les Gouvernements comme un investissement productif d'intérêts immédiats. Le Comité International, soucieux des besoins internationaux particulièrement sérieux à l'époque actuelle en matière d'étalons de mesure, est conscient de sa responsabilité de veiller à l'accomplissement de la mission

centrale et importante dont le Bureau International est chargé pour le bénéfice du monde entier. C'est dans cet esprit qu'il présente les propositions exposées dans cette lettre; et c'est pourquoi il souhaite disposer dès que possible des observations des Gouvernements sollicitées plus haut, afin que la Quinzième Conférence Générale soit bien préparée et prenne les décisions les mieux appropriées à l'accomplissement de la mission du Bureau International. »

18. Progrès du Système métrique et diffusion du Système International d'Unités

Comme aux Conférences Générales précédentes, le B.I.P.M. a l'intention de présenter un rapport qui contiendra les informations reçues en cette matière. En conséquence, le B.I.P.M. reçoit toujours avec reconnaissance toute information sur les dispositions légales ou réglementaires adoptées dans les divers pays en matière d'unités de mesure.

19. Propositions de MM. les Délégués

Rappelons que les propositions de MM. les Délégués doivent parvenir assez tôt à l'avance afin que le C.I.P.M. puisse les examiner.

20. Renouvellement par moitié du Comité International

Conformément aux Articles 7 (1875) et 8 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre, la Conférence procède, au scrutin secret, au renouvellement par moitié du C.I.P.M. Les membres sortants sont d'abord ceux qui, en cas de vacances, ont été élus provisoirement dans l'intervalle de deux sessions de la Conférence; les autres sont désignés par le sort. Les membres sortants sont rééligibles.

15 janvier 1975

Pour le Comité International des Poids et Mesures,
Pavillon de Breteuil, 92310 Sèvres

<i>Le Secrétaire,</i>	<i>Le Vice-Président,</i>	<i>Le Président,</i>
J. DE BOER	J. V. DUNWORTH	J. M. OTERO



ORDRE DU JOUR DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE

15^e Session — 1975

(Voir page 14)

PREMIÈRE SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU CENTRE DE CONFÉRENCES INTERNATIONALES
DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

19, avenue Kléber, Paris

LE MARDI 27 MAI 1975, A 15 h

La séance inaugurale de la Conférence est ouverte par Mr Jean SAUVAGNARGUES, ministre des Affaires Étrangères de la République Française, qui prononce l'allocution suivante :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

« MESDAMES, MESSIEURS,

« Vous voici réunis pour la quinzième fois dans le cadre de cette Conférence Générale des Poids et Mesures qui depuis maintenant un siècle ponctue à intervalles réguliers les progrès lentement mais tenacement accomplis par votre organisation pour assurer l'unification internationale et le perfectionnement du Système métrique.

« A votre Assemblée désormais centenaire le représentant de la République Française souhaite la bienvenue et puisque c'est à moi qu'échoit ce privilège, vous voudrez bien me permettre les commentaires que justifie une semblable et si rare occasion.

« Sans doute convient-il de rappeler tout d'abord qu'en établissant le Système métrique sous sa forme primitive, au temps de la Révolution française, nos ancêtres de l'Académie des Sciences de Paris avaient l'ambition de doter le monde d'une unité naturelle qui n'appartînt à personne en particulier, et qui pût de ce fait être adoptée par toutes les nations.

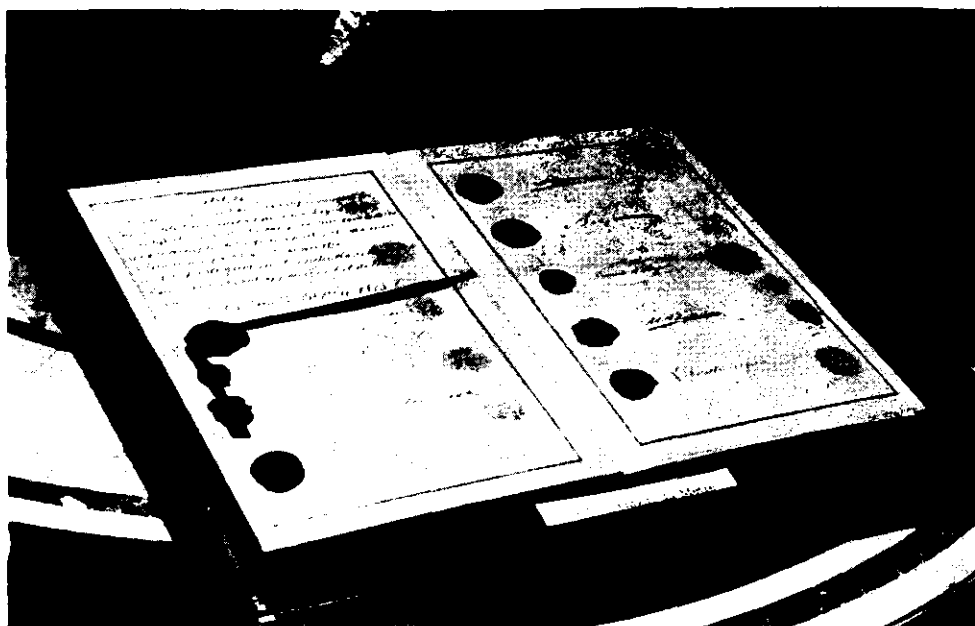
« Telle est la charge à la fois redoutable et exaltante qui fut à l'époque confiée à votre organisation. Cette charge repose encore aujourd'hui sur vos épaules, intacte et toujours recommencée. Il suffit du reste de parcourir votre ordre du jour pour constater que votre mission n'est pas achevée et qu'elle ne le sera peut-être jamais.

« Au cours du siècle dont votre réunion marque le terme, des progrès techniques ont été accomplis que n'ont pu imaginer les inventeurs du Système métrique, ni les signataires de la Convention de 1875. Je laisse à des voix plus qualifiées que la mienne le soin de rendre à cette inlassable course à la précision, et à ceux et celles qui s'y sont consacrés, l'hommage qui convient. Mais il est un autre aspect des résultats obtenus par le Bureau International des Poids et Mesures au cours de ce siècle qu'il me revient de souligner, je veux parler de la dimension internationale à laquelle ils se sont haussés.



Séance d'ouverture de la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures.

De gauche à droite : J. TERRIEN, directeur du B.I.P.M., J. V. DUNWORTH, vice-président du C.I.P.M., M. FONTAINE, président de l'Académie des Sciences de Paris, président de la Conférence Générale, J. SAUVAGNARGUES, ministre des Affaires Étrangères de la République Française, J. DE BOER, secrétaire du C.I.P.M. (Photo B.I.P.M.).



La Convention du Mètre.

Exemplaire du traité déposé dans les Archives du Gouvernement français et exposé au Ministère de Affaires Étrangères lors de la réception offerte le 30 mai 1975 aux délégués de la Conférence Générale (Photo L. Marquet).

« De la fraction du méridien terrestre, mesurée sur un arc qui traversait la France de Dunkerque à Barcelone, vous êtes parvenus aux atomes de krypton et de césium. Ces unités principales sont maintenant véritablement naturelles et se trouvent non seulement sur la Terre mais dans tout l'univers. Le Système International d'Unités dont vous êtes les auteurs, est sur le point de devenir universel par la seule vertu de sa qualité. Qu'il s'agisse des unités elles-mêmes ou de leur nombre, vous êtes peu à peu passés de la méthode artisanale et du chaos disparate, à des unités et à un langage véritablement universels.

« Cette extension de vos travaux ne manque pas d'exercer une force d'attraction qui la récompense et la prolonge au niveau des États.

« De même que des nations qui n'ont pas encore adopté vos normes ou qui n'ont pas encore rejoint vos rangs, recourent à vos réalisations pour assurer l'exactitude de leurs propres étalons de mesure, de même celles dont les industries naissantes ne bénéficient pas encore du concours de laboratoires métrologiques nationaux peuvent-elles obtenir, grâce au Bureau International des Poids et Mesures, des étalons aussi exacts que ceux dont disposent les plus anciens membres de l'organisation.

« Sur ce plan de la solidarité internationale, les fondateurs des institutions de la Convention du Mètre ont été des précurseurs. Si nous devons aujourd'hui leur rendre l'hommage qui leur est dû, je tiens à y associer tous ceux qui depuis tant d'années ont répondu à leur attente et qui justifient aujourd'hui leurs plus nobles espoirs.

« Votre présence ici témoigne de votre volonté de poursuivre l'œuvre entreprise par vos devanciers au service de l'humanité.

« C'est en pleine conscience de votre dévouement à cette mission essentielle que je vous exprime, Mesdames et Messieurs, les vœux que le gouvernement de la République Française forme pour le succès de vos travaux, et que je déclare ouverte la Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures. »

Mr J. V. DUNWORTH, vice-président du Comité International des Poids et Mesures, répond en ces termes :

« MONSIEUR LE MINISTRE,

« C'est pour moi un devoir très agréable que de vous remercier, au nom des délégués des Gouvernements qui participent à cette Conférence Générale, pour le chaleureux accueil que vous nous avez donné à tous ici aujourd'hui. Vous occupez une charge élevée dans votre pays et le fait que vous ayez bien voulu nous consacrer un peu de votre temps, Monsieur le Ministre, prouve l'importance de notre tâche et prouve que vous le reconnaissez.

« La France a donné au monde le Système métrique. Il est en train de devenir le système de mesures et d'unités utilisé dans tous les pays du monde. Pour la première fois dans l'histoire de l'humanité nous avons l'agréable perspective d'un système unique de mesures et d'unités pour tous les hommes, pour tous les domaines de la science, de la technique, de l'industrie et du commerce.

« La France a joué un rôle essentiel en réunissant, il y a tout juste un siècle, les délégués d'un certain nombre de pays. Il en est résulté la signature du célèbre traité que l'on appelle « Convention du Mètre ». Il avait été bien rédigé, car il s'applique aussi bien aujourd'hui qu'il y a un siècle. Depuis cette époque, le Bureau International des Poids

et Mesures est connu et estimé dans le monde entier. Le B.I.P.M. a été le premier laboratoire chargé de la responsabilité exclusive des étalons de mesure et des unités. Depuis lors, de grands laboratoires nationaux ont été créés et j'ai le privilège d'être directeur de l'un de ces laboratoires, mais le B.I.P.M. est depuis longtemps le point central de l'organisation mondiale de tous les aspects scientifiques des mesures et des unités au niveau le plus élevé. Il fournit aux laboratoires nationaux un forum pour élaborer leur programme de travail et il constitue une source de renseignements et de conseils pour les pays dont le développement n'est pas suffisant pour avoir un laboratoire national mais qui ont besoin d'étalons pour leur développement industriel.

« Le B.I.P.M. a survécu à deux guerres mondiales; ses buts sont bien définis et son utilité s'accroît avec les progrès techniques de notre civilisation. L'autorité de la Conférence Générale, dont les délégués sont en ce moment présents dans cette salle, est reconnue non seulement par les Gouvernements qui sont représentés ici mais également par toutes les organisations internationales et les unions scientifiques compétentes. Depuis cent ans c'est un modèle de coopération internationale. Puis-je penser, Monsieur le Ministre, que c'est sans doute cette idée qui vous a poussé à être présent ici aujourd'hui.

« Les décisions qui sont prises par la Conférence Générale sont soigneusement préparées par le Comité International avec les conseils des plus grands experts du monde scientifique. Les preuves sont nombreuses que les décisions prises dans le passé l'ont été au moment opportun et avec sagesse, et nous devons espérer que nous ferons aussi bien que nos prédécesseurs. Il est remarquable que tout ceci a été accompli avec des ressources très modestes, ou faut-il considérer que cela a été un facteur qui a contribué à encourager la qualité. Le personnel du B.I.P.M. comprend douze physiciens, un nombre équivalent de techniciens et le personnel administratif. Même dans ces temps difficiles, je plaide vraiment, avec de bonnes raisons, pour un peu plus.

« Je conclus mes remarques en rappelant l'introduction relativement récente du Système d'Unités SI fondé sur le Système métrique et adopté par une précédente Conférence Générale. Le SI a été accepté dans le monde entier pratiquement sans opposition. C'est là en effet un succès remarquable, dont nous pouvons tous être fiers, et je suis heureux d'avoir ici l'occasion de le rappeler.

« Votre présence aujourd'hui, Monsieur le Ministre, est un encouragement pour tous les délégués présents et je vous en remercie très sincèrement. »

Mr M. FONTAINE, président de la Conférence, prononce l'allocution suivante :

« MONSIEUR LE MINISTRE,

« MESDAMES, MESSIEURS,

« C'est en tant que Président de l'Académie des Sciences de Paris que j'ai l'honneur de présider la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures qui célèbre le centenaire de la Convention du Mètre et du Bureau International des Poids et Mesures. Au nom de cette Académie, je suis particulièrement heureux de saluer les éminents savants de la quarantaine de pays qui ont bien voulu venir jusqu'en notre capitale pour assurer le développement nécessaire et fécond de leur discipline.

« Hélas, je ne suis qu'un physiologiste et n'apparais donc guère qualifié pour discuter avec vous de métrologie, mais je tiens à vous assurer que mes collègues physiologistes et moi-même sommes parfaitement conscients du fait que la métrologie joue un rôle de

plus en plus important dans la discipline que nous cultivons et dans divers domaines de la biologie.

« Considérons par exemple le facteur temps. Dès le début de mes études de physiologie à la Sorbonne, il y a près d'un demi-siècle, je fus confronté avec lui et l'importance de sa mesure exacte par le Professeur Lapicque dont le cours portait sur ce qu'il avait appelé la chronaxie, mesure d'un temps caractéristique de l'excitabilité de tissus ou d'organes, mais en particulier du nerf et du muscle. Aujourd'hui, ce facteur temps est devenu si important, en particulier dans l'étude des rythmes, qu'il a conduit à une branche nouvelle et très importante de la biologie : la chronobiologie, science qui considère la structure temporelle des organismes vivants. On s'est en effet posé depuis bien longtemps la question de savoir quelle était la structure anatomique des animaux et des végétaux, de leurs organes, la structure histologique des tissus, les structures cellulaires ou subcellulaires. Mais c'est à une époque relativement récente que l'on s'est attaqué à la structure temporelle des organismes, des organes, des cellules, des organites et ce sont ces recherches qui ont été groupées sous le nom de chronobiologie. Bien entendu cette science a rapidement essaimé. Devant l'importance des sensibilités rythmées des organismes aux médicaments et aux toxiques sont nées la chronopharmacologie et la chronotoxicologie. Récemment, la chronogénétiq  te était crée et il est sûr que naîtront dans l'avenir bien d'autres sciences dont le nom commencera par le préfixe « chrono », à moins qu'il ne se termine par le suffixe « m  trie », comme par exemple l'autom  trie, mot désignant le fait qu'un sujet humain fait sur lui-même des mesures précises.

« En lisant les commentaires sur les principaux éléments du programme de votre réunion, j'ai constaté bien des points autres que les échelles de temps concernant les physiologistes. Bien entendu, la question des étalons électriques intéresse au premier chef les   lectrophysiologistes. « L'industrie, est-il écrit dans les commentaires sur les principaux éléments de votre programme, a besoin de mesures électriques plus précises que précédemment. » L'industrie sans doute, mais les physiologistes aussi, en particulier pour certaines   lectrog  n  ses ou variations de l'électrogénèse très rapides et quantitativement très réduites, et les océanographes aussi en raison des variations de potentiel électrique très faibles se manifestant entre deux masses d'eau en mouvement et qui peuvent cependant jouer un rôle en biologie marine dans certaines migrations.

« La thermog  n  se, la thermolyse, le rôle des écarts de température dans les comportements, tiennent une telle place dans les sciences physiologiques que je ne doute pas que les progrès que vous ferez dans la mesure de ces températures ne soient l'amorce de progrès dans notre science. Les récents développements et les projets touchant la question des étalons photométriques qui sera traitée, ne peut manquer d'intéresser les photobiologistes.

« La lecture de l'élément de votre programme concernant les unités de mesure des rayonnements m'a particulièrement intéressé, m'étant penché depuis quelques décennies sur certains problèmes de radiobiologie et de radioécologie, en particulier dans les zones d'expérimentation nucléaire. Je ne doute pas que les deux unités que vous proposez d'adopter, le gray et le becquerel ne rendent de grands services et, en tant que professeur au Muséum national d'Histoire naturelle et ancien directeur de cet établissement, je suis particulièrement sensible au choix du nom de notre éminent collègue disparu comme représentant une nouvelle unité que vous vous proposez de créer.

« Je pourrais commenter de similaire façon les divers éléments du programme que j'ai attentivement examiné.

« Mais je pense en fait que les progrès que vous apportez à chacune de vos réunions servent toutes les sciences et l'industrie et un tel propos ne fait que rappeler une évidence

apparue depuis bien longtemps au regard des hommes, puisque déjà quelque cinq siècles avant notre ère, le célèbre poète grec Pindare écrivait dans sa treizième olympique : « Il y a une mesure en toutes choses et savoir la saisir à propos est la première des sciences. »

« Beaucoup plus récemment, mais il y aura cependant bientôt deux siècles, c'était en 1791, les fondateurs du Système métrique, pour établir un système général de mesures, avaient eu l'audace, très réelle pour l'époque, de tenter de créer un organisme supranational, commençant ainsi le tissage de ce réseau mondial de relations scientifiques officielles et de sympathies mutuelles qui ne veut connaître ni frontières, ni guerre froide ou chaude, mais seulement l'union fraternelle de tous pour le progrès scientifique dans une chaleureuse amitié et pour le progrès de la condition humaine. Ce n'est pas là l'un des moindres mérites de la métrologie que d'avoir largement participé à ce développement international de sentiments de solidarité et d'amitié dont la mesure se plie difficilement à la rigueur de vos instruments, mais qui comptent cependant dans la vie des hommes !

« Mesdames, Messieurs, je tiens à vous remercier d'être venus nombreux en notre capitale et je vous y souhaite un agréable et fructueux séjour; je suis sûr que vos travaux vont éclairer d'une lumière nouvelle « la première des sciences » et je leur souhaite un éclatant succès. »

*
* *

Après une interruption de séance d'environ 15 minutes, la Conférence aborde les autres points de son Ordre du Jour sous la présidence de Mr M. FONTAINE, président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

Mr DUNWORTH, vice-président du Comité International des Poids et Mesures, informe la Conférence de l'absence de Mr J. M. OTERO, président du Comité International, dont l'état de santé ne lui a pas permis d'effectuer le voyage à Paris. Mr Otero espérait vivement être présent pour le centenaire de la Convention du Mètre; son absence est regrettée par tous. Un message de sympathie et de vœux sincères pour une meilleure santé lui a été envoyé.

2, 3 et 4. La Conférence approuve par applaudissements la désignation de Mr J. DE BOER, secrétaire du Comité International des Poids et Mesures, comme secrétaire de la Conférence.

Après la présentation des titres accréditant les délégués, le Secrétaire procède à l'établissement de la liste des délégués chargés du vote par État. Cette liste s'établit ainsi :

<i>Afrique du Sud</i>	MM. STRASHEIM
<i>Allemagne (Rép. Fédérale d')</i>	STILLE
<i>Allemande (Rép. Démocratique)</i>	WERNER
<i>Amérique (États-Unis d')</i>	ROBERTS
<i>Argentine (Rép.)</i>	DE LA VEGA
<i>Australie</i>	LEHANY

<i>Autriche</i>	BERNHARDT
<i>Belgique</i>	Mme HENRION
<i>Brésil</i>	MM. REIS
<i>Bulgarie</i>	ZLATAREV
<i>Canada</i>	PRESTON-THOMAS
<i>Chili</i>	JACOBY
<i>Corée (République de)</i>	KIM
<i>Danemark</i>	CARLSEN
<i>Égypte (Rép. Arabe d')</i>	DAWOUD
<i>Espagne</i>	NÚÑEZ DE LAS CUEVAS (ou RIVAS MARTINEZ)
<i>Finlande</i>	LAITINEN
<i>France</i>	GRIVET
<i>Hongrie</i>	KISS
<i>Inde</i>	VERMA
<i>Indonésie</i>	SOEHARDJO PARTOATMODJO
<i>Iran</i>	GHALAMSIAH ⁽¹⁾
<i>Irlande</i>	O'TOOLE
<i>Italie</i>	CANTILE
<i>Japon</i>	SAKURAI
<i>Norvège</i>	BIRKELAND
<i>Pays-Bas</i>	VAN MALE
<i>Pologne</i>	MACHOWSKI
<i>Roumanie</i>	NICULESCU
<i>Royaume-Uni</i>	DEAN
<i>Suède</i>	NORELL
<i>Suisse</i>	PERLSTAIN
<i>Tchécoslovaquie</i>	KOCIÁN
<i>Thaïlande</i>	DURAYAPRAMA
<i>Turquie</i>	ERCAN
<i>U.R.S.S.</i>	ISSAEV
<i>Venezuela</i>	DE COLUBI
<i>Yougoslavie</i>	KOVINČIĆ

Sur les quarante-quatre Pays membres de la Convention du Mètre, trente-huit sont représentés à la Conférence.

5. Approbation de l'Ordre du jour

Le programme provisoire proposé dans la Convocation (p. 14) est adopté comme Ordre du jour définitif, les points 8 et 9 étant toutefois discutés ensemble sur la proposition de Mr STILLE (Rép. Féd. d'Allemagne).

(1) Mr GHALAMSIAH n'est arrivé qu'à la deuxième séance.

6. Le PRÉSIDENT donne la parole à Mr DUNWORTH, vice-président du C.I.P.M., pour la lecture du rapport suivant.

**Rapport du Président du Comité International
sur les travaux accomplis depuis la Quatorzième Conférence Générale**

(octobre 1971 — mai 1975)

En conformité avec l'Article 7 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, j'ai le plaisir de présenter à la Conférence Générale le Rapport du Président du Comité International sur les travaux accomplis depuis la session précédente. Mon Rapport couvrira donc la période de trois ans et demi écoulée depuis octobre 1971.

Adhésions à la Convention du Mètre. -- Nous sommes heureux de constater l'adhésion de deux nouveaux États : le Pakistan, dont l'adhésion a été notifiée le 12 juillet 1973 par la puissance dépositaire du Traité, et l'Iran, dont l'adhésion a été notifiée le 25 février 1975. C'est avec grand plaisir que nous comptons ces deux États parmi les membres de notre Organisation.

Comme la République Démocratique Allemande et la République Fédérale d'Allemagne ont pu être inscrites sous ces noms sur la liste des États membres dans les publications du Bureau International, cette liste comprend maintenant 44 États.

Comité International. -- Deux membres du Comité International ont démissionné parce que leurs nouvelles fonctions dans leur pays n'étaient plus suffisamment en rapport avec la métrologie : ce sont le Dr L. M. BRANSCOMB et le Dr Y. TOMONAGA. Le Comité International a pourvu les deux sièges devenus vacants en élisant le 22 juin 1972 le Dr E. AMBLER, devenu depuis juin 1973 « deputy director » du National Bureau of Standards à Washington, et le 5 mars 1974 le Dr Y. SAKURAI, directeur du National Research Laboratory of Metrology à Tokyo. Ces deux nouveaux membres ont déjà prouvé leur profond intérêt en faveur de nos activités ; leur nomination sera soumise à la ratification de la présente Conférence Générale.

Le Comité International a nommé le Dr L. M. BRANSCOMB membre honoraire en reconnaissance de son activité au sein de ce Comité et de l'intérêt qu'il continue à porter à la métrologie fondamentale.

Parmi les membres honoraires du Comité International, nous avons malheureusement à déplorer deux décès : H. BARRELL, qui fut membre du Comité de 1954 à 1966 et qui présida le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde à l'époque de la préparation de la définition de la seconde par une fréquence de l'atome de césium, est décédé le 16 février 1972. Peu après, le 20 octobre 1972, disparaissait notre ancien président, le Prof. R. VIEWEG ; membre du Comité depuis 1952, il fut élu vice-président en 1954, puis président en octobre 1960. Son action infatigable, secondée puis poursuivie par le Dr L.E. Howlett, fut déterminante pour faire du Bureau International l'établissement moderne et efficace qui rend maintenant de si éminents services à la communauté internationale en métrologie.

J'en viens maintenant à l'exposé des travaux, qui comporte onze sections correspondant aux diverses grandeurs dont nous avons à nous occuper.

1. LONGUEURS

Étalons de longueur à traits. -- Treize pays (Afrique du Sud, Argentine, France, Inde, Indonésie, Irlande, Japon, Norvège, Pologne, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, U.R.S.S.) et une organisation internationale (CERN, Genève) ont demandé l'étalonnage d'un ou plusieurs étalons à traits. Ces mesures sont faites à partir de la radiation étalon primaire du krypton 86 au moyen du comparateur interférentiel à microscopes photoélectriques installé en 1964, avec un écart-type de 0,02 μm sur l'intervalle de deux traits et une incertitude systématique du même ordre. Ce comparateur est en service à peu près permanent, sauf pendant les révisions rendues nécessaires par son usage intensif ; le chariot porte-règle

subit environ 10 000 départs et autant d'arrêts en un an. Des améliorations ont été apportées aux multiples éléments de cet ensemble, en particulier aux dispositifs de mesure de l'indice de réfraction de l'air, des températures, à l'électronique des microscopes et du comptage des franges d'interférence; on a mis en service l'enregistrement automatique des observations sur cartes perforées en vue de leur traitement par l'ordinateur.

Étalons de longueur à bouts plans. — Six pays (Afrique du Sud, Belgique, Norvège, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie) ont demandé la mesure d'étalons en acier à bouts plans de diverses longueurs. L'interféromètre Tsugami, à observation visuelle, sert pour les longueurs jusqu'à 0,25 m, et le comparateur photoélectrique et interférentiel déjà mentionné jusqu'à 1 m. Là comme toujours, des améliorations et des expériences de dépistage des erreurs systématiques sont effectuées régulièrement. Une défectuosité de la chambre à vide, qui sert à la correction d'indice de l'air dans l'interféromètre, a été ainsi mise en évidence au cours d'un tel contrôle.

Étalons de longueur géodésiques. — Des fils géodésiques en invar ont été mesurés, avec souvent des mesures de dilatation qui ont nécessité une révision du dilatomètre de 24 m.

Étalons de longueur d'onde et lasers. — Des mesures comparatives de longueur d'onde ont prouvé que la longueur d'onde étalon primaire du krypton 86 est reproductible dans des limites de $\pm 4 \times 10^{-9}$ de sa valeur. Il semble que le profil spectral de cette radiation soit moins dissymétrique qu'on ne le craignait d'après les observations faites au B.I.P.M. et dans d'autres laboratoires, et que ce profil soit légèrement différent selon la région du gaz émetteur et la direction des rayons lumineux.

Le B.I.P.M. a maîtrisé les techniques d'emploi de l'absorption saturée par la vapeur d'iode afin de stabiliser la fréquence des lasers à He-Ne; il a participé à des mesures comparatives avec plusieurs autres laboratoires sur ces lasers asservis qui produisent une radiation bien supérieure à celle du krypton par ses qualités métrologiques. La cohérence de cette radiation permet des comparaisons de fréquence par battements, et le B.I.P.M. possède maintenant les appareils nécessaires, capables de mesurer des fréquences de battement jusqu'à l'ordre du gigahertz, et d'atteindre des précisions inaccessibles aux techniques interférentielles, ce qui permet de contrôler les asservissements fort délicats de ces lasers. Plusieurs pays ont reçu les conseils et l'aide du B.I.P.M. dans la construction et l'emploi de ces lasers asservis.

Les mesures de longueur d'onde par comparaison au krypton, effectuées au B.I.P.M. et dans d'autres laboratoires sur les radiations des lasers stabilisés par l'iode ou par le méthane, ont fourni au Comité Consultatif pour la Définition du Mètre des données expérimentales concordantes; l'accord fut unanime sur le choix des valeurs à recommander afin que les recherches à poursuivre s'appuient sur une base commune acceptée par tous, en attendant que le moment soit venu d'envisager une nouvelle définition du mètre.

La longueur d'onde d'une raie d'absorption du méthane ayant été ainsi fixée, et sa fréquence ayant été mesurée par comparaison à la fréquence étalon du césium 133, il en résulte une valeur de la vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide, qui est $c = 299\,792\,458$ mètres par seconde. Cette valeur a été recommandée par le Comité Consultatif en juin 1973, confirmée par la suite, et la Conférence Générale est invitée à recommander son emploi. Cette vitesse est en effet l'une des plus fondamentales des constantes physiques, et elle sert à des mesures de longueur extrêmement précises en géodésie et surtout en astronomie. L'accord international sur sa valeur est donc essentiel.

Dilatation. — Tous les étalons matériels de longueur varient avec la température; la mesure de leur coefficient de dilatation est donc aussi importante que la mesure de leur longueur. Pour le moment, ces mesures sont effectuées au moyen du comparateur interférentiel à microscopes photoélectriques; on est obligé de faire varier la température non seulement de l'étalon, mais encore de tous les appareils et de la salle. Un dilatomètre interférentiel de conception originale est en cours de réalisation; il donne des résultats prometteurs, mais cette étude est retardée par la multiplicité des tâches imposées à un personnel limité.

2. MASSES ET MASSES VOLUMIQUES

Dix-huit pays (République Fédérale d'Allemagne, Belgique, Canada, Corée, France, Grèce, Indonésie, Iran, Irlande, Italie, Mexique, Pakistan, Pays-Bas, Sri Lanka, Suisse, Tchécoslovaquie, Yougoslavie, Venezuela) ont bénéficié des mesures de masse du B.I.P.M. Les étalons de 1 kg sont comparés aux prototypes d'usage du B.I.P.M. au moyen de la nouvelle balance généreusement offerte par le National Bureau of Standards. Grâce aux qualités de cette balance et aux précautions multiples prises en vue de la soustraire aux vibrations, aux variations de température et de pression, les pesées d'étalons de 1 kg sont environ dix fois plus rapides et dix fois plus précises qu'elles ne l'étaient avec la balance utilisée antérieurement : l'écart-type d'une seule pesée est 2 μg . Il faudra donc redéterminer la masse des étalons d'usage du B.I.P.M. en les comparant au Prototype international et à ses témoins, car la masse de ces étalons d'usage est entachée d'une incertitude d'environ 8 μg . Le B.I.P.M. a repris ses essais des techniques de nettoyage aux solvants organiques et de lavage à la vapeur d'eau; les résultats obtenus jusqu'à présent montrent que la masse des étalons en platine iridié augmente de plusieurs microgrammes par an, même s'ils sont conservés dans de bonnes conditions, et qu'ils reprennent leur masse initiale après lavage. Pendant une série de pesées, les étalons d'usage sont déplacés à la main au moins cent fois par mois; il faut donc les manipuler avec un soin extrême en raison des risques d'usure ou même d'accident.

Les autres balances, de portée supérieure, égale ou inférieure à 1 kg, sont réinstallées elles aussi dans des conditions améliorées; elles servent aux étalonnages de séries de masses; plusieurs d'entre elles devront être révisées. La balance hydrostatique, révisée par son constructeur après dix ans d'usage, a repris sa fidélité initiale qui s'était détériorée d'un facteur 10, et le bain d'eau a été amélioré quant à la constance et l'uniformité de sa température; cette température peut être abaissée à 4 °C.

Des études sont en cours concernant les étalons de masse en acier inoxydable, la finesse du poli de la surface des étalons de masse, les différences de masse volumique des eaux naturelles, dont la composition isotopique peut être notablement différente, le nettoyage des étalons par ultrasons.

Une enquête internationale est menée par le B.I.P.M. concernant la conservation des étalons, la mesure de leur masse, et la correction de poussée de l'air; on espère ainsi améliorer la précision des mesures qui n'a pas progressé pendant que les mesures de longueur et de temps faisaient de grands progrès.

3. THERMOMÉTRIE

L'Échelle Internationale Pratique de Température, qui était déjà réalisée au B.I.P.M. de 0 °C à 1 064,43 °C, est étendue aux températures plus basses et améliorée par la construction de nouveaux appareils pour la réalisation du point de congélation de l'étain et du point triple de l'argon. Plusieurs pays ont demandé au B.I.P.M. l'étalonnage de thermomètres à résistance ou de thermocouples dans cette échelle. Le contrôle fréquent de tous les instruments servant aux mesures de température dans toutes les sections du B.I.P.M. est évidemment une nécessité essentielle, ainsi que l'entretien et l'étalonnage des ponts de mesure électrique ou potentiomètres associés; il est fréquent que la précision du millikelvin soit à peine suffisante.

Les expériences entreprises depuis plusieurs années pour contrôler la température thermodynamique du point de congélation de l'or par pyrométrie optique ont confirmé son exactitude par comparaison à la température de référence 630,74 °C, mais ont révélé que l'échelle du thermocouple, qui s'étend entre ces deux températures, est erronée de 0,5 K au voisinage de 800 °C.

Le B.I.P.M. a participé à la rédaction, à la traduction en français, et aux calculs concernant la nouvelle édition (1975) de l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968, établie par le Comité Consultatif de Thermométrie en mai 1974; le Comité International soumettra cette nouvelle édition à votre approbation.

4. ÉTALONS ÉLECTRIQUES

Le rôle d'unification internationale du B.I.P.M. est particulièrement important en électricité, parce que la réalisation absolue des unités électriques n'atteint presque jamais la précision nécessaire, ce qui oblige à attribuer aux étalons une valeur en partie conventionnelle dont l'uniformité doit être contrôlée par des comparaisons internationales, et parce que les étalons subissent des variations qui obligent à de fréquents réétalonnages et à des contrôles difficiles dont la mise en œuvre est un effort de coopération internationale. Les treizièmes comparaisons internationales des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice de onze laboratoires, effectuées au B.I.P.M. en 1973, ont demandé plus de travail que les précédentes à cause du nombre des participants et de la diversité des étalons comparés. Aux étalons de résistance de 1 Ω , on a ajouté des étalons de 10 000 Ω qui sont importants comme intermédiaires entre 1 Ω et l'impédance des condensateurs étalonnés par la méthode de Lampard-Thompson. Aux éléments voltaïques habituels, on a ajouté des éléments maintenus en permanence dans une enceinte à une température constante qui est nécessairement plus élevée.

Le Comité Consultatif d'Électricité, qui vient de se réunir du 19 au 24 mai 1975, a pu faire les constatations suivantes. Les étalons de résistance, qui conservent au B.I.P.M. la valeur de référence appelée Ω_{69-91} , maintiennent correctement la réalisation de l'ohm avec l'exactitude actuellement accessible, contrôlable par la méthode de Lampard-Thompson mise en œuvre avec précision en Australie et plus récemment dans d'autres laboratoires nationaux; les étalons nationaux ne s'écartent généralement de Ω_{69-91} que de quelques dixièmes de microhm. Les étalons de force électromotrice du B.I.P.M., qui conservent la valeur de référence appelée V_{69-91} , semblent évoluer lentement de quelques dixièmes de microvolt par an, dans le sens d'une diminution de V_{69-91} . La mise en œuvre de l'effet Josephson, qui se poursuit avec succès au B.I.P.M., portera remède à cette incertitude et permettra de maintenir la représentation du volt à environ 0,1 μV près. Au préalable, il faut s'assurer de la concordance des différences de potentiel obtenues dans divers laboratoires par l'effet Josephson, sans avoir à se fier à la stabilité d'éléments voltaïques fragiles et capricieux afin que soient détectées des erreurs systématiques toujours possibles. Le B.I.P.M. vient de transporter tout son appareillage à la Physikalisch-Technische Bundesanstalt dans ce but. C'est la première fois qu'une telle comparaison directe est entreprise; elle a prouvé le bon accord entre les deux laboratoires, après la correction d'une erreur systématique identifiée grâce à cette comparaison.

Pour le moment, on n'a aucun résultat convaincant qui justifierait de changer la fréquence Josephson correspondant à 1 volt, c'est-à-dire, selon la déclaration exprimée en 1972 par le Comité Consultatif, 483 594,0 GHz. Il faut attendre les résultats des nouvelles mesures absolues qui sont en cours dans quelques laboratoires nationaux.

Les travaux du B.I.P.M. en électricité répondent aux nombreux besoins évoqués dans ce qui précède.

Les étalonnages demandés au B.I.P.M. doivent être exécutés avec une précision de plus en plus élevée, car les industriels sont de plus en plus exigeants. Seize pays ont eu recours au B.I.P.M. (Argentine, Belgique, Bulgarie, Canada, République Populaire de Chine, France, Hongrie, Inde, Iran, Luxembourg, Norvège, Pays-Bas, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie); les appareils de mesure pour ces étalonnages sont entretenus, améliorés, complétés, par exemple pour la mesure des résistances élevées et des résistances faibles sous courant intense. Le B.I.P.M. s'occupe aussi du secrétariat des diverses comparaisons internationales entre laboratoires nationaux décidées par le Comité Consultatif d'Électricité (étalons de capacité, instruments dans le domaine des radiofréquences); il veille à leur bon déroulement, est informé des résultats et en assure la publication.

5. ÉTALONS PHOTOMÉTRIQUES

Des lampes étalons secondaires d'intensité lumineuse, de flux lumineux et de température de répartition ont été mesurées au B.I.P.M. pour plusieurs pays (Afrique du Sud, France, Hongrie, Iran, Pologne, Tchécoslovaquie), et les appareils de mesure ont été amé-

liorés ou renouvelés. A cause du ralentissement de l'exécution du programme de travail, on n'a pratiquement pas entrepris de mesures radiométriques. Pourtant, les documents déjà reçus pour la réunion du Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie de septembre 1975 manifestent un intérêt croissant des laboratoires nationaux en faveur des mesures radiométriques qui prépareraient une nouvelle définition de la candela sur la base des grandeurs énergétiques du rayonnement.

6. MANOMÉTRIE

Des manomètres de quelques pays ont été étalonnés par comparaison au manomètre à mercure interférentiel du B.I.P.M. Deux manomètres identiques à celui du B.I.P.M. ont été installés par le constructeur, l'un à l'Institut de Métrologie Colonnetti à Turin, l'autre à Moscou; des membres du B.I.P.M. ont procédé sur place aux réglages nécessaires.

7. FORCES, GRAVIMÉTRIE

Le B.I.P.M. est la station gravimétrique d'étalonnage la plus précise dont plusieurs pays ont fait usage pour le contrôle des gravimètres relatifs à ressort qui servent à mesurer g en divers lieux, en particulier aux emplacements où l'on veut mesurer une force avec précision par le poids d'un objet de masse connue. Cette station est aussi le point le plus précis du « Réseau Gravimétrique International Unifié 1971 » (IGSN-71) établi et maintenu par l'Union Géodésique et Géophysique Internationale; le Comité International, usant du pouvoir accordé par la 11^e Conférence Générale en 1960 (Résolution 11), a recommandé en 1972 l'emploi des valeurs de ce Réseau pour les besoins métrologiques au lieu de l'ancien Système gravimétrique de Potsdam que l'on avait déjà corrigé de $-1,4 \times 10^{-4} \text{ m/s}^2$ et qui est maintenant dépassé. En plus des améliorations apportées à l'ensemble des appareils de mesure de g , le B.I.P.M. a installé avec un soin extrême un gravimètre enregistreur à ressort qui complète sur place les mesures absolues par une indication précise des marées gravimétriques. Superposée aux variations périodiques des marées gravimétriques, il est maintenant certain qu'il existe une variation lente de la valeur de g à Sèvres: g s'est accru de quelques 10^{-8} après un minimum au début de l'année 1969.

Comme toujours, le B.I.P.M. accorde son aide active aux pays qui la demandent, en particulier au Japon qui a entrepris de construire une station de mesure absolue de g à Mizusawa, et à l'Italie qui a construit un gravimètre absolu simplifié et transportable.

8. RAYONS X ET γ

Les mesures d'exposition pour des rayonnements divers (rayons X mous de 10 à 50 kV, rayons X d'énergie moyenne 100 à 250 kV, rayons γ du ^{60}Co), au moyen de chambres d'ionisation, continuent, en même temps que l'étude des corrections insuffisamment connues, en liaison avec les laboratoires nationaux. Les chambres étalons et les faisceaux de rayonnement du B.I.P.M. sont estimés les plus stables et peuvent servir à tout moment à comparer les étalons des divers pays à ceux du B.I.P.M.; de telles comparaisons ont eu lieu avec le Canada, les États-Unis, la Hongrie, le Japon, les Pays-Bas, la République Fédérale d'Allemagne et le Royaume-Uni. Signalons aussi des mesures des coefficients d'atténuation de l'aluminium, du cuivre, du silicium et des éléments de composés organiques (C, Cl).

La mesure de la *dose absorbée* prend une importance croissante et le besoin d'unification internationale devient aigu, comme l'a souligné le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (Section I, réunions de mai 1972 et d'avril 1975). Afin de pouvoir comparer les instruments de mesure calorimétrique construits dans les grands laboratoires, le B.I.P.M. disposera bientôt d'une source de cobalt de forte activité (minimum 5 kCi) qui lui sera fournie à des conditions intéressantes grâce à l'aide efficace du National Bureau of Standards (États-Unis), du Conseil National de Recherches (Canada) et du Commissariat à l'Énergie Atomique (France). La mesure de la dose absorbée dans le graphite par la méthode ionométrique est étudiée à l'aide de la source de cobalt utilisée pour les comparaisons d'étalons d'exposition. Il est possible de se baser sur les mesures de

dose absorbée effectuées avec le rayonnement γ du cobalt 60 pour s'assurer également de l'uniformité des mesures pour d'autres rayonnements (domaine des hautes énergies).

En collaboration avec le N.B.S. des États-Unis, la cohérence des mesures d'activité et d'exposition a été contrôlée et trouvée satisfaisante, compte tenu des limites d'incertitude (environ 1 %) de l'énergie d'ionisation de l'air; cette dernière quantité devrait être mesurée à nouveau avec une meilleure exactitude.

9. RADIONUCLÉIDES

Les mesures d'activité par la méthode des coïncidences $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$, constamment améliorées et contrôlées par des sources étalons solides soigneusement conservées, ont permis de répondre à dix-neuf demandes d'étalons provenant de divers pays (100 sources de ^{60}Co et 73 sources de ^{54}Mn). Ces étalons sont fort appréciés pour des contrôles d'exactitude par les laboratoires en voie d'établissement, même lorsque ces laboratoires ont envoyé des stagiaires travailler au B.I.P.M.

Le contrôle international de l'uniformité et de la permanence des bases d'étalonnage d'échantillons radioactifs divers a été demandé au B.I.P.M.; un moyen simple de répondre à ce besoin, recommandé par le Comité Consultatif, est de mesurer l'ionisation produite dans une chambre à puits $4\pi\gamma$, par des échantillons émetteurs γ dans des ampoules normalisées; l'installation des appareils nécessaires s'achève en ce moment au B.I.P.M.

Le Comité Consultatif (Section 2, réunions d'octobre 1971, de septembre 1972 et d'avril 1975) avait estimé qu'avant d'entreprendre de nouvelles grandes mesures comparatives internationales d'activité, plusieurs aspects des techniques de mesure devraient être étudiés; ces études sont en progrès; plusieurs sont achevées et publiées, par exemple l'étude de l'exactitude des pesées de masses de 20 à 100 milligrammes nécessaires aux mesures d'activité massique, et l'étude des techniques de préparation de sources solides à partir de solutions radioactives. Une grande série de mesures comparatives internationales est en préparation, portant sur le cérium 139; le cobalt 57 est aussi prévu; ces deux radionucléides ont été choisis parce que la mesure de leur activité présente des difficultés particulières.

Dans toutes les mesures d'événements aléatoires tels que ceux de la radioactivité, une étude poussée des théories statistiques est indispensable, sous peine d'erreurs systématiques provenant d'impulsions corrélées ou superposées, de temps morts, etc.; cette étude a déjà permis des améliorations d'exactitude.

La mesure absolue de l'énergie des particules α émises par des radionucléides étalons a été poursuivie en utilisant le spectromètre magnétique spécialement construit à cette fin; trente-huit valeurs d'énergie ont été obtenues concernant souvent des radionucléides gracieusement fournis par des laboratoires auxquels nous devons de vifs remerciements. Ces valeurs bien plus exactes (erreur systématique inférieure à 100 eV, erreur aléatoire 25 à 800 eV) que les valeurs admises précédemment ont permis d'établir et de publier une compilation de valeurs d'énergies α ; cet ensemble de nouvelles données est important pour le calcul des tables de masses atomiques et de valeurs Q de réactions nucléaires, comme l'a souligné le Comité Consultatif (Section 4, mars 1972). Ces mesures d'énergie α sont momentanément interrompues.

10. MESURES NEUTRONIQUES

Les mesures neutroniques sont rendues difficiles par l'absence de charge électrique; les effets d'ionisation directe sont donc impossibles. Il faut recourir aux effets indirects rendus complexes à cause de la facilité d'accès aux noyaux de cette particule non chargée. Pourtant, des mesures exactes sont indispensables à la conception des réacteurs producteurs d'énergie nucléaire et aux applications pratiques, médicales et industrielles, qui se développent de plus en plus.

Sources de neutrons. — Le B.I.P.M. assure et améliore la mesure du taux d'émission des sources de neutrons par activation du manganèse; il a acquis une nouvelle source ($\text{Am-Bc}(\alpha, n)$, activité 1 Ci) qui présente l'avantage d'avoir un rayonnement γ de faible énergie.

Neutrons monocinétiques de haute énergie. — Le Comité Consultatif (Section III, réunions d'avril 1972 et octobre 1974) a décidé des mesures comparatives internationales de neutrons monocinétiques de haute énergie obtenus par des réactions nucléaires bien définies; les énergies de ces neutrons sont 250 keV, 2,5 MeV et 14,8 MeV. Des instruments de mesure ont été construits et essayés; le B.I.P.M. s'est chargé de l'étude de l'instrument à sphère modératrice de polyéthylène entourant un détecteur à BF_3 , et l'a expérimenté dans le faisceau de neutrons de 2,5 MeV de la réaction $\text{D}(d, n)^3\text{He}$ qui est réalisable avec les appareils modestes qu'il possède. Cet instrument, avec d'autres, a été transporté ensuite par un physicien du B.I.P.M. dans les laboratoires participants qui sont munis d'équipements plus puissants pour la production de neutrons monocinétiques. Le B.I.P.M. participe aux mesures, il les analyse et en fait connaître les résultats.

Le B.I.P.M. est chargé aussi de l'analyse des résultats d'une comparaison internationale organisée par l'I.C.R.U. en dosimétrie neutronique.

11. TEMPS ATOMIQUE INTERNATIONAL

Le Temps Atomique International (TAI) a pris une importance fondamentale, non seulement pour la métrologie et la science, mais encore pour servir de base uniforme à l'heure civile en usage dans tous les pays du monde. Il est la référence universellement reconnue pour toutes les mesures de temps et de fréquence. En 1971, la 14^e Conférence Générale a demandé que l'échelle de Temps Atomique International soit réalisée en permanence par le moyen d'arrangements à conclure avec le Bureau International de l'Heure. Après avoir bien examiné les conditions de l'établissement de cette échelle de temps, il est devenu évident que la meilleure garantie pour que ce service permanent soit assuré était que le Bureau International des Poids et Mesures engage une personne à cet effet. Cet arrangement donne pleine satisfaction, comme a pu le constater le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde à sa session de juillet 1974. Ce Comité Consultatif joue un rôle important dans la coopération indispensable du Bureau International de l'Heure avec les établissements qui exploitent des horloges atomiques et qui contribuent par conséquent à la réalisation du TAI et à l'amélioration de son exactitude.

★

PUBLICATIONS

Les publications éditées par le B.I.P.M. sont préparées avec le plus grand soin car elles contiennent une documentation détaillée sur les activités mondiales en métrologie scientifique. Depuis octobre 1971 ont été publiés :

- *Comptes rendus des séances de la 14^e Conférence Générale* (1971);
- *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures* : tomes 39 (60^e session, 1971), 40 (61^e session, 1972), 41 (62^e session, 1973);
- *Comité Consultatif d'Électricité*, 13^e session (1972), avec 18 annexes;
- *Comité Consultatif de Photométrie*, 7^e session (1971), avec 14 annexes;
- *Comité Consultatif de Thermométrie*, 9^e session (1971), avec 59 annexes;
- *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre*, 5^e session (1973), avec 23 annexes;
- *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde*, 6^e session (1972), avec 16 annexes;
- *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants* : Section I (Mesure des rayons X et γ , électrons), 2^e réunion (1972), avec 4 annexes; Section II (Mesure des radionucléides), 1^{re} réunion (1970), 2^e réunion (1972), avec 4 annexes; Section III (Mesures neutroniques), 1^{re} réunion (1972); Section IV (Étalons d'énergie α), 1^{re} réunion (1972), avec 1 annexe;
- *Comité Consultatif des Unités*, 3^e session (1971), avec 2 annexes;
- *Recueil de Travaux du B.I.P.M.* : Vol. 3 (1971-1972);
- *Le Bureau International des Poids et Mesures, 1875-1975*. Cet ouvrage, publié à l'occasion du centenaire de la Convention du Mètre et de la fondation du B.I.P.M., contient un article sur les systèmes de mesure et le SI, des informations historiques, et des articles permettant de saisir les aspects les plus importants des travaux de métrologie de base

effectués au B.I.P.M. Sept annexes complètent cet ouvrage de 230 pages, illustré de 114 figures. Le National Bureau of Standards, Washington D.C., a pris à sa charge la traduction et la publication en langue anglaise de ce livre.

En 1973, le B.I.P.M. a publié une 2^e édition de sa brochure *Le Système International d'Unités* (SI).

A ces publications s'ajoutent une quarantaine de rapports internes qui constituent essentiellement des documents de travail. Certains de ces rapports sont publiés dans le *Recueil de Travaux du B.I.P.M.*



PROGRAMME ET FINANCEMENT

A la fin de ce rapport sur les travaux accomplis depuis 1971, il convient de porter un jugement d'ensemble sur ces travaux, de réfléchir sur les travaux qui devront être accomplis dans les prochaines années, et aussi, dans les conditions instables actuelles des prix, sur leur financement.

L'action du Bureau International des Poids et Mesures est au service des États, c'est-à-dire qu'elle doit leur être utile, donc servir leurs besoins concernant les unités et les étalons des principales mesures physiques. Pour chacune des grandeurs dont il s'occupe (longueur, masse, grandeurs électriques, etc.), le B.I.P.M. a vérifié de nombreux étalons en réponse aux demandes des États, et comparé entre eux les étalons des laboratoires nationaux les plus actifs, assurant ainsi l'uniformité mondiale des mesures. Ce genre de travail répond aux besoins à court terme. Mais il faut aussi penser aux besoins à plus long terme, ceux qui seront d'actualité dans les laboratoires et l'industrie dans plusieurs années, et qu'il faut étudier dès maintenant pour qu'ils soient utilisables avec confiance. C'est la raison de la participation du B.I.P.M. aux recherches sur les lasers et l'effet Josephson, pour ne citer que ces deux exemples. Ces besoins à court terme et à plus long terme sont constamment présents à l'esprit du Comité International et du directeur du B.I.P.M.; et le programme de travail est orienté dans ce sens, comme il l'a toujours été dans les cent ans d'existence du Bureau.

Des détails sur ce programme sont donnés dans le document que vous avez reçu, et qui porte le titre « Programme de travail et budget du Bureau International des Poids et Mesures dans les quatre années 1977-1980 ». Vous savez aussi que le Comité International a conçu ce programme en admettant que la Conférence Générale s'accordera pour décider que le niveau d'activité du B.I.P.M. restera constant pendant ces quatre années, sans augmentation de l'effectif du personnel. En conséquence, le Comité a été obligé d'établir des priorités et de choisir les travaux les plus utiles. Le programme qui vous est proposé est donc un programme minimal, mais il faut qu'il puisse être accompli avec certitude malgré l'instabilité des prix et des salaires.

Nous avons reçu beaucoup de réponses des États aux propositions du Comité présentées par correspondance. Toutes ces réponses reconnaissent la nécessité, dans les circonstances actuelles, de s'accorder sur une procédure exceptionnelle qui permettrait de maintenir le personnel du B.I.P.M. afin que le programme minimal ne soit pas interrompu malgré les variations imprévisibles des prix et des salaires.

Pour étudier les modalités de cette procédure, le Comité International vous demande de créer un Groupe de travail chargé de rédiger une proposition susceptible d'être approuvée sans avis contraire par la Conférence. Ce Groupe de travail aura besoin de connaître dans quelle direction il doit s'orienter. C'est pourquoi j'espère que vous voudrez bien lui donner quelques directives générales avant qu'il entreprenne son travail.

En conclusion de ce rapport, Mr DUNWORTH félicite et remercie le directeur du B.I.P.M., Mr Terrien, et son personnel pour les travaux effectués, et cela avec des ressources financières modestes.

En ce qui concerne la proposition faite à la fin du rapport précédent relativement à la constitution d'un Groupe de travail chargé de discuter du montant de la dotation financière du B.I.P.M. pour les années 1977 à 1980, Mr TERRIEN indique que le Comité International suggère que ce Groupe de travail soit composé de huit personnes choisies dans chacune des délégations suivantes qui ont toutes un représentant au Comité International : Brésil, Bulgarie, États-Unis d'Amérique, France, Japon, République Fédérale d'Allemagne, Royaume-Uni, U.R.S.S. A ces personnes seraient adjoints MM. DUNWORTH, TERRIEN (directeur du B.I.P.M.) et GIACOMO (sous-directeur du B.I.P.M.).

Avec l'approbation unanime de la Conférence, la présidence du Groupe de travail est confiée à Mr DE BOER.

Mr RIVAS MARTINEZ demande que la Délégation espagnole participe à ce Groupe de travail.

Cette demande est acceptée par la Conférence. Aucune autre remarque n'étant faite, le Groupe de travail est finalement constitué des représentants des neuf Délégations et des quatre personnes précitées.

Mr DUNWORTH fait remarquer que la question soumise au Groupe de travail a déjà été sérieusement discutée par le Comité International et par son bureau; elle doit donc être étudiée par ce Groupe avec toute l'attention qu'elle mérite, compte tenu des propositions reçues de certaines Délégations. De la dotation qui sera finalement adoptée par la Conférence dépend en effet l'existence du B.I.P.M., car il est indispensable que ses activités et l'effectif de son personnel puissent être maintenus à leur niveau actuel.

Avant de lever la séance, Mr TERRIEN donne quelques informations sur les diverses manifestations et réceptions prévues au cours de la Conférence (un compte rendu de ces manifestations est donné à la fin de chaque séance).

La séance est levée à 16 h 55 min.

*
* *

A 18 h 30 min, les Délégués ont assisté à une réception offerte par Mr Michel d'Ornano, ministre de l'Industrie et de la Recherche.

Au début de cette réception, à laquelle assistaient aussi de nombreuses personnalités, principalement de la métrologie et de la normalisation, le président de la Conférence, Mr M. Fontaine, a prononcé l'allocution suivante :

« MONSIEUR LE MINISTRE,

« Au nom des métrologistes, je vous remercie vivement de l'intérêt que vous avez témoigné à cette science et aux travaux de la Conférence Générale qui célèbre le centenaire de la

Convention du Mètre et du Bureau International des Poids et Mesures, d'abord en contribuant à l'organisation et au succès de cette Conférence, ensuite en nous faisant l'honneur de nous recevoir ce soir vous-même en votre Ministère, en dépit d'une journée que je crois savoir particulièrement chargée.

« Comme l'écrivait Pindare quelques siècles avant notre ère, la métrologie est la première des sciences. Elle l'est tant chronologiquement que par l'universalité de la mise en œuvre de ses données et de ses techniques. C'est la science de tous les jours, de tous les milieux et de tous les temps. Il n'est guère douteux que nos plus lointains ancêtres faisaient de la métrologie sans le savoir quand ils tentaient d'estimer la distance qui séparait leur caverne des lieux de chasse ou de cueillette, le temps qui leur était nécessaire pour s'y rendre et en revenir. Et depuis lors, que de tâtonnements, que d'errements, que d'unités de mesure différentes selon les cités, les provinces et a fortiori les nations avant d'en arriver à ce remarquable Système International d'Unités admis dans tous les pays du monde, le plus souvent le seul légal, et dont une haute personnalité étrangère a pu récemment écrire qu'elle le regardait comme l'un des plus importants événements dans l'histoire humaine.

« Mais le plus merveilleux n'est-il pas que la métrologie, cette science si ancienne, sache se rajeunir constamment par de remarquables progrès et qu'aucune de ses facettes ne présente de signe de sénescence? Si elle est restée si jeune, c'est sans doute d'abord grâce aux structures qu'elle s'est données, parce qu'elle a su très tôt s'organiser sur un plan supranational, en un organisme modèle dont les travaux et les recherches sont guidés et suivis par un comité international dont chaque membre tient son mandat d'une autorité supranationale : la conférence générale; chaque membre de ce comité international est donc indépendant de son gouvernement et ainsi sont bannis, ou du moins très atténués, ces penchants qui vieillissent, le particularisme, le chauvinisme, l'ethnocentrisme et sont exaltés les sentiments qui conservent la jeunesse : le sens de l'intérêt supérieur de l'humanité, la coopération fraternelle pour l'amélioration de la condition humaine et, en découlant tout naturellement, l'amitié.

« Mais si la métrologie est restée si jeune, en évolution sans cesse créatrice, c'est sans doute aussi parce qu'elle est constamment stimulée par les progrès des sciences traditionnelles qui exigent d'elle une précision toujours plus grande, c'est enfin parce qu'elle est absolument nécessaire à toutes les sciences et technologies qui naissent ou se perfectionnent et qui lui posent des problèmes particuliers, imposant des efforts constants d'imagination et de virtuosité intellectuelle et technique, efforts qui conduisent à des progrès de plus en plus rapides et souvent surprenants. C'est ainsi qu'on est parvenu en quelques années, par l'utilisation des constantes atomiques, à une stabilité jusqu'alors inconcevable des étalons de base et à une amélioration de la précision de certaines mesures d'un facteur un million ou même plus encore.

« La métrologie sert de plus en plus efficacement et de façon constante la condition de chacun de nous, aussi bien que celle des peuples et de toutes les communautés internationales. Il n'est guère de science qui n'apparaisse de façon aussi éclatante rigoureusement indispensable aux développements étroitement associés de la recherche et de l'industrie, et donc qui justifie de façon plus évidente la forme actuelle sous laquelle se présente le Ministère aux destinées duquel vous présidez avec tant de perspicacité, de sagesse et de dynamisme : Industrie et Recherche.

« Mais en réalité, cette science, la métrologie, ne sert-elle pas tout particulièrement Messieurs les membres du Gouvernement et les personnalités qui les entourent et qui sont, par les multiples tâches qui leur incombent, astreintes à une chronométrie de plus en plus rigoureuse? Bien conscients de cette rigueur temporelle qui vous est imposée, Monsieur le Ministre, nous n'en apprécions que plus vivement la valeur des quelques instants que vous voulez bien nous consacrer et, pour ne pas être taxé de chronophagie, permettez-moi de conclure en vous renouvelant l'expression de notre profonde gratitude et en vous exprimant notre confiance dans l'avenir du rôle que la métrologie joue et jouera de plus en plus dans l'évolution des sciences et des techniques. »

Le Ministre a répondu en ces termes :

« C'est pour la France, et pour le Ministre de l'Industrie et de la Recherche, un grand honneur d'accueillir à Paris, cette année, les délégués des pays qui participent à la Conférence Générale des Poids et Mesures.

« Dois-je rappeler les termes du décret de la Convention Nationale, en 1793, l'an II de la République :

« La Convention Nationale, convaincue que l'uniformité des poids et mesures est un des plus grands bienfaits qu'elle puisse offrir à tous les citoyens français, à toutes les nations, décrète : Le nouveau système des poids et mesures, fondé sur la mesure du méridien de la terre et la division décimale, servira uniformément dans toute la République. »

« Ces bienfaits ont été reconnus par les nations, puisque, en 1875, le 20 mai, était signée à Paris la Convention du Mètre : elle est donc aujourd'hui centenaire, et dix-sept Pays l'ont alors signée; mais elle reste bien jeune et bien d'actualité, puisque quarante-quatre pays sont actuellement membres de cette Convention, la dernière adhésion datant seulement de quelques mois.

« Je voudrais donc marquer, devant vous, Mesdames et Messieurs les Délégués, et à travers vous à l'opinion de nos pays, la signification de ce centenaire que nous avons voulu célébrer avec éclat, énumérer les bienfaits que nous avons ressentis de l'adoption de ces « mesures républicaines » et pourquoi nous souhaitons, et continuons de souhaiter que d'autres nous rejoignent.

« Il y a, je pense, trois points essentiels qu'il faut évoquer :

- le premier, c'est la clarté introduite par le système décimal, la facilité des calculs et la protection des échanges qui en résultent;

- le second, c'est la précision des mesures et les progrès considérables qu'une recherche constante a permis d'effectuer;

le troisième, c'est la naissance d'une puissante industrie de l'instrumentation et de la mesure, qui est à la base de tous les progrès technologiques.

« La *clarté* : c'est évidemment l'avantage du système décimal. Il facilite le développement considérable de tous les procédés mécaniques, puis électroniques du calcul. Mais surtout, il a permis la rationalisation des échanges commerciaux et la protection du consommateur; c'est là un des objectifs de la métrologie : veiller toujours à ce que le consommateur soit protégé par la clarté et la simplicité des mesures servant de base aux transactions. Cette mission peut paraître secondaire par rapport aux objectifs que des scientifiques comme vous l'êtes ont pu se fixer : je la crois pour ma part primordiale et c'est, dans la protection des consommateurs, un des éléments auxquels je demande à mes services de veiller en priorité.

« La *précision des mesures*, d'autre part, grâce à vos recherches, a fait des progrès considérables.

« Qui d'entre nous, dans sa première éducation, n'a été fasciné par l'évocation du « mètre étalon déposé au Pavillon de Breteuil », mètre en platine iridié, nous précisait-on. On ne nous disait ni son histoire, ni sa naissance; il était la base d'une hiérarchie impressionnante de mesures et d'unités.

« Depuis, nous avons appris sans joie — encore une illusion de notre jeunesse qui disparaissait —, qu'il était trop court de quelques microns ! Mais c'était le signe des progrès que faisait notre science, et des fruits d'une recherche incessante. C'est le rôle, en France du Bureau National de Métrologie, à l'image des organismes de recherches dont disposent beaucoup de vos pays.

« Je voudrais citer enfin l'importance que revêt désormais *l'industrie de l'instrumentation*; qu'il s'agisse de l'instrumentation scientifique servie par des opérations humaines, ou de l'instrumentation d'industrie, de plus en plus automatisée, qui constitue avec l'informatique le pilier de base du développement de l'automatisme. Pour la simplification des tâches

industrielles ou l'expansion des techniques de pointe, il est indispensable de disposer d'une industrie puissante, performante, de l'instrumentation.

« Voilà les bienfaits que nous avons pu, les uns et les autres, ressentir dans chacun de nos pays. Mais le plus important, à mes yeux, et je voudrais le souligner devant vous, Mesdames et Messieurs les Délégués, reste la coopération internationale étroite, constante, marquée par la confiance et par le progrès technique, qui a été celle de nos pays depuis la signature de cette Convention, et je me réjouis de voir le nombre de pays qui nous rejoignent dans ce domaine.

« Je vous demande de transmettre à vos Gouvernements le message de fidélité du Gouvernement français à l'esprit et aux modalités de cette coopération; elle est, à bien des égards, exemplaire; elle doit être un des éléments de la coopération scientifique et pacifique qui est notre objectif à tous. »

*
* *

Le mercredi 28 mai 1975, à 11 h, les Délégués ont assisté à l'inauguration de l'exposition *Métrologie, année 100*, sous la présidence effective de Mr J. P. Soisson, Secrétaire d'État aux Universités.

Cette exposition a été réalisée sous le patronage du Ministre de l'Industrie et de la Recherche, du Secrétaire d'État à la Culture et du Secrétaire d'État aux Universités, avec le concours du Bureau National de Métrologie (France) et de ses laboratoires, du Bureau International des Poids et Mesures, et avec la participation de la Délégation Générale aux Célébrations Nationales et de la Délégation Générale à la Recherche Scientifique et Technique.

Cette inauguration fut suivie d'un « cocktail » au Palais de la Découverte à Paris, lieu de cette exposition.

Dans le cadre de cette exposition, le Bureau National de Métrologie a organisé les 28, 29 et 30 mai trois journées « Portes ouvertes » pour la visite de dix laboratoires français de métrologie.

*
* *

Ce même mercredi 28 mai 1975, à 18 h, le Président de la Conférence Générale, les Chefs des Délégations et les membres du Comité International des Poids et Mesures ont été reçus au Palais de l'Élysée par Mr Valéry Giscard d'Estaing, Président de la République Française.

Le Directeur du B.I.P.M., Mr J. Terrien, a présenté chacun des invités à Mr le Président de la République qui, après des souhaits de bienvenue, a prononcé une brève allocution. Au cours de cette allocution, Mr le Président de la République a rappelé, entre autres, l'importance de l'événement que représente le centenaire de la signature de la Convention du Mètre, Convention qui est à la base d'une collaboration internationale particulièrement active et fructueuse dans le domaine de la métrologie pour le bénéfice de tous les peuples.

DEUXIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU CENTRE DE CONFÉRENCES INTERNATIONALES
DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

19, avenue Kléber, Paris

LE JEUDI 29 MAI 1975 A 10 h 5 min

Séance spéciale consacrée au centenaire de la Convention du Mètre et du Bureau International des Poids et Mesures

Au moment de prendre place dans la salle de conférences, chaque délégué reçoit la médaille frappée par la Monnaie de Paris pour le centenaire de la Convention du Mètre et du B.I.P.M., le volume « Le Bureau International des Poids et Mesures 1875-1975 » publié par le B.I.P.M. ⁽¹⁾, ainsi que l'ouvrage de H. Moreau « Le Système métrique, des anciennes mesures au Système International d'Unités ».

A l'ouverture de la séance, présidée par Mr M. FONTAINE, le quatuor de la Garde Républicaine de Paris exécute le 1^{er} mouvement du « Quatuor à cordes » de Maurice Ravel dont l'année 1975 marque aussi le centenaire de la naissance.

Le PRÉSIDENT passe ensuite la parole à Mr DUNWORTH, vice-président du Comité International des Poids et Mesures, qui s'exprime en ces termes :

« La Convention du Mètre vient d'avoir cent ans. Le traité avait été bien rédigé et il a bien servi le B.I.P.M. Nous rendons aujourd'hui hommage à tous ceux qui ont participé à l'élaboration de ce traité, nous rendons hommage à tous ceux qui se sont occupés des affaires du B.I.P.M. pendant ces cent dernières années et nous formons des vœux pour le B.I.P.M. au moment où il entame son second siècle d'existence. Je suis certain que beaucoup d'entre vous ont comme moi le sentiment que les événements iront en s'accélégrant dans l'avenir et que la tâche du B.I.P.M. subira des modifications plus fréquentes. Je pense en ce moment

(1) Une traduction en anglais de ce livre a été publiée par le National Bureau of Standards de Washington sous le titre : *The International Bureau of Weights and Measures 1875-1975* (NBS Special Publication 420).

à la décision, prise il y a environ vingt ans, de s'occuper des étalons des rayonnements ionisants. Je ne fais toutefois aucune prédiction aujourd'hui quant à ce que seront ces modifications, car au cours de cette séance nous allons parler de ce qui a été accompli au cours de ces cent dernières années. Beaucoup d'entre vous aimeraient rendre hommage au B.I.P.M. aujourd'hui, mais il est évidemment impossible que toutes les délégations présentes dans cette salle prennent la parole ce matin et je suis certain que vous le comprendrez.

« J'ai maintenant l'agréable devoir, en votre nom à tous, d'accueillir le Dr L. E. Howlett, qui fut président du Comité International de 1964 à 1968 et qui, avant de prendre sa retraite, était un membre distingué du personnel du Conseil National de Recherches du Canada. Le Dr Howlett a accepté l'invitation que le Comité International lui a faite de prendre la parole aujourd'hui et je le prie de le faire maintenant. »

Mr L. E. HOWLETT présente l'exposé suivant :

LE PREMIER SIÈCLE DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

« La célébration d'un centenaire est toujours regardée comme une occasion importante. C'est un temps de félicitations. C'est un temps pour attirer l'attention sur les accomplissements du passé et pour prédire les possibilités et l'attente d'un avenir encore plus prometteur. En fait, on peut oser dire que l'auditoire serait surpris ou même choqué si la plus grande partie d'un discours pour marquer un centenaire n'était pas consacrée à ces thèmes. Cent ans est une assez longue durée et les organisations peuvent souffrir du vieillissement et même de la sénilité aussi bien que le genre humain. La raison pour cela est simple. Les organisations constituent des groupes de gens. Par conséquent elles reflètent toutes les mêmes variations de succès et faillites que les personnes. En fait, en une centaine d'années, une organisation est le produit d'au moins trois générations humaines successives et le problème principal dans la direction d'une organisation est de prendre les mesures utiles pour conserver la qualité des travaux d'une génération à la suivante. Dans le cas des organisations industrielles, les demandes du marché font beaucoup pour assurer la continuité de la qualité et l'énergie d'une entreprise, sinon celle-ci disparaît et elle est remplacée par une entreprise neuve qui possède les qualités requises. Les institutions nationales et internationales, les départements gouvernementaux, les universités et d'autres groupes qui ne peuvent pas compter aussi directement sur la dureté du marché pour corriger leurs défauts peuvent malheureusement survivre pendant une assez grande durée après que leurs contributions ont cessé d'être significatives ou utiles. C'est ainsi que bien des conférences de centenaires doivent exiger trop de la crédulité de l'auditoire et de la fécondité d'invention du conférencier. Heureusement, ni vous ni moi ne nous trouvons dans une telle triste situation.

« Les premiers cent ans du Bureau International des Poids et Mesures ont été vraiment remarquables pour la haute qualité des activités et leur utilité au genre humain. Bien entendu, la qualité des travaux n'a pas été complètement égale pendant toute son histoire, mais la chose la plus étonnante est que ces travaux ont été toujours bons et que le manque d'égalité se trouve dans la fréquence surprenante avec laquelle des travaux vraiment de premier ordre ont été accomplis pendant le siècle.

★

« La mesure a été toujours un aspect essentiel de la civilisation. Une fois que le genre humain a commencé à faire du commerce et à développer les choses utiles pour la convenance quotidienne, les mesures sont devenues importantes. Beaucoup de systèmes de mesures ont été développés et ont servi en un lieu et à une époque particulière, mais on a dû attendre la Renaissance et l'essor de la science pour découvrir l'importance d'un système de mesures qui s'appliquerait dans tous les pays du monde et pour tous les temps. Sans un tel système les échanges scientifiques sont rendus extrêmement difficiles, sinon presque

impossibles. La science a conduit au développement de l'industrie technologique et pour elle un système universel de mesures est également essentiel.

« Dès la fin du dix-huitième siècle la recherche pour un système acceptable était très active. Malgré les difficultés politiques assez sérieuses de l'époque, les hommes de science travaillaient en coopération surprenante à travers les frontières nationales pour développer ce qu'ils espéraient être un système idéal. Les savants français et anglais étaient au premier rang des travaux. Malheureusement ils n'ont pas pu se mettre d'accord au sujet des principes à suivre. S'ils avaient réussi à se mettre d'accord, les circonstances auraient pu être beaucoup plus favorables pendant le dix-neuvième siècle pour l'acceptation d'un système universel. Les Anglais ont voulu se servir comme unité de longueur de la longueur du pendule qui possédait la période d'une seconde en un lieu géographique particulier. D'autre part, les Français voulaient choisir dans le même but une fraction de la circonférence du globe terrestre. Malheureusement enfin les Français se sont vexés de ce qu'ils pensaient bien être l'entêtement traditionnel anglais. Ils estimaient que le principe voulu par les Anglais était trop difficile à réaliser avec la précision et l'exactitude désirées avec les ressources de l'époque, et ils décidèrent donc de poursuivre leurs propres idées pour fonder un système neuf. Ainsi les Français ont achevé leur système en 1799 et les étalons physiques du mètre et du kilogramme étaient déposés aux Archives de France. Depuis ce temps ces étalons se sont appelés le Mètre et le Kilogramme des Archives. En considérant la turbulence de l'époque et l'état du développement scientifique, l'exactitude de la réalisation des deux étalons était aussi surprenante que remarquable. Il est intéressant de noter que, malgré le fait que les deux groupes cherchaient à fonder un système basé sur une grandeur naturelle prise dans la nature, et malgré le fait que les savants français ont réalisé le Mètre et le Kilogramme des Archives avec une exactitude remarquable pour l'époque, la relation du mètre avec le globe terrestre et celle du kilogramme avec le mètre furent à la longue perdues.

« Les années suivantes ne furent pas aussi favorables pour l'acceptation générale du nouveau système dans le pays qui l'avait inventé. Ce fut seulement en 1840 que le Système métrique a été légalement établi en France comme le seul système à employer pour tous les usages. Avant 1870 nombre d'autres pays en Europe aussi bien qu'en Amérique avaient adopté le Système métrique. Cependant tout n'allait pas pour le système aussi bien qu'on l'avait espéré ou envisagé. Il y avait des désaccords gênants entre les étalons nationaux, et entre ceux-ci et les étalons des Archives. Cela constituait une entrave sérieuse pour l'uniformité du système et réduisait beaucoup la confiance dans sa stabilité. Cet état de chose conduisit le Gouvernement français à convoquer une conférence internationale pour discuter la situation et essayer de proposer des solutions acceptables pour tous. Il en est résulté la signature de la Convention du Mètre en 1875 qui a donné naissance au Bureau International des Poids et Mesures.

« Depuis 1875 le système n'a jamais regardé en arrière. Sa qualité s'est améliorée continuellement. Aujourd'hui, le Système métrique est devenu le Système International d'Unités (SI) et personne ne peut douter que sous ce titre son universalité soit complètement assurée. Bien qu'il ne soit pas encore le seul système légal dans le monde, ce jour-là arrivera vite et certainement. Là où le SI n'est pas le seul système légal, on trouve qu'il est employé bien avant les actions gouvernementales pour satisfaire les besoins du commerce et de la commodité. L'état du SI à la fin du premier siècle de la vie du B.I.P.M. est une réussite vraiment étonnante et dont la valeur pour le monde ne saurait être exagérée.

« On doit attribuer la plus grande part du crédit pour le SI et sa presque universelle acceptation courante à l'existence même du B.I.P.M. et du Comité International et à ce qu'ils ont fait pour la conception et la réalisation de ce système. En 1875, la Convention du Mètre avait assigné au B.I.P.M. la production des prototypes internationaux du mètre et du kilogramme, des prototypes nationaux, et leur comparaison subséquente de temps en temps. En 1975, le B.I.P.M. est responsable pour les sept étalons des sept unités de base du Système International d'Unités, aussi bien que pour une variété de mesures hautement précises dans les domaines longueur, masse, électricité, thermométrie, photométrie, temps, rayonnements ionisants, accélération due à la pesanteur, etc. La tendance vers la réalisation

d'étalons basés sur des constantes atomiques ou naturelles est bien établie. A ce propos on peut noter les étalons du mètre et de la seconde.

« Bien entendu le B.I.P.M. n'a pas fait toutes les recherches scientifiques qui ont été nécessaires pour arriver à ce niveau. Cependant, compte tenu de l'effectif de son personnel toujours bien restreint, sa contribution à ces recherches a été étonnante. Pour donner seulement des exemples des réussites dont le B.I.P.M. est responsable on peut mentionner les suivants : l'étude détaillée et approfondie, entre 1875 et 1889, pour établir les étalons internationaux du mètre et du kilogramme d'après le Mètre et le Kilogramme des Archives; les travaux interférométriques de Michelson, Benoit, Fabry, Perot et Pérard; les recherches métallurgiques de Guillaume qui étaient aussi importantes pour la géodésie et pour lesquelles on lui a décerné le prix Nobel; l'œuvre interférométrique de Terrien qui a tant contribué à l'adoption d'une longueur d'onde comme base du mètre en 1960; la belle et soignée étude par Sakuma sur l'accélération due à la pesanteur, laquelle a conduit à une détermination de la valeur de g avec une précision et une exactitude qui dépassent par une marge formidable celles des expériences antérieures.

★

« Il y a aussi dans l'activité de notre organisation une variété de relations gouvernementales et diplomatiques qui peuvent souvent posséder des aspects complexes. De plus ces questions peuvent être mélangées avec celles qui sont purement scientifiques. Il n'y aurait lieu de craindre les possibilités de conflit entre les représentants des deux points de vue, diplomatique et scientifique, pour aucune raison autre que les différences inhérentes d'attitudes et d'intérêts entre les deux groupes. Une telle situation pourrait empêcher sérieusement les buts de la Convention du Mètre. En vérité, aucune difficulté n'est jamais survenue à ce propos. Ceci, en combinaison avec les succès scientifiques remarquables du B.I.P.M., conduit à se demander si l'organisation prescrite par la Convention du Mètre a apporté sa propre contribution au succès du B.I.P.M. et de son œuvre complexe.

« Un examen rapide de la Convention du Mètre montre qu'elle a été sagement et spécifiquement conçue pour favoriser les succès scientifiques eux-mêmes et réduire au minimum les conflits potentiels entre la diplomatie et la science.

« Il est surprenant à première vue que la Convention du Mètre soit aussi bien conçue pour le succès du B.I.P.M., car il est tout à fait clair que les fondateurs de cette Convention n'avaient aucune idée de l'envergure future de l'organisation qu'ils fondaient. Pour eux, il semblait qu'il y aurait une grande tâche difficile pour créer les prototypes internationaux du mètre et du kilogramme basés sur les étalons des Archives et les copies pour distribution aux États adhérents. Ils réalisaient bien que ces travaux demanderaient des études métallurgiques difficiles pour choisir le meilleur alliage et en obtenir une quantité suffisante pour tous les étalons. Ensuite, il y aurait les problèmes de la forme des étalons, leur moulage et enfin la gravure des traits. Cependant, une fois que ces travaux auraient été accomplis et les étalons distribués, les fondateurs envisageaient qu'après cette époque les travaux du B.I.P.M. pourraient se limiter à des comparaisons périodiques. Ils ont même pensé que le budget pourrait peut-être devenir plus petit mais certainement pas plus grand. Cet espoir de limiter les ressources du B.I.P.M. me semble avoir hanté tous les délégués diplomatiques aux Conférences subséquentes. Si la perspective des fondateurs sur l'avenir était si limitée, nous pouvons nous demander pourquoi ils ont réussi à créer une organisation qui a été si satisfaisante pour le B.I.P.M. L'explication est simple. Le fait qu'ils avaient mal apprécié la grandeur future des activités du B.I.P.M. n'était pas important. La chose importante était le caractère de la tâche, même restreinte selon eux, et ses problèmes d'exécution étaient les mêmes que ceux d'aujourd'hui. Ils ont créé une organisation pour arriver à des décisions scientifiques qui demanderaient ensuite un accord international au niveau gouvernemental. Cela est encore la nature de notre tâche générale, et le fait que la tâche d'aujourd'hui est plus grande que celle qu'avaient envisagée les fondateurs de la Convention du Mètre n'a aucune importance. Les principes de base de la Convention ont été très sagement conçus et ils ont beaucoup contribué aux succès que nous célébrons maintenant.

« En premier lieu, les fondateurs ont créé la Conférence Générale des Poids et Mesures où toutes les décisions définitives, diplomatiques et scientifiques, devaient être résolues. Les délégués à la Conférence Générale devaient parler officiellement pour leur pays. En somme, le pouvoir définitif réside complètement entre les mains de la Conférence Générale.

« Deuxièmement, la Convention du Mètre a établi le Comité International des Poids et Mesures. Ce Comité International devait comprendre un groupe d'hommes de science bien reconnus qui étaient élus au Comité à titre personnel. Sous l'autorité générale de la Conférence, le Comité devait être responsable de tous les travaux scientifiques qui seraient entrepris suivant les décisions de la Conférence. Les membres de ce Comité n'étaient d'aucune façon les représentants officiels de leur pays quoique, bien entendu, on puisse attendre qu'ils reflètent dans une certaine mesure les points de vue scientifiques de leur région du monde. Cependant, le caractère indépendant des membres du Comité et la règle qu'un membre seulement peut venir d'un pays particulier font beaucoup pour assurer que les plus grands pays n'exercent pas une influence disproportionnée sur les décisions prises ensemble. En somme, le Comité fournit une coupe transversale des meilleures opinions métrologiques du monde à une époque particulière. Les règles prescrites dès le commencement pour l'élection des membres du Comité sont telles qu'en effet, après le choix des premiers membres, le Comité se perpétue en pratique en élisant au scrutin secret de nouveaux hommes de science pour remplir les vacances qui se produisent. Cet arrangement assure l'indépendance complète de la science et l'affranchit des pressions extérieures. Beaucoup de succès de notre organisation viennent de l'indépendance scientifique du Comité International. Bien entendu, la Conférence Générale possède l'autorité finale et pourrait à n'importe quel moment changer les règles qui s'appliquent au choix des membres du Comité. On peut conclure que le Comité a toujours agi avec responsabilité et sagesse dans ses élections, ses activités et ses décisions, car la Conférence Générale n'a jamais montré pendant le premier siècle aucune indication de vouloir changer les arrangements. Ceux-ci assurent que tous les débats difficiles ou faciles sur les questions scientifiques ont lieu entre les hommes de science seuls, et la Conférence diplomatique reçoit de temps en temps pour approbation les décisions définitives bien formulées du point de vue scientifique. On peut conclure que la Conférence Générale a trouvé très satisfaisants les travaux du Comité parce qu'il est extrêmement rare que la Conférence rejette une recommandation du Comité International. C'est seulement sur les questions budgétaires que la Conférence, de temps en temps, se montre un peu difficile.



« La seconde disposition importante de la Convention du Mètre était l'établissement d'un laboratoire comme une partie du B.I.P.M. et la mise de l'ensemble sous l'autorité du Comité International. C'était une disposition très importante d'avoir au centre de notre organisation un laboratoire scientifique et non pas seulement un Bureau strictement administratif pour coordonner les résultats des travaux scientifiques accomplis ailleurs. Ceux qui ont rédigé la Convention du Mètre étaient parfaitement conscients que bien des désaccords dans des mesures faites antérieurement provenaient du fait que ces mesures avaient été effectuées par des savants de grande distinction mais qui ne possédaient qu'une expérience insuffisante dans l'emploi des instruments utilisés. Même si les grands laboratoires nationaux avaient existé à l'époque, il est probable que les fondateurs de la Convention du Mètre auraient pris la même décision. Il est indispensable d'avoir à la disposition de la haute métrologie internationale un laboratoire complètement neutre, avec un personnel de valeur et bien expérimenté dans les techniques requises pour les mesures de haute précision. Pendant le vingtième siècle sont apparus les grands laboratoires nationaux et ils ont contribué à une grande partie des recherches scientifiques requises pour l'amélioration et l'extension du SI. Cela est très précieux et nous espérons que cette contribution continuera à grandir. Néanmoins, le laboratoire du B.I.P.M. reste essentiel, peut-être même plus essentiel, vis-à-vis de ces laboratoires nationaux comme arbitre neutre et bien respecté. De plus, il est essentiel que les hommes de science au B.I.P.M. aient toujours la possibilité de faire quelques recherches éminentes, sinon il ne serait pas possible de recruter les hommes de la

qualité requise pour surveiller les vérifications hautement précises des étalons nationaux aussi essentiels pour l'uniformité du SI. De tels hommes peuvent aussi parler dans les discussions scientifiques internationales avec l'autorité d'une position neutre. Au cours des années, les contributions de cette sorte du personnel scientifique du B.I.P.M. ont été très précieuses. Des hommes qui ne feraient pas eux-mêmes des recherches de qualité n'auraient pas l'autorité et ne seraient pas suffisamment respectés pour remplir cette fonction quand des désaccords scientifiques surviennent entre les savants de pays différents. Un exemple notable où le B.I.P.M. a apporté une telle contribution fut au moment du choix de la longueur d'onde pour servir comme la base du mètre. L'association étroite entre les membres du Comité International et le personnel du B.I.P.M. et le changement fréquent des membres du Comité font beaucoup pour assurer que le laboratoire du B.I.P.M. est tenu à jour sur les plus récentes activités métrologiques dans tous les pays et les tendances pour le futur. Sans doute cette association intime a fait beaucoup pour éviter le problème de vieillissement qui trouble toute organisation.

★

« Une autre disposition de la Convention du Mètre a été très précieuse pour garantir la souplesse de notre organisation dans un monde scientifique et industriel qui change et se développe sans cesse et toujours plus rapidement. A la Conférence Générale est donnée l'autorité en session plénière, s'il n'y a pas une voix contraire, de réviser la Convention. C'est cette disposition qui a permis l'expansion des responsabilités du B.I.P.M. selon les besoins qui se sont manifestés, de sorte qu'aujourd'hui, au lieu du mètre et du kilogramme, l'œuvre comprend tout ce qui est nécessaire pour assurer la validité du SI. Le pouvoir de réviser la Convention est aussi très précieux pour augmenter le budget. C'est encore une chose qui permet d'éviter le vieillissement et la perte d'initiative de notre organisation.

★

« Le Bureau International a toujours montré une attitude de coopération généreuse et ouverte au niveau international envers les autres organisations scientifiques qui portent depuis longtemps un intérêt vif et légitime aux étalons de mesure dans le domaine de la science qui les concerne. Le B.I.P.M. n'a jamais adopté l'attitude que seul le Bureau a le droit de s'occuper des questions de mesure. Il a cherché seulement à assurer que tous les étalons de mesure essentiels et les règles qui s'appliquent aux mesures soient mis dans un système logique sous l'autorité de la Conférence Générale. Il a toujours accueilli l'aide et les conseils des autres organisations internationales qui portent un intérêt et possèdent une compétence dans la haute métrologie. Ces organisations ont répondu à cette attitude par un esprit de coopération également généreux. En fait, pour l'établissement du SI, le B.I.P.M. a essayé de faire appel à tous les experts et à toutes les organisations du monde capables d'apporter une contribution utile. En général, le B.I.P.M. attend l'unanimité ou presque l'unanimité avant de prendre la décision d'ajouter de nouvelles unités au SI ou d'y apporter des modifications. De temps en temps cette politique provoque la critique de progrès trop lents, mais à la longue elle rend plus rapide l'acceptation du système pour l'emploi universel.

« Le Comité International a contribué d'une façon très importante à assurer que toutes les opinions utiles soient disponibles avant de prendre une décision scientifique qui doit être soumise à la Conférence pour approbation. Il établit de temps en temps, selon les besoins, des Comités Consultatifs qui comprennent des experts d'un domaine particulier de la science. Ces Comités Consultatifs sont chargés de la responsabilité de faire des recommandations au Comité International sur les questions métrologiques qui touchent à leur domaine particulier. De cette façon le Comité International est aidé à se tenir à jour sur toutes les questions métrologiques.

« L'étalon de la seconde peut fournir un bon exemple de la large coopération toujours voulue. Jusqu'à 1967, quand on a adopté la définition atomique de la seconde, la Conférence Générale avait toujours accepté la définition de la seconde prescrite par l'Union

Astronomie Internationale parce que jusqu'à cette époque la seconde était considérée comme exclusivement du domaine des astronomes. Pendant la vingtaine d'années avant 1967, beaucoup de travaux ont été faits dans le but de trouver les moyens de définir la seconde en termes d'une fréquence atomique. Beaucoup de laboratoires, y compris les laboratoires nationaux aussi bien que l'U.R.S.S., s'intéressent à ces travaux. Le Comité International a tenu compte de ces recherches et de toutes leurs possibilités importantes. Il a donc créé un nouveau Comité Consultatif qui comprend des personnalités individuelles et des représentants des organisations s'occupant de la physique, de la radiotechnique et de l'astronomie pour étudier la définition de la seconde et pour tenir compte des résultats qui venaient rapidement de nombreuses expériences faites dans divers pays. En 1967, le Comité Consultatif a pu informer le Comité International que le moment était venu d'adopter la seconde atomique basée sur une fréquence de l'atome de césium. Après l'adoption de la seconde atomique par la Conférence Générale en 1967, il se posa rapidement la question de coordonner l'échelle de temps atomique avec l'échelle de temps astronomique qui est l'échelle de temps pour l'emploi quotidien et la navigation. Par demande commune de tous les intéressés, les responsabilités du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde furent élargies pour inclure les échelles de temps et leur coordination.

« Quelques-uns des résultats des délibérations de ce Comité Consultatif sont devant cette Conférence pour action. Ainsi le B.I.P.M. se trouve encore une fois mêlé à une nouvelle activité sous l'influence des pressions extérieures des personnes et organisations qui s'y intéressent le plus. Ceci dit beaucoup pour la capacité du B.I.P.M. d'agir comme un « leader » modeste, mais néanmoins efficace et reconnu par tous. On peut regarder la situation d'un autre point de vue et dire qu'elle montre la confiance mondiale qui existe maintenant au sujet de la permanence et de l'acceptation générale du SI. Le B.I.P.M. lui-même n'a fait aucune des recherches qui ont conduit à la définition de la seconde atomique ou aux échelles de temps. Néanmoins, il a pu agir efficacement dans ce domaine grâce au renom que son personnel a gagné par ses propres recherches métrologiques faites dans les laboratoires du B.I.P.M. Si le B.I.P.M. était seulement un organisme administratif bureaucratique, il n'aurait pas pu remplir ce rôle important.

★

« Le B.I.P.M. a toujours essayé de créer un système de mesures logique qui soit difficile à critiquer du point de vue de la bonne philosophie physique. Il a bien réussi jusqu'ici. Cependant, peu aurait été accompli pour le monde si le système n'était pas facilement accepté par le monde pratique du commerce, de la technologie et de l'industrie. Il y a parfois des considérations pratiques qui ne marchent pas bien avec les principes de la logique rigoureusement pure. Heureusement, le B.I.P.M. a jusqu'ici sauvé soigneusement la pureté du système. Néanmoins, il a trouvé les moyens de permettre l'autorisation de certaines coutumes ou habitudes qui sont si fortement ancrées par une longue tradition ou par leur commodité pratique qu'elles sont difficiles ou impossibles à éliminer. On doit à ce propos rendre hommage à la grande contribution apportée par Jan de Boer pour conserver la pureté du SI et satisfaire les besoins pratiques. J. de Boer a présidé le Comité Consultatif des Unités dès son début; il a maintenu des relations très étroites avec la Commission S.U.N. de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée qui pense strictement à un système de mesures logique et pur, et aussi avec l'Organisation Internationale de Normalisation, l'Organisation Internationale de Métrologie Légale et d'autres organismes semblables qui, bien qu'ils cherchent aussi un système logique et pur, doivent tenir compte en même temps des réalités pratiques.

★

« Il y a un aspect du Bureau International des Poids et Mesures que je dois critiquer. C'est son appellation de « Poids et Mesures ». Ma compétence en français n'est pas grande et je ne peux pas estimer toutes les implications que ces mots donnent à quelqu'un d'expression française. Cependant, je peux constater carrément que leur traduction en anglais donne l'impression d'une organisation très prosaïque qui s'occupe des vérifications de la longueur

et du poids pour le commerce quotidien. Ces mots ne donnent aucune impression de l'importance et de l'envergure de nos tâches d'aujourd'hui. Les relations publiques sont de nos jours très importantes et je voudrais suggérer l'opportunité de considérer un changement de nom. Même la simple suppression de « Poids et » serait une très grande amélioration.

★

« En conclusion, on peut dire simplement et très brièvement que la contribution du B.I.P.M. au monde pendant son premier siècle a été l'établissement du Système International d'Unités. Quelle réussite ! Néanmoins le travail n'est pas encore terminé. Bien de nouvelles idées sont courantes pour son amélioration. Il ne faut pas que nous commettions la même faute que les fondateurs qui n'avaient aucune appréciation de l'envergure du domaine des mesures. Le B.I.P.M. doit se développer continuellement dans l'avenir pour satisfaire les nouveaux besoins de la science et de l'industrie. Nous pouvons faire confiance à la science et au B.I.P.M. Nous devons espérer que les États adhérents fassent leur devoir et fournissent l'appui financier requis. »

Le PRÉSIDENT remercie Mr Howlett pour son exposé complet et concis sur la mission et les activités du B.I.P.M. au cours du premier siècle de son existence. Une telle œuvre marque une date dans l'histoire de la métrologie.

Mr DUNWORTH présente ensuite Mr VAN MALE, président du Comité International de Métrologie Légale, qui prononce l'allocution suivante :

« C'est pour moi à la fois un grand honneur et un extrême plaisir d'être appelé à prononcer, au nom de l'*Organisation Internationale de Métrologie Légale*, quelques mots à l'occasion de la célébration du centenaire de la Convention du Mètre et du Bureau International des Poids et Mesures.

« Comment pourrais-je, en cette solennelle occasion, ne pas exprimer la profonde gratitude que nous ressentons vis-à-vis de votre Institution ?

« Il est à peine utile de rappeler en effet que c'est au sein de la Conférence Générale des Poids et Mesures que naquit, au début du siècle, l'idée d'élargir la collaboration métrologique internationale par des accords concernant les méthodes de mesurage, la construction et la vérification des instruments de mesure, c'est-à-dire par l'élaboration dans le cadre de la métrologie pratique de Recommandations internationales destinées à servir de base aux réglementations métrologiques des législations nationales.

« En 1920, l'Italie, le Mexique, la Pologne, la Roumanie et l'U.R.S.S. prirent l'initiative d'examiner les possibilités d'une telle collaboration internationale.

« Il fallut, pour diverses raisons, attendre l'année 1955 pour que soit créée une nouvelle organisation intergouvernementale : l'O.I.M.L.

« Il avait été envisagé que cette Organisation soit une section du Bureau International des Poids et Mesures mais, afin de conserver à ce dernier son rôle spécifique dans la définition et la matérialisation des unités de base, il a été jugé préférable que l'O.I.M.L. possède sa propre personnalité et son indépendance complète.

« Mais, plus fortement que des liens administratifs, ce sont des liens scientifiques et amicaux qui unissent les deux Institutions.

« Comment ne pas remarquer en effet que parmi la quarantaine d'États membres qui composent chacune des deux Organisations, trente sont en même temps membres de la Convention du Mètre et de l'O.I.M.L.

« Comment ne pas remarquer aussi que parmi votre auguste assistance une vingtaine de membres des délégations nationales à la Conférence Générale des Poids et Mesures sont également membres du Comité International de Métrologie Légale.

« Comment ne pas remarquer enfin qu'en cette année 1975, au moment où la Convention du Mètre fête son premier centenaire, l'O.I.M.L., entrée dans l'âge adulte, atteint sa vingtième année d'existence.

« On pourrait peut-être attribuer à la Convention du Mètre le qualificatif de « mère », voire même de « grand-mère » de l'O.I.M.L.

« Mais je préfère, les atteintes du temps n'ayant pas, fort heureusement, le même effet sur les Institutions internationales que sur les pauvres humains, considérer ces deux Institutions comme des sœurs, la première épaulant la seconde en lui fournissant une base métrologique aussi parfaite que possible, l'une et l'autre se complétant harmonieusement afin de réaliser, dans l'immense champ de travail qu'est la métrologie, l'unification internationale nécessaire à la prospérité du monde entier.

« Qu'il me soit permis pour conclure de féliciter les institutions de la Convention du Mètre pour leur éternelle jeunesse, pour leur travail acharné et les résultats extraordinaires qu'elles obtiennent et leur souhaiter de demeurer pour toujours *à tous les temps, à tous les peuples.* »

Le PRÉSIDENT remercie Mr van Male de son adresse et s'associe aux vœux finaux qu'il a formulés.

Mr STILLE s'exprime ensuite en ces termes :

« Au nom du président de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (U.I.P.P.A.), le Prof. Maier-Leibnitz, et comme secrétaire de la Commission *Symboles, Unités et Nomenclature* (S.U.N.) de cette Union, j'ai l'honneur et le plaisir de vous offrir nos sincères félicitations à l'occasion du centenaire du traité international nommé Convention du Mètre. En même temps, je me permets d'exprimer nos meilleurs vœux pour une continuation heureuse de vos travaux couronnés de grand succès dans le futur et, par une coopération vraiment internationale, pour l'accomplissement des missions des institutions de la Convention du Mètre : la Conférence Générale, le Bureau International des Poids et Mesures, le Comité International des Poids et Mesures et ses Comités Consultatifs. Les activités de ces institutions sont appréciées avec profonde reconnaissance par tout le monde, en particulier, certes, par la famille internationale des physiciens.

« Le fond de ces travaux est la haute Métrologie. La Métrologie dans le sens d'une branche scientifique se caractérise, à mon avis, comme un aspect particulier de la physique entière, les développements modernes de la physique inclus. C'est sous un tel aspect que la physique est scrutée pour que soient trouvées les méthodes expérimentales d'une précision aussi haute que possible qui sont les mieux appropriées pour la solution d'un problème posé : soit pour recevoir une réponse quantitative à l'égard de la validité d'un axiome ou d'une hypothèse physique, soit pour obtenir des résultats sûrs en appliquant des lois physiques pour résoudre des questions auxquelles une réponse en nombre et mesure puisse être donnée.

« A l'heure actuelle, ces réponses souvent ne viennent plus du domaine de la physique dite classique mais par l'intermédiaire d'effets quantiques. En conséquence, les mesures précises des constantes fondamentales de la physique prennent de plus en plus d'importance à la fois en physique et en métrologie. De toute façon, physique et métrologie sont liées très étroitement et exigent une coopération mutuelle efficace.

« Comme exemple d'une telle coopération fructueuse, je me permets de vous rappeler seulement quatre propositions, recommandées par la Commission S.U.N. de l'U.I.P.P.A. et adoptées par sa Sixième Assemblée Générale en juillet 1948, et la réaction de la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures en octobre de la même année. C'étaient les propositions suivantes :

1° a. L'unité de quantité de chaleur est le joule, égal à 10^7 ergs.

b. Il est demandé que tous les résultats d'expériences calorimétriques soient exprimés en joules. Si les expériences ont été faites par comparaisons avec un échauffement d'eau, les températures extrêmes et le facteur de conversion doivent être indiqués.

2° *a.* Il est proposé que la définition de l'échelle thermodynamique absolue de température soit basée sur un seul point fixe. La détermination numérique de ce point devrait être choisie une fois pour toutes par le Comité International des Poids et Mesures, de façon que l'accord soit aussi étroit que possible avec l'échelle Kelvin actuelle de température.

b. Il est proposé que ce point fixe soit le point triple de l'eau.

3° *a.* L'U.I.P.P.A. décide de demander au Comité International des Poids et Mesures d'adopter pour les relations internationales un « système pratique international d'unités ». Elle ne recommande pas que le système C.G.S. soit abandonné par les physiciens.

b. L'U.I.P.P.A. recommande à cet effet le système : mètre, kilogramme (masse), seconde et une unité électrique du système pratique absolu (à fixer prochainement).

c. L'unité de force de ce système (c'est-à-dire la force qui, agissant sur une masse de 1 kilogramme, lui communique une accélération de 1 m/s^2) doit être appelée le newton.

4° Le rapport « Règles générales — Symboles des grandeurs physiques — Symboles des unités », modifié par la Commission S.U.N. dans sa session de juillet 1948, est approuvé et sa publication décidée.

« Les deux premières propositions ont été établies par la Commission S.U.N. et la Commission antérieure Grandeurs et Notations Thermodynamiques de l'U.I.P.P.A., et en réunion commune avec la Commission antérieure Symboles Physico-Chimiques et Coordination des Terminologies Scientifiques de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée. Le contenu de ces deux propositions était, d'avance, soumis aussi au Comité Consultatif de Thermométrie par la Commission S.U.N.

« Les propositions 1° et 2° sont contenues dans la Résolution 3 de la Neuvième Conférence Générale des Poids et Mesures (1948) :

Point triple de l'eau ; échelle thermodynamique à un seul point fixe ; unité de quantité de chaleur (joule).

« De la proposition 3°, et d'une demande analogue du Gouvernement français, est résultée la Résolution 6 de la Neuvième Conférence Générale :

--- Proposition d'établissement d'un système pratique d'unités de mesure.

« Au cours de l'enquête officielle, ouverte suivant cette Résolution 6 par le Comité International, la Commission S.U.N. et la Septième Assemblée Générale de l'U.I.P.P.A. (juillet 1951) ont approuvé une recommandation suivant laquelle l'ampère doit être choisi comme unité de base électrique ; ce système pratique d'unités est devenu finalement le Système International d'Unités adopté en 1960 par la Onzième Conférence Générale dans sa Résolution 12.

« La proposition 4° a conduit à la Résolution 7 de la Neuvième Conférence Générale :
— Écriture des symboles des unités et des nombres.

« L'U.I.P.P.A. était heureuse de pouvoir recommander spécialement l'utilisation générale en physique des unités SI, ainsi que leurs multiples et sous-multiples décimaux formés au moyen des préfixes dits SI, pour contribuer à une meilleure compréhension mutuelle dans l'usage général.

« Cependant, dans quelques domaines spécialisés de la recherche scientifique, en particulier en physique théorique, il existe parfois des motifs sérieux justifiant l'emploi d'autres systèmes — par exemple les unités C.G.S. pour pouvoir décrire d'une façon uniforme les lois de la force gravitationnelle, de la force entre deux charges électriques et de la force nucléaire, c'est-à-dire les lois de la force des interactions physiques dites très faibles, faibles et fortes. Nous apprécions beaucoup que le Comité International ait tenu compte de cette situation spéciale.

« L'U.I.P.P.A. et, en particulier, sa Commission S.U.N. sont unanimes à rendre hommage à l'action entreprise par les institutions de la Convention du Mètre et à saluer leur initiative.

« Pour l'U.I.P.P.A., la Commission S.U.N., qui est membre du Comité Consultatif des Unités, apportera bien volontiers son aide et offrira tout conseil, en raison de sa compétence et de son expérience, aux institutions de la Convention du Mètre pendant les années futures pour lesquelles je vous souhaite bonheur et bon succès. »

Le PRÉSIDENT remercie Mr Stille de son intéressante intervention dans laquelle il a rappelé les importantes décisions prises par la Conférence Générale ces dernières années à l'initiative de l'U.I.P.P.A., montrant ainsi combien est fructueuse la coopération entre ces deux organisations.

Mr DUNWORTH présente Mme SIMONSGAARD, secrétaire du Comité I.S.O./TC-12, qui s'adresse à la Conférence en ces termes :

« C'est un grand plaisir pour moi, au nom de l'*Organisation Internationale de Normalisation* (I.S.O.), et en particulier au nom de son Comité technique « Grandeurs physiques, Unités, Symboles (I.S.O./TC-12) » de vous transmettre nos sincères félicitations à l'occasion du centième anniversaire de la signature de la Convention du Mètre.

« Lorsque l'I.S.O./TC 12 fut créé, il fut précisé dans ses attributions qu'il devrait en particulier prendre en considération les décisions et les recommandations de la Conférence Générale et du Comité International des Poids et Mesures.

« Dès l'origine, l'I.S.O./TC-12 a eu une collaboration très appréciable avec le Comité International, le Comité Consultatif des Unités et avec le Bureau International des Poids et Mesures. Nous sommes très reconnaissants de cette collaboration. Elle est à l'heure actuelle essentiellement centrée sur le développement et la mise en œuvre du Système International d'Unités, qui est le dernier né de la Convention du Mètre.

« La constitution d'un système d'unités bien défini, que l'on peut utiliser dans tous les domaines de la technologie, est d'une aide et d'une importance très grandes pour une organisation technique internationale comme l'I.S.O. Lorsque nous parlons tous le même langage en matière d'unités, nous nous comprenons mieux et nous supprimons ainsi certaines barrières qui entravent le développement harmonieux de la science et de la technologie.

« L'I.S.O. a recommandé l'emploi du Système International d'Unités; on l'emploie dans les Normes internationales préparées par l'I.S.O., et nous pensons et espérons que sous peu ce sera le « système mondial d'unités ». Il n'aurait pas pu être accepté de cette façon si l'autorité des organes de la Convention du Mètre n'avait présidé fermement à sa promotion et n'assurait que les problèmes soulevés peuvent être en dernier ressort réglés par la Conférence Générale.

« Puis-je former le vœu que les travaux de la Conférence Générale, de ses comités permanents et du Bureau International auront dans les cent prochaines années les mêmes succès que par le passé. »

Le PRÉSIDENT remercie Mme Simonsgaard de son allocution qui a permis à la Conférence d'apprécier non seulement la compétence de l'orateur, mais aussi le charme d'une voix féminine.

Après avoir signalé la présence, parmi les invités à la Conférence, de Mme R. Vieweg, veuve d'un des anciens présidents du C.I.P.M., et de Mr A. V. ASTIN, ancien directeur du N.B.S. de Washington et membre honoraire du C.I.P.M., le PRÉSIDENT donne la parole aux représentants de quelques Délégations qui ont exprimé le désir de faire une déclaration.

MR ISSAËV (U.R.S.S.) :

« Permettez-moi, au nom de la Délégation soviétique, de vous transmettre les félicitations les plus sincères à l'occasion du centenaire de la signature de la Convention du Mètre et de la création du Bureau International des Poids et Mesures et de notre organisation internationale. Cent ans se sont écoulés depuis le jour où dix-sept pays ont signé ici, à Paris, un document de grande importance technique et historique. Et aujourd'hui il m'est agréable de rappeler la part prise à l'origine par les savants français et russes des Académies des Sciences de Paris et de Saint-Petersbourg pour la création de notre Organisation internationale.

« En regardant le chemin parcouru depuis 100 ans par l'Organisation internationale des poids et mesures, on peut dire en toute certitude que les travaux des Conférences Générales des Poids et Mesures, du Comité International des Poids et Mesures et de ses Comités Consultatifs ainsi que le travail quotidien énorme du personnel du Bureau International des Poids et Mesures ont contribué beaucoup au développement de la science mondiale, du progrès technique, des échanges internationaux scientifiques, techniques et commerciaux, et ont eu une influence profonde dans tous les domaines des activités humaines : science, industrie, médecine, commerce, etc.

« Le Système International d'Unités, créé par notre Organisation, entre de plus en plus profondément dans la vie courante de tous les peuples et est appliqué dans plus de 120 pays.

« Il est à noter que le nombre des pays adhérents à la Convention du Mètre croît régulièrement, et il est agréable de constater l'adhésion de deux nouveaux membres : le Pakistan et l'Iran. Mais surtout je voudrais noter le fait que la République Démocratique Allemande occupe maintenant sa place comme membre de plein droit de notre Organisation.

« La Convention du Mètre a réuni les efforts de plusieurs pays pour le développement de nouvelles méthodes de mesure de haute précision et, en particulier, des méthodes fondées sur l'emploi des constantes physiques fondamentales. On doit noter à ce sujet le rôle important joué par le C.I.P.M., ses Comités Consultatifs et par la Conférence Générale au cours de ses sessions régulières.

« En parlant du développement du Système métrique en Russie, je voudrais souligner le rôle exceptionnel qu'a joué l'éminent savant russe D. I. Mendéléev qui disait que la propagation universelle du Système métrique contribue au rapprochement des peuples. En tant que directeur de la Chambre Centrale des Poids et Mesures russe fondée en 1893, D. I. Mendéléev a fait tout son possible pour l'introduction des étalons métriques en Russie. Le passage pratique au Système métrique n'est cependant devenu possible qu'après la Grande révolution socialiste d'octobre 1917. Le 18 septembre 1918, le Gouvernement soviétique a pris le décret, préparé à l'initiative de Lénine, prévoyant l'emploi obligatoire du Système métrique décimal en Russie soviétique.

« Depuis lors, l'essor et l'étendue des problèmes à résoudre par la métrologie soviétique se sont considérablement accrus. Actuellement, treize instituts de recherche, ayant un effectif de plusieurs milliers de scientifiques hautement qualifiés, fonctionnent en U.R.S.S. Plus de 400 laboratoires s'occupent des services métrologiques sur tout le territoire du pays. Les organismes métrologiques de l'U.R.S.S. participent aux travaux de quatorze organisations internationales; ils ont des liaisons extrêmement étroites avec les pays membres du Conseil d'Assistance économique mutuel (« Comecon ») et des relations bilatérales avec plusieurs États (États-Unis d'Amérique, France, Royaume-Uni, Italie, Inde et autres).

« Ces jours-ci on célèbre largement en U.R.S.S. le centenaire de la Convention du Mètre. Des conférences et des colloques scientifiques sont organisés, des articles spéciaux sont publiés dans les journaux et des émissions sont faites à la radio et à la télévision. Une exposition spéciale est inaugurée à Moscou. J'aimerais noter que toutes ces manifestations s'effectuent dans l'atmosphère où toute l'humanité progressiste célèbre solennellement le 30^e anniversaire de la victoire sur le fascisme de la deuxième guerre mondiale.

« Comment imaginons-nous le rôle de notre Organisation internationale dans le deuxième siècle de son existence? Avant tout, nous devons nous baser sur la politique de paix et de détente et sur le développement des liens scientifiques et techniques entre tous les pays, politique qui est menée constamment par le Parti communiste et par le Gouvernement soviétique depuis l'existence de l'État soviétique. Compte tenu de cela, nous croyons que le rôle de la métrologie sera non seulement maintenu, mais qu'il se développera constamment surtout pour accroître la confiance mutuelle des États dans les échanges des produits d'une complexité technique élevée et pour l'utilisation réciproque des données scientifiques.

« En ce qui concerne les fonctions du Bureau International des Poids et Mesures, nous croyons qu'il serait nécessaire, devant l'essor du développement des laboratoires et des services nationaux, d'augmenter son rôle de coordination et de planification des travaux internationaux, et de concentrer en même temps son activité scientifique seulement sur les questions qui exigent vraiment sa participation dans les comparaisons internationales, les vérifications des étalons nationaux et la conservation des étalons internationaux.

« Nous considérons aussi comme urgentes et importantes les questions de l'accroissement de l'influence de l'Organisation internationale des poids et mesures, en tant qu'organisme intergouvernemental, sur les autres organisations internationales s'occupant des questions de métrologie dans des domaines généraux ou particuliers, et de l'augmentation du rôle du Comité International des Poids et Mesures et de ses Comités Consultatifs dans le développement de la coopération internationale pour la création de nouveaux étalons, l'élaboration des moyens pour les comparaisons internationales, etc. J'exprime l'espoir que toutes ces tâches seront accomplies avec efficacité.

« En conclusion, je voudrais remplir une mission agréable : Le Comité d'État des Normes du Conseil des Ministres de l'U.R.S.S. m'a chargé de remettre au Bureau International des Poids et Mesures un souvenir à l'occasion du centenaire de la Convention du Mètre et du Bureau International. Ce souvenir est une plaquette portant l'effigie du fondateur de la métrologie russe et soviétique D. I. Mendéléev avec ces paroles : « Les poids et mesures sont les instruments principaux de la connaissance. »

« En même temps, je voudrais exprimer tous mes meilleurs vœux au B.I.P.M. et à son personnel, et leur souhaiter du succès dans leurs travaux. »

Le PRÉSIDENT remercie Mr Issaev pour le souvenir qu'il vient d'offrir au B.I.P.M. et pour son intéressante communication qui a rappelé, entre autres, l'ancienneté des liens qui existent entre les Académies des Sciences russe et française.

Mr ROBERTS (États-Unis d'Amérique) :

« C'est avec beaucoup de fierté et une grande satisfaction que les États-Unis d'Amérique participent à cette quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures, pendant laquelle on célèbre le centième anniversaire de la Convention du Mètre. Nous nous sentons particulièrement flattés parce que notre pays fut l'un des dix-sept pays qui ratifièrent à l'origine ce traité; nous avons donc pris une part active à cette organisation depuis sa création. Les États-Unis étaient alors le seul pays de langue anglaise parmi les dix-sept premiers.

« Ce fut en 1893 que l'« inch » et le « pound » ont été définis aux États-Unis en fonction du mètre et du kilogramme. En fait, aujourd'hui, toutes les unités de mesures physiques sont réalisées aux États-Unis en tout premier lieu au moyen du Système métrique moderne, le SI.

« Au cours de ces cent années, les États-Unis ont été en étroite liaison avec les différents organismes qui fonctionnent sous l'égide de la Convention du Mètre. Cette liaison s'est faite par l'intermédiaire du National Bureau of Standards, depuis sa création en 1901. Au cours des années, des relations étroites de travail se sont développées entre notre National Bureau of Standards et le laboratoire issu de cette Convention, le Bureau International des Poids et Mesures.

« Aujourd'hui le Dr Ambler, directeur-adjoint du N.B.S., est membre du C.I.P.M. Il a succédé au Dr Branscomb qui avait lui-même succédé au Dr Astin. Le Dr Astin, que nous avons le plaisir de compter parmi nous aujourd'hui, a beaucoup travaillé pour aider le B.I.P.M. à devenir, après la deuxième guerre mondiale, le laboratoire moderne et internationalement reconnu qu'il est actuellement. Dans les autres domaines de notre organisation, le N.B.S. a apporté un vigoureux appui à chacun des Comités Consultatifs.

« Ces dernières années nous avons vu de remarquables progrès dans l'application des récentes découvertes scientifiques pour l'amélioration de la métrologie de base. Je n'en citerai que quelques exemples :

nouvelle définition du mètre en 1960 par la longueur d'onde de la lumière émise par une transition atomique spécifiée du krypton 86;

nouvelle définition de la seconde en 1967 par la fréquence de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins du césium 133;

conservation des étalons du volt au moyen de dispositifs supraconducteurs quantiques.

« Lorsqu'on réfléchit à l'énorme succès que nous avons eu en construisant la base de notre système de mesures physiques en utilisant des phénomènes naturels, on est impressionné de la perspicacité des créateurs du Système métrique. Comme vous vous en souvenez, la philosophie qui prévalait tout particulièrement en France traduisait un profond attrait pour la nature et une grande foi en elle. Les créateurs firent tous leurs efforts pour donner au système de mesures une base immuable fondée sur la nature.

« Évidemment, il ne leur avait pas été possible de prévoir le succès écrasant de cette conception philosophique dans ces dernières années par suite de la confiance extrême qu'on peut avoir dans les phénomènes atomiques et quantiques. En fait, il semble qu'il leur ait été difficile de réaliser pleinement leur projet à l'époque en utilisant comme ils l'ont fait la mesure de la Terre pour la longueur et un volume d'eau pour la masse. Aussi se tournèrent-ils vers l'emploi d'étalons artificiels. Mais au fur et à mesure du développement de la science, leur idée est davantage devenue une réalité. Leur but mérite d'être poursuivi aujourd'hui, tout autant sinon plus qu'à aucune époque dans le passé.

« Pourtant, si nous regardons devant nous, il reste encore beaucoup à faire, comme on nous le dira vendredi matin lorsque les présidents des Comités Consultatifs présenteront leurs rapports. Nous, aux États-Unis, regardons vers l'avenir, vers les cent prochaines années de progrès scientifique et de coopération avec nos partenaires de la Convention du Mètre. Nous espérons qu'elles seront aussi fructueuses que les cent dernières années. Au National Bureau of Standards nous espérons poursuivre notre collaboration étroite avec le B.I.P.M. qui, malgré ses cent ans, paraît plus jeune et plus vigoureux que jamais et mérite nos encouragements inlassables et notre aide généreuse. »

Le PRÉSIDENT remercie Mr Roberts pour ses vœux à l'adresse du B.I.P.M. et note combien la contribution du N.B.S. est efficace pour notre organisation.

Mr SZAMOTULSKI (Pologne) :

« Le centième anniversaire de la Convention du Mètre que nous célébrons solennellement aujourd'hui, coïncide avec le jubilé de l'adhésion de la Pologne à cette Convention.

« Cent ans de l'activité continue des organismes constitués par la Convention du Mètre confirment que son but fondamental, assurer l'unification internationale et le perfectionnement du Système métrique, reste toujours actuel sur le plan mondial.

« L'idée métrique offerte au monde par la France — berceau du Système métrique — unifie les efforts de tous les pays, efforts qui tendent à favoriser le développement de la métrologie.

« La Délégation polonaise désire manifester sa profonde estime pour l'œuvre métrique réalisée pendant les cent ans passés et désire transmettre au Comité International des Poids et Mesures et au Bureau International des Poids et Mesures ses vœux les meilleurs de succès continuels dans le futur.

« Pour commémorer le centième anniversaire de la Convention, la Délégation polonaise joint à ces vœux un présent — plaquette à l'effigie de Copernic — symbolisant la contribution de la science polonaise au progrès mondial.

« Nous espérons que le Système métrique continuera comme par le passé à remplir sa tâche essentielle pour servir au développement universel et au bonheur de l'humanité
« A tous les temps, à tous les peuples. »

Le PRÉSIDENT remercie Mr Szamotulski de ses paroles et du souvenir offert par la Délégation polonaise.

La Délégation de la Tchécoslovaquie considère comme un honneur de saluer la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures; elle souhaite que l'extension des travaux futurs de notre organisation contribue au développement de la coopération scientifique et culturelle de toutes les nations du monde.

Pour marquer le centenaire de la Convention du Mètre et du Bureau International des Poids et Mesures, la Délégation tchécoslovaque a le plaisir d'offrir un souvenir constitué par un écrin renfermant une plaquette en verre sur laquelle sont gravées, entre autres inscriptions, les symboles des sept unités SI de base.

Au nom de la Délégation de la Hongrie, Mr Hoxri joint ses félicitations à celles des autres Délégations et remet un cadeau — coffret en cuivre ouvragé — en témoignage des relations étroites que la Hongrie entretient depuis 1875 avec les organismes de la Convention du Mètre. Il souhaite les plus grands succès futurs pour notre Organisation métrologique internationale et aussi pour les organisations nationales.

La Délégation de la Bulgarie remet aussi un souvenir: plateau en bois sculpté et napperon brodé.

Le PRÉSIDENT remercie les Délégations de la Tchécoslovaquie, de la Hongrie et de la Bulgarie pour les souvenirs qu'elles viennent de remettre.

Au nom des pays de l'Amérique du Sud de langue espagnole, membres de la Convention du Mètre, la Délégation du Venezuela rappelle « la mémoire des officiers de marine espagnols Jorge Juan et Antonio de Ulloa qui, au xviii^e siècle avec la collaboration de savants français, mesurèrent la longueur du méridien terrestre sous l'équateur, premier pas vers l'unité commune, et celle du Général Ibañez de Ibero, principal promoteur de la Convention du Mètre et premier président du Comité International des Poids et Mesures. »

La Délégation de l'Espagne s'associe à cet hommage.

Aucune autre Délégation ne demandant la parole, Mr TERRIEN, directeur du B.I.P.M., remercie chaleureusement la Conférence pour cette manifestation consacrée à la célébration du centenaire de la Convention du Mètre et du Bureau International des Poids et Mesures, et pour les présents offerts.

Le Bureau International et son personnel ont été très sensibles aux sentiments et marques de sympathie qui ont été exprimés ⁽²⁾. C'est pour eux un nouvel encouragement à poursuivre sans relâche les tâches qui leur sont confiées par la Conférence Générale.

La séance est levée à 11 h 55 min.

(²) La Délégation de la Suède a envoyé au B.I.P.M. le 18 juin 1975 une adresse de félicitations et compliments.

Note du B.I.P.M. Plusieurs pays ont marqué le centenaire de la Convention du Mètre et du B.I.P.M. par des manifestations et publications diverses. Voici celles dont le B.I.P.M. a eu connaissance :

— Émission d'un timbre-poste commémoratif : Bulgarie, France, Indonésie, Norvège, Pays-Bas, Suède, Suisse, Suriname, U.R.S.S., ou cachet d'oblitération spécial : Afrique du Sud, Brésil, Canada (Truro, province de Nouvelle-Écosse), États-Unis d'Amérique, Finlande, Sri Lanka, Turquie.

— Expositions et conférences : Afrique du Sud, Autriche, Espagne, États-Unis d'Amérique, France, Royaume-Uni, Tchécoslovaquie, U.R.S.S.

— Publications :

Izmeritelnaia Tekhnika (Technique de Mesure, U.R.S.S.), février 1975, pp. 3-6; avril 1975 (numéro consacré au centenaire de la Convention du Mètre). « Les cent ans de la Convention du Mètre » (en russe), Éditions des Normes, Moscou, juillet 1975, 102 pages.

The centenary of the Metre Convention (*South African Metrication News*, April-May 1975, pp. 30-31). *Bulletin d'Information du Bureau National de Métrologie* (France), Numéro spécial « Centenaire de la Convention du Mètre », avril 1975.

A Commemoration of the Centenary of the Metre Convention 1875-1975, National Physical Laboratory (Teddington), May 1975, 24 pages.

100 lat Konwencji Mierniczej (*Pomiary, Automatyka, Kontrola* (Pologne), mai 1975, pp. 193-195). *The Treaty of the Metre 1875-1975* (*Dimensions-NBS* (Washington), May 1975, pp. 104-105, 117).

Metre Sözleşmesinin 100 Yilinda, Uluslararası Ölçüler ve Tartılar Burosu ve Türkiyedeki Uygulamalar (Centenaire de la Convention du Mètre, le Bureau International des Poids et Mesures et les applications en Turquie), Ankara, 1975, 17 pages.

Poids et Mesures en Suisse, Centenaire de la Convention du Mètre (texte bilingue allemand-français), Bureau Fédéral des Poids et Mesures (Berne), 1975, 72 pages.

Sté výročí podepsání Metrické Konvence (*Normalizace* (Tchécoslovaquie), juin 1975, pp. 81-82). *Sto let metrické konvence* (*Rozhledy Matematicko Fyzikální*, **53**, N° 9, 1975, pp. 474-476).

100 Jahre Meterkonvention (*Physikalische Blätter* (R.F.A.), Juli 1975, pp. 293-300).

Métrologie, année 100 (*Revue du Palais de la Découverte* (Paris), Numéro spécial 5, juin 1975).

Alta Frequenza (Italie), XLIV, N° 10, 1975 : numéro spécial consacré à la métrologie scientifique (15 articles en langue anglaise).

Elektrotechnik und Maschinenbau (Autriche), **92**, N° 12, 1975, pp. 481-501 (8 articles, notamment sur la Convention du Mètre, la 15^e C.G.P.M., le SI).

VISITE DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES ET DU CAVEAU DES PROTOTYPES MÉTRIQUES

JEUDI 29 MAI 1975 A 15 h

Un programme de « visite libre » et de « visite par groupes » avait été organisé pour la visite des laboratoires du B.I.P.M. Les délégués ont pu ainsi voir les installations et appareils récents du B.I.P.M. et recueillir des informations sur les travaux en cours.

Les laboratoires qui ont plus particulièrement retenu l'attention concernaient :

— la mesure absolue de g et l'installation ultra-sensible pour l'enregistrement permanent des marées terrestres;

— l'ensemble de l'installation pour la mesure des étalons à traits et des étalons à bouts par comptage de franges au moyen du comparateur photo-électrique et interférentiel;

— le dilatomètre interférentiel de 1 m en cours d'étude et de mise au point;

— l'installation de la cabine blindée et des appareils nécessaires pour la mise en œuvre de l'effet Josephson;

— la salle des balances, où des améliorations ont été apportées à l'isolation thermique des appareils notamment de la balance NBS-2 à un seul plateau qui est utilisée pour la comparaison des Kilogrammes étalons;

— la salle spécialement affectée à l'étude des lasers construits au B.I.P.M. (lasers à He-Ne stabilisés sur une raie d'absorption de l'iode 127, $\lambda = 0,633 \mu\text{m}$): ces lasers ont été comparés, par une méthode de battements, à un laser à iode 129 offert par le N.B.S.;

— les installations pour la réalisation du point triple de l'argon (thermomètres à capsule et thermomètres à tige) et pour la détermination, par pyrométrie optique monochromatique, du point de congélation de l'or;

à la section des rayonnements ionisants :

— le fantôme et la chambre à cavité pour la mesure ionométrique de la dose absorbée dans le graphite; cet ensemble sera utilisé pour les comparaisons internationales d'étalons (ionométriques ou calorimétriques) de mesure de la dose absorbée;

la chambre d'ionisation $4\pi\gamma$ pour les mesures d'activité;
 ... le détecteur de neutrons (sphère de polyéthylène avec compteur à BF_3) étudié et construit au B.I.P.M. pour servir comme instrument de transfert dans la comparaison internationale des mesures de débit de fluence de neutrons rapides, et le détecteur à cristal de stilbène avec circuit de discrimination neutron-gamma.

★

Pendant cette visite des laboratoires du B.I.P.M., les dames accompagnant les délégués ont visité les ateliers de la Manufacture Nationale de Porcelaine et le Musée National de Céramique de Sèvres.

★

Après ces visites et celle du caveau des Prototypes métriques, le Vice-Président du Comité International des Poids et Mesures (en l'absence du Président J. M. Otero empêché d'assister à la Conférence) et le Directeur du Bureau International des Poids et Mesures ont offert une réception dans la salle de conférences du Pavillon de Breteuil.

★

PROCÈS-VERBAL DE LA VISITE DU DÉPÔT DES PROTOTYPES MÉTRIQUES

Le 29 mai 1975, à 16 heures 30, en présence des Délégués à la Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures, des Membres du Comité International et du personnel scientifique du Bureau, il a été procédé à la visite du Dépôt des Prototypes métriques internationaux du Pavillon de Breteuil.

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

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

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

Température actuelle	20,3 °C
» maximale	22,5
» minimale	20,0
État hygrométrique	80 %

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

Le Directeur du Bureau,
 J. TERRIEN

Le Vice-Président du Comité,
 J. V. DUNWORTH

*Le Conservateur en Chef
 des Archives de France,*
 P. DURYE

TROISIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU CENTRE DE CONFÉRENCES INTERNATIONALES
DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

19, Avenue Kléber, Paris

LE VENDREDI 30 MAI 1975, A 10 h 10 min

En l'absence du Président M. Fontaine empêché, la présidence de cette séance et de la suivante est assurée par le vice-président du C.I.P.M., Mr Dunworth.

En ouvrant la séance, Mr DUNWORTH exprime ses remerciements à Mr Terrien pour l'intéressante visite des laboratoires du B.I.P.M. que les délégués ont faite la veille et pour la réception qui a suivi au Pavillon de Breteuil. La Conférence s'associe à ces remerciements par applaudissements.

Avant d'aborder l'examen des rapports des Comités Consultatifs auprès du C.I.P.M., Mr de Boer est prié de présenter le rapport du Groupe de travail constitué sous sa présidence à la première séance (p. 42) pour discuter la question de la dotation financière du B.I.P.M. pour les années 1977 à 1980.

Mr DE BOER présente le rapport suivant :

Le Groupe de travail, composé de délégués des neuf pays suivants : République Fédérale d'Allemagne, Brésil, Bulgarie, Espagne, États-Unis d'Amérique, France, Japon, Royaume-Uni, U.R.S.S. et de MM. de Boer, Dunworth, Terrien et Giacomo, s'est réuni dans la matinée et l'après-midi du mercredi 28 mai 1975.

Le Groupe de travail a étudié les propositions du C.I.P.M. concernant la dotation du B.I.P.M. et sa révision (lettre du C.I.P.M. aux Ambassades du 9 avril 1975).

Cette lettre contenait deux propositions :

a) une proposition de fixer la dotation annuelle du B.I.P.M. pour les quatre années 1977 à 1980 avec une augmentation annuelle de 13 pour cent au minimum ;

b) une deuxième proposition d'établir un système de révision annuelle de la dotation en utilisant une formule avec des indices provenant de sources officielles.

Après une discussion approfondie concernant le pourcentage d'augmentation annuelle de la dotation du B.I.P.M., le Groupe de travail s'est mis d'accord à l'unanimité sur une augmentation de 12 pour cent par année.

Le Groupe de travail n'a pas pu se mettre d'accord sur une révision annuelle de la dotation du B.I.P.M. sur la base d'une formule suivant la proposition *b*.

Néanmoins, on a reconnu la nécessité de prévoir la possibilité d'une révision de la dotation au cas où un développement imprévu se produirait dans la situation financière du B.I.P.M. Pour cette raison, le Groupe de travail propose d'envisager l'éventualité d'une séance extraordinaire et supplémentaire de cette même Conférence avant 1979, date de la 16^e Conférence Générale.

La discussion et le vote sur la dotation du B.I.P.M. auront lieu à la quatrième séance (*voir* p. 91).

Mr DUNWORTH demande ensuite aux présidents des Comités Consultatifs de présenter leur rapport.

8 et 9. Définition du mètre; vitesse de la lumière

En l'absence de Mr Otero, président du *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre* (C.C.D.M.), Mr STILLE, qui a présidé la 5^e session (juin 1973) du C.C.D.M., présente le rapport suivant :

La situation actuelle des discussions et délibérations au sein du Comité Consultatif pour la définition du Mètre (C.C.D.M.) est caractérisée par deux faits : 1^o le développement progressif des lasers à gaz asservis, et 2^o le désir des astronomes, qui est aussi celui des géodésiens et des géophysiciens, de s'accorder, sur un plan international, sur une valeur conventionnelle définitive de la vitesse de la lumière ou de la propagation des ondes électromagnétiques dans le vide c , valeur qui fait partie du « Système UAI de constantes fondamentales », de sorte que les mesures astronomiques de distance fondées sur cette valeur conventionnelle de c soient et restent compatibles avec les mesures terrestres, préférentiellement à 10^{-9} ou même 10^{-10} près, pendant une ou deux dizaines d'années.

Ces deux faits sont, en principe, indépendants mais conduisent à une interdépendance assez forte par leurs conséquences métrologiques.

D'abord, je vous présente quelques explications sur le fond et les possibilités d'application du premier fait.

La radiation émise par un laser est de très haute luminance, très directive, son profil spectral est très étroit, et elle est capable de produire des interférences sur des différences de marche très grandes. Pour une radiation d'un laser, les longueurs d'onde ou les fréquences sont des valeurs propres d'un résonateur actif.

Mais la longueur d'onde d'une telle radiation est un mauvais étalon de longueur; en effet, la décharge dans le tube producteur d'un rayonnement laser se fait dans un gaz à une pression bien supérieure à la pression du gaz dans une lampe à krypton, la pression du gaz change avec l'âge à cause de l'absorption dans les parois et les électrodes, et cette longueur d'onde dépend des dimensions de la cavité résonnante. La longueur d'onde émise par un laser de bonne qualité et bien stabilisé en température varie au cours du temps de 10^{-7} ou même plus en valeur relative.

Pour pouvoir utiliser une radiation d'un laser à gaz comme étalon de longueur, c'est-à-dire pour l'obtention d'une longueur d'onde avec une reproductibilité très haute, il faut stabiliser ou asservir la longueur d'onde de cette radiation, par exemple par l'emploi du « Lamb-dip », de l'effet Zeeman, de l'absorption — ou de la dispersion — saturée. La dernière méthode d'asservissement de la longueur d'onde de la radiation d'un laser sur celle

d'une raie d'absorption — c'est-à-dire que l'étalon est cette fois la longueur d'onde de cette raie d'absorption — est aujourd'hui celle qui est couronnée du succès le plus grand.

Pour cela, il faut qu'il y ait une coïncidence accidentelle entre la longueur d'onde de la radiation produite par le laser et la longueur d'onde d'une raie d'absorption. On trouve de telles coïncidences accidentelles, avec une probabilité très grande, dans des spectres d'absorption moléculaire où les bandes moléculaires offrent une richesse de raies abondante. Il est bien possible de faire fonctionner un laser couplé avec une cuve d'absorption de façon que la raie d'émission du laser soit asservie à coïncider avec la raie d'absorption, pour servir éventuellement comme étalon de longueur.

Deux de ces coïncidences ont été spécialement étudiées : premièrement la coïncidence entre une radiation infrarouge de longueur d'onde $3,39 \mu\text{m}$, qui est émise facilement par un laser à gaz hélium-néon, et une raie d'absorption du méthane (CH_4); une deuxième coïncidence connue est entre la raie rouge du laser à hélium-néon à la longueur d'onde 633 nm avec une raie d'absorption de la molécule d'iode (I_2). On obtient aussi une autre série de longueurs d'onde, pas encore suffisamment étudiées, avec le laser à gaz carbonique (CO_2) qui peut être asservi sur l'une quelconque de la centaine de raies des bandes à $9 \mu\text{m}$ et $10 \mu\text{m}$.

En ce qui concerne le deuxième fait mentionné plus haut, voici un aperçu des mesures astronomiques ou géodésiques pour lesquelles on a besoin de connaître la valeur de c en fonction du mètre par seconde avec une grande exactitude.

En mesurant la durée du trajet aller et retour des signaux envoyés sur l'objet en question et en utilisant une valeur conventionnelle pour la vitesse de la lumière ou de la propagation des ondes électromagnétiques, les déterminations de longueur les plus précises sont faites sur la distance Terre-Lune avec, actuellement, une incertitude de 3 cm ou de 5×10^{-11} en valeur relative. Il est peu probable qu'une précision nettement meilleure soit possible à cause des effets de la réfraction atmosphérique.

Il n'est pas nécessaire que de telles mesures soient exprimées directement en mètres, excepté lorsqu'il faut maintenir cohérentes entre elles les mesures de déplacement, de vitesse et d'accélération. Par exemple, le mouvement d'éloignement de la Lune par rapport à la Terre (3 cm par an) qui est important pour les effets de marée, nécessitera une comparaison des mesures faites sur des durées de dix ou vingt ans, pendant lesquelles il est souhaitable de maintenir inchangée la valeur admise pour c .

Les mesures interférentielles sur les quasars nécessitent une base terrestre de 100 m à 1 km connue avec une exactitude de 1×10^{-8} en valeur relative et qui devrait être compatible avec des mesures astronomiques. Il se peut que les travaux futurs exigent que de telles bases soient mesurées à $1/10$ de la longueur d'onde (infrarouge ou visible) utilisée pour les observations; cela veut dire, pour l'infrarouge, une exactitude de l'ordre de 10^{-9} ou mieux en valeur relative.

Quand on étudiera bientôt des problèmes dynamiques mettant en jeu, par exemple, les accélérations et la pesanteur, on peut prévoir la nécessité de relier avec une exactitude de 10^{-8} au moins en valeur relative les mesures astronomiques et les mesures terrestres.

D'ici à dix ans il devrait être possible de mesurer avec précision des distances entre satellites par l'emploi de lasers en fonctionnement continu avec une exactitude que l'on estime à 10^{-9} en valeur relative.

En géodésie, les mesures sont aussi faites par des méthodes de mesure de temps de vol avec une exactitude limitée actuellement à 10^{-6} ou 10^{-7} en valeur relative du fait de la réfraction atmosphérique. On peut cependant envisager de faire le vide dans des tuyaux ayant jusqu'à 1 km de longueur et de les utiliser pour la mesure des déformations de la Terre, de l'ordre de 1×10^{-10} (en valeur relative) par an.

Entre la Quatorzième et la Quinzième Conférence Générale, des membres du C.C.D.M. ont eu des échanges de vue par correspondance et, après une préparation profonde au moyen

d'une consultation préalable par un questionnaire envoyé à tous les membres, le C.C.D.M. a tenu sa cinquième session au Pavillon de Breteuil à Sèvres, les 13, 14 et 15 juin 1973; compte tenu du point « Vitesse de la lumière » inscrit à l'ordre du jour, quelques astronomes invités ont participé à cette session.

Le C.C.D.M. s'est tout d'abord occupé de la radiation du krypton 86 qui, suivant la Résolution 6 de la Onzième Conférence Générale, sert à définir le mètre. Des discussions ont eu lieu en particulier sur l'influence des déplacements Doppler provenant des mouvements des atomes dans la direction de l'axe du capillaire et de la dissymétrie du profil spectral de la radiation étalon; la cause d'une telle dissymétrie, qui n'était pas observée dans toutes les études, reste encore inexplicée et il semble probable que cette dissymétrie est liée aux propriétés du tube à décharge.

La reproductibilité de la longueur d'onde de la radiation étalon du krypton émise par différentes lampes a été étudiée dans plusieurs laboratoires; dans tous ces laboratoires les lampes étaient employées dans les conditions recommandées par le Comité International des Poids et Mesures en 1960, particulièrement en ce qui concerne les valeurs de la température de la lampe et de la densité de courant dans le capillaire.

Considérant les résultats de ces comparaisons, le C.C.D.M. conclut que les lampes elles-mêmes peuvent fournir une reproductibilité de 1×10^{-9} en valeur relative mais que, pratiquement, ce sont des effets systématiques tels que des déplacements liés à l'effet Doppler ou à la dissymétrie du profil spectral qui limitent la reproductibilité de la radiation étalon émise par la lampe à krypton.

La reproductibilité de la radiation étalon du krypton, d'un laboratoire à l'autre, est mise en évidence par la faible dispersion des mesures de longueurs d'onde de lasers asservis sur des raies d'absorption saturée. Six laboratoires ont donné les résultats de leurs mesures pour le cas des raies d'absorption saturée de l'iode et quatre laboratoires pour le cas d'une raie d'absorption saturée du méthane.

Ces déterminations de longueur d'onde utilisent comme référence la radiation étalon du krypton. Dans les deux cas, méthane et iode, la plus grande différence des résultats par rapport à la moyenne n'atteint pas 3×10^{-9} (dans le cas de l'iode les résultats sont tous ramenés à la même composante hyperfine).

Comme ce bon accord peut être quelque peu fortuit, le C.C.D.M. conclut que l'unité SI de longueur est réalisée avec une exactitude de 4×10^{-9} en valeur relative à l'aide de la lampe à krypton utilisée dans les conditions recommandées.

Après avoir examiné les résultats des comparaisons de la longueur d'onde des radiations des lasers stabilisés sur des raies d'absorption de l'iode et du méthane à celle de la radiation de la définition du mètre, et discuté du degré de concordance entre plusieurs laboratoires, le C.C.D.M. constata que la réalisation pratique du mètre dans ces comparaisons montre une cohérence meilleure que 1×10^{-8} en valeur relative.

En conséquence, le C.C.D.M. recommanda dans sa Recommandation M 1 (1973) que l'on emploie pour la longueur d'onde dans le vide des radiations des lasers à hélium-néon stabilisés sur les raies d'absorption les valeurs moyennes arrondies suivantes :

- 1) raie du méthane, P(7), bande ν_3 : 3 392 231,40 pm
- 2) raie de l'iode 127, R(127), bande 11-5, composante i : 632 991,399 pm;

le C.C.D.M. a estimé que la longueur d'onde de ces radiations a la valeur indiquée à $\pm 4 \times 10^{-9}$ près en valeur relative, et que cette incertitude est essentiellement due à l'indétermination actuelle de la réalisation pratique du mètre.

La reproductibilité de ces lasers, en tant qu'étalons de longueur d'onde, est de l'ordre de 10^{-10} à 10^{-11} en valeur relative, et leur stabilité varie entre 10^{-12} et 10^{-13} en valeur relative.

Dans la discussion sur les mesures de longueurs d'onde pour le laser à gaz carbonique (CO_2), on considéra qu'il n'y avait pas de confirmation suffisante des mesures sur le gaz carbonique pour que le C.C.D.M. puisse faire une recommandation à sa session de 1973.

Une mesure de la fréquence de la radiation du laser asservi sur la raie du méthane, déterminée par des étapes successives en utilisant des étalons intermédiaires et comme référence la fréquence étalon du césium (à peu près 5 400 fois plus petite que la fréquence de la radiation du laser à méthane), fournit la valeur 88 376 181 627 kHz (avec une incertitude de 6×10^{-10} en valeur relative). Le résultat (pas encore définitif) d'une mesure de la fréquence du laser asservi sur la raie R(12) du gaz carbonique conduit à la valeur 32 176 079 482 kHz (avec une incertitude de $1 \cdot 10^{-9}$ près en valeur relative); la longueur d'onde dans le vide de cette radiation d'un laser à gaz carbonique a été trouvée égale à 9 317 246,3 pm (avec une incertitude de 2×10^{-8} en valeur relative). Chacune de ces deux radiations de lasers asservis, dont la longueur d'onde dans le vide et la fréquence sont mesurées, offre la possibilité d'une détermination précise de la valeur de la vitesse de la lumière dans le vide c .

La précision et la reproductibilité des lasers asservis sur une raie d'absorption saturée (par exemple de l'iode ou du méthane), qui surpassent celles de la radiation étalon du krypton d'un facteur dix ou cent, suggéraient l'idée d'une redéfinition du mètre par une radiation étalon d'un laser asservi. En plus de cette suggestion on avait aussi proposé de fonder une nouvelle définition de l'unité SI de longueur sur la vitesse de la lumière. Une telle possibilité consisterait à redéfinir simultanément la seconde et le mètre à partir d'une autre transition comme étalon unique pour la longueur et l'intervalle de temps en utilisant les possibilités nouvelles offertes par les lasers. On pourrait également fonder la définition du mètre sur la longueur d'onde de la transition du césium qui sert à définir l'unité SI de temps, en adoptant conventionnellement une valeur de la vitesse de la lumière c en tout cas, à la condition bien entendu que le Système International d'Unités reste inchangé.

C'était le point où les réflexions sur une redéfinition éventuelle du mètre rencontraient les arguments mentionnés plus haut par les astronomes qui désirent que l'on s'accorde, sur un plan international et interdisciplinaire, sur une valeur conventionnelle de la vitesse de la lumière dans le vide qui reste inchangée pendant les dix ou vingt prochaines années, parce qu'un changement, même minime, de la valeur de c serait une source de difficultés pour l'astronomie, pour la géodésie et pour la géophysique.

De ces discussions, le C.C.D.M. conclut que la forme que devrait prendre une nouvelle définition du mètre n'est pas encore évidente et que la définition actuelle du mètre reste suffisante pour la plupart des besoins pratiques; il exprima en conséquence l'opinion générale que, pour le moment, on ne doit pas prendre de décision concernant une nouvelle définition de l'unité SI de longueur.

Considérant d'autre part les besoins dans des domaines de l'astronomie, de la géodésie et de la géophysique, le C.C.D.M. prit la décision de recommander une valeur de c .

Les trois récentes mesures conduisant à des valeurs précises de la vitesse de la lumière dans le vide et discutées par le C.C.D.M. sont

1° la mesure de la fréquence du laser asservi sur le méthane avec la valeur de sa longueur d'onde déjà recommandée, ce qui donne

$$c = (299\,792\,458,3 \pm 1,2) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1},$$

2° la mesure de la fréquence de la raie R(12) du gaz carbonique avec sa longueur d'onde déterminée, ce qui donne

$$c = (299\,792\,457 \pm 6) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1},$$

3° la mesure de Bay et Luther, qui utilise une modulation micro-onde de la radiation visible d'un laser à hélium-néon et conduit à

$$c = (299\,792\,462 \pm 18) \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

A cause de la différence notable des incertitudes, qui sont respectivement de 4×10^{-9} , 2×10^{-8} et 6×10^{-8} en valeur relative, seul le premier des trois résultats est important pour la détermination de la valeur moyenne pondérée, qui est

$$c = 299\,792\,458 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}.$$

L'incertitude de cette valeur est déterminée essentiellement par l'incertitude ($\pm 4 \times 10^{-9}$ en valeur relative) de la valeur de la longueur d'onde de la radiation étalon du krypton 86.

En conclusion, le C.C.D.M. constata, dans sa Recommandation M 2 (1973), que la valeur de la vitesse de propagation de la lumière ou des ondes électromagnétiques dans le vide, qui résulte des trois récentes mesures mentionnées plus haut, est 299 792 458 mètres par seconde avec l'incertitude d'environ $\pm 4 \times 10^{-9}$ en valeur relative.

Considérant en outre l'importance de la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide, une des constantes fondamentales les plus importantes en physique, et en particulier le désir spécial des astronomes, le C.C.D.M. s'accorda sur la déclaration suivante :

« Au sujet de la valeur de la vitesse de la lumière, on a rappelé les inconvénients des changements qui ont été proposés ou adoptés dans le passé, et qui pourraient l'être encore à l'avenir, lorsque de nouvelles déterminations sont effectuées. En effet, la valeur de la vitesse de la lumière est une constante fondamentale, en particulier elle fait partie du *Système UAI de constantes fondamentales*, et elle sert à des expériences extrêmement précises, devant porter sur de nombreuses années, en astronomie, en géodésie et en géophysique. La plupart des membres présents, sans prétendre préjuger des définitions futures du mètre et de la seconde, ont déclaré qu'à leur avis il devrait être possible de conserver sans changement la valeur 299 792 458 mètres par seconde (Recommandation M 2 (1973)), à la condition, bien entendu, que les données expérimentales qui ont servi à établir cette valeur ne se révèlent pas à l'avenir entachées de graves erreurs systématiques insoupçonnées aujourd'hui. »

Enfin, dans sa Recommandation M 3 (1973), le C.C.D.M. confirma sa Recommandation antérieure M 4 (1970) soulignant le besoin de nouvelles recherches en vue d'une définition future du mètre plus précise que la définition actuelle.

En octobre 1973, le Comité International des Poids et Mesures a approuvé à l'unanimité, après des discussions approfondies, le rapport du C.C.D.M. Toutes ces discussions ont conduit aux propositions présentées aux points 8 et 9 de la Convocation à cette Conférence.

Au nom du président et des membres du Comité International des Poids et Mesures, je vous recommande vivement ces propositions et vous invite à approuver les projets de résolutions A et B qui vous sont soumis.

Mr DUNWORTH remercie Mr Stille de son intéressant exposé, puis Mr TERRIEN donne lecture des deux projets de résolutions A et B (p. 15 et p. 16).

Le projet A, qui estime prématuré d'envisager un changement de la définition du mètre et recommande de poursuivre les recherches dans ce domaine, est adopté à l'unanimité (*Résolution 1*, p. 103).

Au sujet du projet de résolution B, Mr SZAMOTULSKI (Pologne) note que la détermination de la valeur de la vitesse de la lumière (c) avec une si haute précision est d'une grande importance pour la métrologie. La valeur de c intervient dans la détermination de nombreuses constantes physiques fondamentales; il est donc souhaitable que les unions internationales prennent en considération la nouvelle valeur recommandée et il propose en conséquence d'ajouter à la fin du projet B la phrase: « en particulier pour établir le système des constantes physiques fondamentales. »

Mr STILLE répond que la valeur de c recommandée dans le projet B figure déjà, avec la même exactitude, dans la liste des valeurs des constantes

physiques fondamentales établie en 1973 par le « Committee on Data for Science and Technology (CODATA) », ces valeurs étant recommandées pour tous les usages; nous constatons donc un fait que l'on pourrait, à la rigueur, préciser dans le projet B. On doit cependant noter que d'autres organisations internationales s'occupent de ces questions d'une façon permanente et l'on peut se demander si les organismes de la Convention du Mètre doivent aussi s'en occuper. Pour cette raison, Mr Stille hésite à se prononcer en faveur de l'amendement de la Pologne.

Mr DE BOER estime aussi que ce n'est pas la tâche de la Conférence Générale de s'occuper de ces questions, mais celle des unions scientifiques internationales compétentes. Il ne pense donc pas qu'il soit sage d'accepter cet amendement.

Après avoir entendu ces remarques, Mr DUNWORTH constate que l'acceptation de l'amendement proposé nous mettrait dans une situation embarrassante. Il demande en conséquence à la Délégation polonaise si elle maintient sa proposition.

La Délégation de la Pologne ne désire pas prolonger la discussion et retire son amendement. Elle tient toutefois à souligner le grand intérêt que présente, à son avis, cet amendement et qu'il aurait été souhaitable de préciser dans le projet B le rôle de la valeur recommandée pour c .

Aucune autre observation n'étant faite sur le projet de résolution B, celui-ci est adopté à l'unanimité (*Résolution 2*, p. 103).

10. Étalons du kilogramme

Mr TERRIEN reprend les considérations exposées au point 10 de la Convocation à la Conférence Générale (p. 16). L'enquête menée par le B.I.P.M. pour faire le point sur les améliorations à apporter aux étalons de masse et pour accroître la précision de leur comparaison par la mise en œuvre de nouvelles techniques, a donné lieu à de nombreuses réponses. Une meilleure connaissance de la correction de poussée de l'air est par ailleurs indispensable.

Le B.I.P.M., qui possède maintenant une balance (NBS-2) permettant de faire des comparaisons beaucoup plus rapidement et avec une précision bien meilleure que dans le passé, est disposé à effectuer dans les prochaines années une vérification des Kilogrammes étalons nationaux. C'est en effet la responsabilité du B.I.P.M., puisque de telles vérifications s'appuient sur le Prototype international du kilogramme déposé au Pavillon de Breteuil.

En conclusion de son exposé, Mr TERRIEN lit le projet de résolution C (p. 16) qui demande de poursuivre les études sur les étalons de masse et charge le B.I.P.M. d'organiser une vérification des étalons nationaux,

Mr DUNWORTH note que si ce sujet n'a jamais été complètement négligé, il n'avait cependant pas été considéré ces dernières années comme prioritaire.

Le projet de résolution C ne donne lieu à aucune observation ; il est adopté à l'unanimité (*Résolution 3*, p. 103).

11. Échelles de temps

Mr DUNWORTH présente le rapport du *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde* (C.C.D.S.) dont il est aussi le président.

1. *Historique.* — L'unité de temps, la seconde, était définie à l'origine d'après la vitesse de rotation de la Terre. Mais au début du siècle il est devenu évident qu'il existait des irrégularités, petites mais mesurables, dans la vitesse de rotation de la Terre. Les recherches sur les étalons atomiques de fréquence ont montré que l'on pouvait avoir une autre base pour la définition de la seconde et, en 1956, le C.I.P.M. créa le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde pour étudier le problème. A la suite des recommandations de ce dernier, la 13^e C.G.P.M. (1967) décida de remplacer la définition astronomique de la seconde par la suivante :

« 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. »

Bien que dans un certain sens la tâche du C.C.D.S. ait été accomplie lorsque cette nouvelle définition fut adoptée, la poursuite de recherches est toujours nécessaire en ce qui concerne les techniques de réalisation de l'unité et l'établissement d'une échelle atomique de temps (TAI). En conséquence, le C.C.D.S. a continué d'exister avec des attributions élargies pour discuter de ces nouvelles questions et il est toujours très actif. En fait, il s'est avéré nécessaire que le C.C.D.S. se réunisse en 1972 et en 1974 pour étudier la situation qui évoluait rapidement.

La mesure du temps, ou de son inverse, la fréquence, joue un rôle important dans de nombreux domaines de la science et de la technologie et plusieurs organisations internationales s'y intéressent, en particulier l'Union Astronomique Internationale, l'Union Radioscopique Internationale (U.R.S.I.) et le Comité Consultatif International des Radiocommunications (C.C.I.R.) qui est chargé de la réglementation des émissions de signaux horaires et de fréquence. Ces organisations sont toutes représentées au C.C.D.S., qui est par conséquent le centre international des discussions concernant les étalons de temps et de fréquence.

2. *Recherches sur les étalons de fréquence et de temps.* — C'est une longue période de recherches, effectuées dans un certain nombre de laboratoires sur les étalons atomiques de fréquence, qui a permis d'aboutir à la définition de la seconde du SI. On trouve maintenant dans le commerce des étalons à césium à hautes performances et des recherches sont actuellement poursuivies dans plusieurs laboratoires nationaux sur les étalons à jet de césium de grande longueur qui sont nécessaires comme étalons primaires pour la réalisation la plus précise de la seconde. On s'intéresse aux masers à hydrogène qui constituent des sources stables d'une pureté spectrale extrêmement élevée; des recherches sont en cours sur d'autres types d'étalons, dont certains sont susceptibles de remplacer les étalons à jet de césium. Le C.C.D.S. a joué un rôle inappréciable en donnant l'impulsion à ces recherches et à ces progrès sur un plan international.

La comparaison internationale des échelles nationales de temps et des étalons de fréquence a soulevé de sérieux problèmes techniques. Les émissions par radio sont commodes mais présentent le désavantage de retards de propagation inconnus et variables, en particulier

sur les parcours intercontinentaux. Heureusement, on peut éviter ces retards dans de nombreuses parties du monde en utilisant l'onde de sol émise par les stations rapprochées de la chaîne de navigation Loran-C qui fonctionne sous le contrôle de l'U.S. Coast Guard Service. En parallèle avec ce service on emploie des horloges atomiques voyageuses, dont la circulation est faite sous le contrôle de l'U.S. Naval Observatory. On a également utilisé les transmissions par satellites. Le C.C.D.S. a joué un rôle important dans la discussion de ces comparaisons internationales.

3. *Échelles de temps.* — Faire l'historique complet de ce sujet nécessiterait du temps et des détails; on n'en donne ici qu'un bref résumé. La rotation de la Terre sur son axe constitue la base du Temps Universel (UT) ou Greenwich Mean Time (GMT) comme on l'appelle quelquefois. Comme toutefois la rotation de la Terre présente de petites irrégularités, les échelles de temps qui sont fondées sur cette rotation ne sont pas satisfaisantes pour les utilisations astronomiques les plus précises, en particulier l'analyse théorique de la dynamique du système solaire. Pour éviter cette difficulté, les astronomes ont établi une échelle de temps fondée sur le mouvement de la Terre autour du Soleil, le Temps des Éphémérides (TE), mais cette échelle ne convient pas pour l'usage général car la réduction des observations pour la constituer est nécessairement un processus assez long et on ne connaît avec précision l'échelle que longtemps après l'événement.

Avec l'adoption d'une base atomique pour la définition de la seconde du SI comme unité de temps, il devint évident que l'on pouvait obtenir une échelle de temps très uniforme. Après d'assez longues discussions et beaucoup de travaux préliminaires de la part du Bureau International de l'Heure (B.I.H.), des laboratoires et des observatoires nationaux, le C.C.D.S. a recommandé l'adoption d'une échelle de Temps Atomique International (TAI). En conséquence, la 14^e C.G.P.M. (1971) a invité le B.I.H. à maintenir le TAI et a donné son approbation pour que le B.I.P.M. accorde une aide au B.I.H. afin de contribuer à l'exécution de cette tâche.

La rotation de la Terre varie de façon irrégulière de quantités allant jusqu'à l'équivalent de une ou deux secondes par an et le TAI ne peut être utilisé directement lorsqu'on a besoin d'une précision élevée pour la navigation. A titre de compromis une échelle de temps connue sous le nom de Temps Universel (Coordonné) (UTC) est devenue d'usage courant. Elle diffère du TAI d'un nombre entier de secondes mais ses tops de secondes coïncident avec ceux du TAI; la différence est ajustée en ajoutant ou en retranchant de temps en temps des secondes intercalaires de telle sorte que UTC soit toujours en accord à moins d'une seconde avec le Temps Universel UT obtenu à partir de la rotation de la Terre. UTC est maintenant employé comme base des signaux horaires dans les émissions radio de temps et de fréquence qui sont diffusées par un certain nombre d'organismes. C'est le C.C.I.R. qui a la responsabilité d'établir UTC et de faire les recommandations relatives à la forme de ces émissions; sur sa demande, le C.C.D.S. a récemment reconnu cette échelle (Recommandation S 1 (1974)), consacrant ainsi son utilisation générale.

4. *Base légale de l'heure.* — Le Système International d'Unités fournit les bases appropriées et presque universellement acceptées pour les mesures scientifiques. La mesure du temps, qu'il faut distinguer de la mesure des fréquences, a également une grande importance dans les activités quotidiennes de l'homme. Les discussions au sein du C.C.D.S. ont clairement fait apparaître que les administrations qui souhaitent avoir une base légale pour leur échelle nationale de temps apprécieraient une déclaration de la C.G.P.M. assurant que l'échelle internationale de temps convient comme base légale de l'heure, et que les administrations qui ne voient pas la nécessité d'une définition légale ne seraient en aucune manière gênées par une telle déclaration. En conséquence, le C.C.D.S., avec l'approbation du C.I.P.M., invite la C.G.P.M. à recommander l'adoption de UTC comme base de l'heure officielle dans tous les pays. Il s'agit de la Recommandation S 1 (1974) qui prévoit également que les renseignements complémentaires, autres que les signaux horaires de base, fournis par le système UTC continueront d'être fournis pour l'usage général.

5. *Programme futur.* — Le TAI est susceptible d'être encore amélioré. Au fur et à mesure que de nouvelles horloges atomiques entrent en usage et que l'on adopte de nouveaux types

d'étalons de fréquence, il sera nécessaire d'examiner minutieusement le mode d'obtention de l'échelle et de mettre au point de nouvelles techniques.

À l'heure actuelle, la précision avec laquelle le temps et la fréquence peuvent être mesurés est supérieure à toute exigence industrielle connue. Il ne serait cependant pas prudent de considérer que cette situation persistera longtemps, car une nouvelle technique de mesure trouve souvent des applications techniques avec une rapidité remarquable. Du point de vue scientifique, la précision actuelle vient d'atteindre le stade où les effets de la relativité devraient devenir appréciables et un gros sujet d'intérêt est précisément la vérification des prédictions de la théorie. Les recherches continuent par conséquent d'être encore nécessaires pour améliorer les étalons et les techniques de mesure du temps et de la fréquence, et le C.C.D.S. continuera à jouer un rôle central pour encourager et analyser ces recherches.

En complément à son rapport, Mr DUNWORTH rappelle que le sigle TAI (Temps Atomique International) est valable pour toutes les langues. Il en est de même, suivant la préférence exprimée par le C.C.D.S., pour les sigles UT (Temps Universel) et UTC (Temps Universel Coordonné).

Aucun commentaire n'étant fait sur ce rapport, Mr TERRIEN donne lecture des projets de résolutions D et E (p. 17). Le projet D se rapporte aux relations du B.I.H. avec le C.I.P.M. et le B.I.P.M. en ce qui concerne le Temps Atomique International, et à l'aide financière à maintenir au B.I.H. Le projet E recommande l'emploi du Temps Universel Coordonné (UTC) comme base du temps civil légal.

Le projet de résolution D est adopté à l'unanimité (*Résolution 4*, p. 104) et Mr DUNWORTH se réjouit de l'excellente collaboration entre le B.I.H. et les organismes de la Convention du Mètre.

Sur le projet E, Mr STILLE (République Fédérale d'Allemagne) demande, après ce qui vient d'être précisé par Mr Dunworth, que le sigle « (UTC) » soit ajouté à la deuxième ligne du projet, après « Temps Universel Coordonné ».

La Délégation française estime que cette addition est utile et Mr TERRIEN l'approuve comme étant conforme aux avis du C.I.P.M. et du C.C.I.R.

Compte tenu de cette adjonction, le projet de résolution E est adopté à l'unanimité (*Résolution 5*, p. 104).

12. Étalons électriques

Mr LEHANY, président du *Comité Consultatif d'Électricité* (C.C.E.), présente le rapport suivant :

Depuis la 14^e Conférence Générale des Poids et Mesures, il y a eu deux réunions du C.C.E. et du « Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences » qui lui est associé. La première réunion a eu lieu en 1972 et la seconde dans la semaine qui vient de précéder immédiatement la 15^e C.G.P.M. L'une des principales activités du C.C.E., à chacune de ces

deux réunions, a été d'examiner les techniques utilisées pour maintenir les étalons de différence de potentiel et de résistance électrique, et de revoir la façon de procéder aux comparaisons internationales pour tirer avantage de ces techniques.

Le volt. — En 1972, plusieurs laboratoires nationaux avaient déjà utilisé avec succès l'effet Josephson pour contrôler la stabilité de leurs étalons du volt et on était suffisamment renseigné pour que le C.C.E. puisse estimer la valeur de la fréquence Josephson qui correspondait au volt représenté par les étalons du B.I.P.M. au 1^{er} janvier 1969; la valeur estimée la plus probable à cette époque était 483 594 GHz.

Ensuite, les comparaisons internationales d'étalons voltaïques de différence de potentiel et les comparaisons directes d'appareils Josephson transportables ont mis clairement en évidence les inconvénients et les limitations des éléments voltaïques dans leur utilisation comme références nationales et comme étalons voyageurs.

Le C.C.E. a décidé d'interrompre provisoirement la série des comparaisons internationales d'étalons du volt, et il a recommandé que les laboratoires et le B.I.P.M. utilisent l'effet Josephson; le B.I.P.M. et la plupart des laboratoires adopteront la valeur de la fréquence Josephson 483 594 GHz afin de maintenir invariable leur représentation du volt.

Les laboratoires qui n'ont pas l'appareillage Josephson auront besoin d'un service de comparaisons et d'étalonnages; on continue donc à travailler en vue d'améliorer le transport et l'emploi des éléments voltaïques utilisés comme étalons voyageurs.

L'ohm. — Plusieurs laboratoires disposent maintenant d'un condensateur à variation calculable de capacité du type Lampard-Thompson, à partir duquel on peut établir et maintenir des étalons de résistance avec une exactitude de l'ordre de 10^{-7} . Le C.C.E. a modifié le système des comparaisons internationales d'étalons de résistance afin que le B.I.P.M. ait un accès aussi direct que possible aux résultats les plus précis obtenus dans ces laboratoires, ce qui fournira un contrôle de l'exactitude et de l'invariabilité des étalons de résistance du B.I.P.M.

Le C.C.E. estime qu'il reste encore beaucoup à faire pour améliorer l'emploi de l'effet Josephson et du condensateur à variation calculable pour la maintenance des étalons électriques. Une autre activité importante est la détermination absolue du volt et de l'ampère, qui est nécessaire si l'on veut qu'une valeur plus exacte de la fréquence Josephson soit spécifiée à l'avenir en vue de mettre les étalons du volt en accord plus étroit avec l'unité SI de différence de potentiel.

Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences. — Ce Groupe a été créé afin d'établir les moyens les plus économiques et efficaces pour favoriser le développement des techniques de mesure et réaliser l'uniformité internationale dans cette branche très variée mais d'importance cruciale de la technologie électrique.

Il est apparu que la façon la plus efficace d'y parvenir est d'organiser des comparaisons spécifiques entre les laboratoires bien expérimentés, et de mettre les étalons voyageurs à la disposition des laboratoires qui désirent contrôler leur état d'avancement.

Jusqu'à présent, vingt comparaisons ont été engagées et six ont été achevées. En conclusion, je recommande le projet de résolution F à votre considération.

Mr TERRIEN lit le projet de résolution F (p. 18) qui recommande de poursuivre activement les travaux sur les étalons électriques et demande au C.I.P.M. de coordonner ces travaux et d'organiser les mesures comparatives nécessaires.

Aucune observation n'est faite sur ce projet de résolution qui est adopté à l'unanimité (*Résolution 6*, p. 104).

La séance est interrompue pendant vingt minutes,

13. Thermométrie. Échelle Internationale Pratique de Température

Mr PRESTON-THOMAS, président du *Comité Consultatif de Thermométrie* (C.C.T.), présente le rapport suivant :

Le Comité Consultatif de Thermométrie s'est réuni pour la première fois en 1939. A la suite des discussions de cette session et des sept sessions suivantes, le C.C.T. a recommandé : le remplacement de l'Échelle Internationale de Température de 1927 (E.I.T.-27) par l'E.I.T.-48 ; la modification ultérieure de l'E.I.T.-48 qui devint l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1948, édition amendée de 1960 (E.I.P.T.-48, édition 1960) ; l'introduction en 1968 de l'Échelle actuelle, E.I.P.T.-68.

On a publié l'E.I.P.T.-68 essentiellement afin de satisfaire la demande de plus en plus forte pour une échelle unique acceptée sur le plan international dans le domaine de température compris entre 14 K et 90 K ; on a introduit en même temps un certain nombre de changements aux températures supérieures afin de faire mieux concorder l'ensemble de l'échelle avec les températures thermodynamiques correspondantes. L'E.I.P.T.-68 a été mise au point avec quelque hâte pour satisfaire une demande extérieure ; ce n'est pas la moisson de recherches soigneusement mûries et formant un tout, aussi présente-t-elle un certain nombre de points faibles. Pour en citer quelques exemples : certaines formules mathématiques sont d'une complexité inutile ; il existe encore des différences significatives entre cette échelle et les températures thermodynamiques correspondantes ; les méthodes de réalisation pratique recommandées sont à certains égards incomplètes et ne constituent plus la meilleure réalisation actuelle. Les instruments d'interpolation de l'échelle manquent malheureusement de précision dans l'un des domaines de température ; il faudrait aussi étendre l'échelle vers les températures inférieures à 14 K, en particulier pour qu'elle couvre le domaine de 4 K à 14 K.

Corriger certains des points faibles ci-dessus mentionnés nécessiterait d'apporter des changements numériques dans l'échelle, c'est-à-dire établir une nouvelle échelle. Il n'y a aucun doute en fait que c'est la raison pour laquelle il faudra un jour ou l'autre remplacer l'E.I.P.T.-68 ; on peut estimer raisonnablement que ce remplacement interviendra vraisemblablement entre 1979 et 1987 si l'on veut en faire coïncider la date avec celle de la Conférence Générale qui se réunit tous les quatre ans.

Entre-temps, on peut cependant éliminer un certain nombre de défauts de l'E.I.P.T.-68 sans entraîner de changements numériques des températures mesurées dans cette échelle. De telles améliorations apportées à l'échelle permettent de mesurer les températures plus directement et avec plus de précision, de simplifier la description de l'échelle, de corriger certaines valeurs numériques erronées attribuées à certains points fixes secondaires, et d'éliminer certains procédés de mesure recommandés ainsi que deux échelles secondaires pour les basses températures dont on sait maintenant qu'elles sont quelque peu fausses.

Pendant et entre ses neuvième (1971) et dixième (1974) sessions, la tâche essentielle du C.C.T. a été d'effectuer ces modifications de l'E.I.P.T.-68. Il en est résulté l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 (édition amendée de 1975) que le C.I.P.M. soumet à l'approbation de la Conférence Générale des Poids et Mesures.

Lors de sa réunion en 1971, le C.C.T. a créé plusieurs Groupes de travail qui étaient destinés à jouer un rôle essentiel tant pour l'amendement proposé de l'E.I.P.T.-68 que pour la préparation de toute échelle ultérieure de remplacement. Ces Groupes de travail sont chargés de l'étude de questions précises, ce qui manquait jusqu'alors, se partageant ainsi certaines tâches essentielles et les responsabilités du C.C.T. Ils sont tous intentionnellement petits, chaque groupe étant limité à un maximum de quatre membres, et ils doivent présenter des rapports réguliers — à l'origine tous les ans, maintenant tous les deux ans — au C.C.T. lui-même.

Ces Groupes de travail fonctionnent comme suit : l'un d'eux est chargé de mettre au point la proposition du texte de l'échelle nouvelle ou amendée à l'étude. A cet effet, il utilise les données des autres groupes, chacun de ceux-ci étant chargé de certains aspects particuliers importants de la mesure des températures, et il soumet périodiquement les projets du texte à chacun des membres du C.C.T. Les membres du C.C.T. sont géographiquement répartis de telle sorte que de cette façon ces projets atteignent les différents laboratoires nationaux d'étalonnage et en fait tous les experts en thermométrie du monde. A l'inverse, tout expert en thermométrie est en mesure de communiquer ses résultats et d'entrer en relation avec l'un ou l'autre des Groupes de travail qui s'intéressent étroitement à tous les domaines actuels de la recherche en thermométrie.

De cette façon, des liaisons étroites avec les recherches actuelles en thermométrie sont assurées et le C.C.T. dispose pour ses réunions de rapports préparés à l'avance sur les points qui l'intéressent. Le C.C.T. est ainsi en mesure de porter son attention sur les questions d'importance particulière et, à la suite des discussions, il peut modifier ses instructions pour que les Groupes de travail concernés apportent tout changement souhaitable dans la direction de leurs travaux. En suivant ce processus, le C.C.T. pense pouvoir toujours disposer à l'avenir d'une échelle « virtuelle » de remplacement qui constituerait la base d'un remplacement de l'E.I.P.T. actuelle si jamais la demande de par le monde rendait ce remplacement urgent de façon inattendue. Cela devrait permettre d'éviter les difficultés que l'on a rencontrées en 1968, difficultés auxquelles sont dus certains des points faibles de l'E.I.P.T.-68, lorsqu'on a dû rédiger une échelle de remplacement en ne disposant que d'une période très courte et qu'il n'existait aucune ébauche établie ou acceptée à partir de laquelle on pût travailler.

Le C.C.T. considère que sa tâche primordiale est d'assurer la permanence de la validité de l'E.I.P.T. actuelle, mais il a récemment exprimé son intention d'étendre son activité afin de s'intéresser à deux autres aspects de la mesure des températures. Ces intérêts secondaires, qui reflètent les intérêts actuels des États adhérents à la Convention du Mètre, sont :

1^o les températures très élevées d'états de non-équilibre, ou températures des plasmas, qui prennent une importance croissante dans les pays hautement industrialisés;

2^o le choix et l'approbation d'échelles secondaires qui, bien que relativement imprécises, sont efficaces, facilement réalisées, reproductibles et peu onéreuses; des échelles secondaires de ce genre peuvent être extrêmement utiles et suffire parfaitement pour beaucoup de pays ou de domaines d'application dans lesquels il y a peu ou pas d'industries nécessitant une technologie poussée.

Le C.C.T. espère être en mesure, au cours des prochaines années, de mettre au point des rapports et un manuel sur ces sujets.

La Délégation de la Pologne approuve les amendements au texte de l'E.I.P.T.-68; ces amendements sont en accord avec les idées des spécialistes polonais et avec les résultats de certaines mesures effectuées au Comité Polonais de Normalisation et des Mesures, notamment pour le point de congélation du platine.

Aucune autre observation n'étant faite sur ce rapport, Mr TERRIEN lit le projet de résolution G (p. 19) qui soumet à l'approbation de la Conférence Générale l'édition 1975 de l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 (voir le texte p. A 1), et demande au C.I.P.M. de poursuivre la préparation d'une Échelle révisée.

Le projet de résolution G est adopté à l'unanimité (*Résolution 7*, p. 105).

14 a. Photométrie et radiométrie

Mr MARÉCHAL, président du *Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie* (C.C.P.R.) — nouveau nom donné en 1971 au Comité Consultatif de Photométrie — présente le rapport suivant :

Le Comité Consultatif de Photométrie (et Radiométrie) a tenu une réunion en septembre 1971 et se réunira à nouveau en septembre 1975. Sa préoccupation principale concerne la définition des unités photométriques qui soulèvent des questions de principe et dont la réalisation expérimentale présente de nombreuses difficultés.

Il faut tout d'abord distinguer les problèmes de radiométrie et ceux de photométrie :

- la *radiométrie* mesure les flux électromagnétiques en unités énergétiques et ne pose pas de problème de principe : le watt y est utilisé. Les techniques de mesure présentent néanmoins des difficultés diverses (connaissance des facteurs divers d'absorption, de diffusion, de transmission, etc.) et la précision reste assez médiocre, surtout dans les domaines spectraux qui sont éloignés du spectre visible.

- la *photométrie* mesure les effets visuels des radiations visibles et fait intervenir les propriétés de la rétine par la courbe des efficacités lumineuses relatives spectrales $V(\lambda)$ des diverses radiations. La photométrie s'écarte donc du domaine des mesures purement physiques mais est indispensable pour le contrôle des propriétés de nombreux systèmes d'éclairage (sources lumineuses en particulier). Le développement des besoins dans ce domaine a amené à utiliser des unités dont les conditions physiques de réalisation soient aussi bien définies que possible, mais dont le rattachement aux unités fondamentales est passablement conventionnel (convention bien admise mais fondée sur des expériences d'ordre physiologique, donc essentiellement aléatoires).

Une proposition commune du National Measurement Laboratory (Sydney) et du National Bureau of Standards (Washington) vise à séparer au mieux les problèmes de caractère physique (spectroradiométrie), dont la précision peut très probablement être améliorée, et ceux qui font intervenir la rétine, dont la précision sera inévitablement limitée pour des raisons physiologiques. Il est suggéré :

1° de rattacher le lumen au watt pour une radiation monochromatique dont l'efficacité lumineuse est voisine du maximum. On adopterait ainsi un coefficient K_m de correspondance watt-lumen tenant compte des mesures les plus récentes et le lumen serait physiquement défini de façon précise.

2° de remplacer l'unité photométrique fondamentale d'intensité lumineuse par l'unité de flux, de même nature qu'une énergie. On abandonnerait ainsi la candela au profit du lumen, ce qui paraît être plus simple et plus logique.

Les avantages de cette proposition seraient :

- une correspondance bien définie entre les unités radiométriques (watt) et photométriques (lumen) à condition d'adopter une courbe normale de visibilité,
- l'absence de la nécessité d'un étalon primaire photométrique,
- la possibilité d'obtenir un meilleur accord international sur les mesures photométriques,
- l'élimination des incertitudes provenant de la température de congélation du platine qui est insuffisamment bien connue.

La photométrie se rattacherait à la radiométrie par une pondération variable des diverses composantes spectrales.

Cette proposition particulièrement importante sera discutée par le C.C.P.R. en septembre 1975. Si son principe semble ne pas soulever beaucoup d'objections, sa mise en œuvre devra être soigneusement étudiée.

Ajoutons enfin que de nouvelles perspectives semblent se dessiner pour la radiométrie : les mesures se font couramment par l'intermédiaire de l'échauffement d'une surface noircie,

mais une technique de mesure des pressions de radiation semble maintenant accessible et elle fournirait un précieux contrôle des résultats actuels.

Une étude préliminaire a montré que l'on pouvait espérer obtenir avec ces dispositifs une sensibilité de l'ordre de 10^{-6} W, ce qui permettrait de comparer des flux lumineux nettement moins intenses que ceux qui correspondent à des faisceaux de lasers. Par ailleurs, les valeurs absolues des flux énergétiques dans le domaine de l'ultraviolet lointain peuvent être contrôlées à partir d'expériences effectuées sur des machines accélératrices dont le rayonnement synchrotron est bien connu.

Mr DUNWORTH remercie Mr Maréchal pour son rapport qui ne fait l'objet d'aucun commentaire.

14 b. Étalons de mesure des rayonnements ionisants

Mr AMBLER, président du *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants* (C.C.E.M.R.I.), expose les principaux points du rapport suivant :

L'emploi des rayonnements ionisants est aujourd'hui beaucoup plus général, en particulier à cause de l'utilisation rapidement croissante de l'énergie nucléaire pour subvenir aux besoins mondiaux en énergie et de l'accroissement des applications des rayonnements en médecine et dans l'industrie. En conséquence, les mesures précises de rayonnement prennent de plus en plus d'importance. D'un côté on a besoin, pour avoir des données destinées à concevoir de façon efficace les réacteurs nucléaires, de mesures de neutrons, de rayons X et γ et de radioactivité avec une exactitude d'environ 1 %. D'un autre côté, on a besoin d'une exactitude de 5 % pour les doses de rayonnement en radiothérapie contre le cancer, ce qui nécessite de connaître les étalons de mesure de rayonnement avec 1 ou 2 % d'exactitude. Si l'on a besoin de la plus haute exactitude dans certaines applications des rayonnements, l'utilisation accrue des rayonnements dans tous les domaines nécessite des mesures fiables d'une exactitude quelque peu inférieure pour la protection des travailleurs, du grand public et de l'environnement. Dans ce domaine de la protection contre les rayonnements on peut citer comme exemples les contrôles individuels pour les travailleurs exposés aux rayonnements, les mesures de la radioactivité provenant des usines nucléaires et les mesures de la radioactivité de l'eau, de l'air et du sol. Étant donné tous ces besoins et le fait que beaucoup de ces mesures sont très difficiles, les problèmes de la mesure des rayonnements et du rôle du B.I.P.M. comme organisme centralisant le système international des mesures dans ce domaine sont des sujets de la plus haute priorité.

Pour cerner les problèmes des mesures de rayonnement, le C.C.E.M.R.I. est divisé en quatre sections : Section I, Rayons X et γ , électrons; Section II, Mesure des radionucléides; Section III, Mesures neutroniques et Section IV, Étalons d'énergie alpha. En rendant compte des travaux de ces quatre sections, nous envisagerons les besoins en étalons et en comparaisons internationales de mesures de rayonnement d'après un programme d'activités planifiées, de réalisations et de projets pour les travaux à venir.

Section I. Rayons X et γ , électrons

Besoins en étalons d'exposition et de dose absorbée, et comparaisons internationales de ces étalons. A l'heure actuelle, ces besoins proviennent surtout des utilisations médicales des faisceaux de photons et d'électrons dans le traitement du cancer où la dose absorbée reçue par un patient peut être au total de l'ordre du kilorad. Hormis le contrôle des rayonnements administrés à chacun des malades, il est nécessaire de connaître les doses absorbées si l'on veut comparer entre eux les résultats des traitements effectués dans différents centres et différents pays; cette façon de faire s'impose si l'on veut partager l'expérience afin de pouvoir faire des progrès rapides. Il est manifeste qu'il existe une marge étroite entre le succès et l'échec selon la dose administrée, cette marge étant évaluée maintenant à ± 5 %

pour les tumeurs curables. Des doses insuffisantes amèneront des rechutes, des doses trop fortes entraîneront des dommages du type nécrose.

En radiothérapie, pour obtenir une exactitude de $\pm 5\%$ dans un traitement, il est impératif de connaître à 1 ou 2 % près les étalons primaires qui sont au départ des chaînes d'étalonnage, et ceci sur un plan mondial. Au contraire, la radioprotection, qui concerne toutes les personnes soumises dans leur travail à des rayonnements ionisants, recouvre un domaine d'exposition différent; dans ce cas on est confronté avec d'autres problèmes: se conformer à la législation, assurer les contrôles continus nécessaires et pouvoir se référer à des étalons exacts susceptibles de mesurer des expositions beaucoup plus faibles, de l'ordre de quelques milliröntgens.

Pour la conservation des produits au moyen de doses de rayonnement de l'ordre du mégarad, on se préoccupe aussi, dans certains cas, de législation, comme par exemple pour la stérilisation des produits pharmaceutiques. De plus, dans bien des cas d'utilisation, il faut tenir compte directement de facteurs économiques; ainsi, par exemple, des doses trop élevées peuvent endommager le produit, tandis qu'une dose inférieure à la dose optimale peut entraîner une mauvaise conservation. De plus, des doses excessives coûtent cher, car la dose et, par suite, son prix de revient sont liés à la durée d'irradiation. Dans tous ces cas, de mauvaises mesures entraînent du gaspillage.

Programme d'activité envisagé. Afin de fournir une base convenable de mesure pour les applications mentionnées plus haut, la Section I du C.C.E.M.R.I. avait préparé un programme de travail qui comportait les dispositions suivantes:

1. Le B.I.P.M. organisera des comparaisons périodiques d'étalons d'exposition (débits de quelques röntgens par seconde) pour les rayons X dans le domaine de 10 à 250 kV et pour les photons du ^{60}Co , afin d'assurer que les étalons nationaux se rapportent à la même série d'étalons stables, c'est-à-dire ceux du B.I.P.M.

2. On doit préparer des comparaisons de dose absorbée pour le rayonnement γ du ^{60}Co .

3. Afin de relier l'activité, la puissance et le débit d'exposition, une série de mesures à l'aide de grains de ^{60}Co doit être entreprise par le N.B.S. et le B.I.P.M.

4. La P.T.B. (République Fédérale d'Allemagne, R.F.A.) et le R.I.V. (Pays-Bas) étudieront les corrections d'humidité nécessaires pour les mesures d'exposition au moyen de chambres d'ionisation à cavité.

Réalisations. Pour répondre au programme ci-dessus, on a réalisé ce qui suit:

1. Rayons X de 10 à 50 kV. En plus des quatre premières comparaisons, deux autres laboratoires nationaux, l'O.M.H. (Hongrie) et l'E.T.L. (Japon) ont comparé leurs étalons à celui du B.I.P.M. D'autres laboratoires, dont le N.P.L. (Royaume-Uni), ont l'intention de le faire également. L'accord est de l'ordre de 0,5 %.

Rayons X de 50 à 250 kV. En plus des deux étalonnages précédemment effectués par le B.I.P.M., il a été prévu que quatre laboratoires nationaux, le R.I.V. (Pays-Bas), la P.T.B. (R.F.A.), l'O.M.H. (Hongrie) et le N.P.L. (Royaume-Uni) compareront indirectement leurs étalons à celui du B.I.P.M., en utilisant des instruments de transfert, avant la prochaine réunion d'avril 1975. D'autres, dont le N.B.S., ont l'intention de le faire en 1976.

Rayonnement γ du ^{60}Co . En plus des trois laboratoires nationaux qui avaient fait des comparaisons directes avec le B.I.P.M., cinq autres laboratoires ont comparé leurs étalons à celui du B.I.P.M.: deux par comparaison directe (O.M.H., Hongrie et R.I.V., Pays-Bas) et trois par comparaison indirecte (B.A.R.C., Inde, N.R.C., Canada et N.I.R.P., Suède). D'autres laboratoires, dont le N.P.L. (Royaume-Uni), ont l'intention d'effectuer des comparaisons. L'accord est de l'ordre de 1 % ou mieux.

2. Pour le rayonnement γ du ^{60}Co , des étalons de dose absorbée utilisant la méthode calorimétrique existent maintenant dans plusieurs laboratoires nationaux, dont le N.B.S. (États-Unis), le N.R.C. (Canada), la P.T.B. (R.F.A.), le L.M.R.I. (France) et l'E.T.L. (Japon); d'autres seront en état de fonctionner en 1975, dont ceux du N.P.L. (Royaume-Uni).

Lors de la deuxième réunion de la Section I, on s'est mis d'accord sur les méthodes de comparaison et sur la spécification d'un fantôme en graphite; un fantôme de ce type a été construit au B.I.P.M. On n'a cependant pas encore effectué de comparaisons au B.I.P.M. car l'activité de la source de ^{60}Co dont le B.I.P.M. dispose actuellement est insuffisante pour des comparaisons par la méthode calorimétrique. Le but est de faire des comparaisons calorimétriques directes. Toutefois, à titre provisoire, on peut être amené à utiliser, à la place des calorimètres, des dispositifs de transfert tels que des chambres d'ionisation appropriées mais qui nécessitent préalablement certains travaux théoriques complexes. Les problèmes soulevés par la situation actuelle constitueront le sujet principal des discussions de la troisième réunion de la Section. Des experts en calorimétrie ont été invités à participer aux séances pendant lesquelles ces problèmes seront discutés. Le C.C.E.M.R.I. estime que l'acquisition par le B.I.P.M. d'une source de plus grande activité est de la plus haute priorité.

3. Deux articles ont été publiés et un troisième est actuellement sous presse dans *Metrologia* sur les mesures de puissance, d'activité et d'exposition effectuées au N.B.S. et au B.I.P.M. sur un grain de ^{60}Co . Les mesures de puissance et d'activité sont en accord à environ 0,02 %, mais elles diffèrent des mesures d'exposition de 0,5 à 1 %.

4. Au sujet des corrections d'humidité pour les chambres à parois d'air, les mesures effectuées au B.I.P.M. ayant donné des corrections qui différaient des corrections calculées antérieurement, on a décidé d'effectuer de nouvelles mesures afin de déterminer ces corrections pour les chambres à cavité. Deux laboratoires, le R.I.V. (Pays-Bas) et la P.T.B. (R.F.A.), sont en train d'étudier la question; d'autres laboratoires, dont le L.M.R.I. (France), pourront également fournir des résultats. Des résultats complémentaires se rapportant aux corrections pour les chambres à parois d'air seront fournis par le P.K.N.M. (Pologne). L'ensemble de ces résultats sera examiné au cours de la prochaine réunion de la Section I en avril 1975.

Travaux futurs. Pendant les années à venir, le programme des comparaisons d'exposition doit se poursuivre afin d'inclure les laboratoires nationaux qui n'ont pas encore pris part à ces comparaisons et de continuer les comparaisons périodiques que demandent tous les laboratoires nationaux.

Il faut entreprendre le programme de comparaison de dose absorbée. En particulier, il faut faire l'acquisition dès que possible d'une source de ^{60}Co d'activité plus élevée (au moins 5 kCi) afin que les mesures puissent être effectuées au B.I.P.M. De plus, il faudra penser à étendre ces travaux aux rayons X et aux électrons produits à des énergies supérieures.

Il faut déterminer les besoins en étalons dans les domaines de la protection et de la conservation et voir quel pourrait être le rôle du B.I.P.M. à cet égard.

Section II. *Mesure des radionucléides*

Besoins en étalons et comparaisons internationales. On a besoin d'étalons de radioactivité essentiellement dans des buts médicaux (pour des radionucléides comme le ^{131}I et le $^{99}\text{Tc}^m$), bien que leur importance augmente aussi dans la protection de l'environnement, en particulier pour tout ce qui a trait aux réacteurs nucléaires; à cet égard, le ^{90}Sr et le ^{239}Pu sont des radionucléides importants. De plus, on a besoin de mesures de radioactivité de grande exactitude pour mesurer la densité de flux de neutrons (par exemple ^{56}Mn), pour déterminer la combustion nucléaire (par exemple ^{137}Cs) et dans bien des cas pour l'étalonnage d'instruments. Les utilisateurs de sources radioactives étalonnées ont besoin d'une exactitude de l'ordre de 0,5 à 10 %, selon l'utilisation finale, et la plupart des laboratoires nationaux ont besoin de garantir une exactitude de 0,1 à 2 %. Des comparaisons périodiques organisées par le B.I.P.M. sont nécessaires aux laboratoires nationaux pour s'assurer de l'exactitude de leurs propres mesures.

Programme des activités. On a fait, dans le passé, onze comparaisons internationales. Toutefois, l'expérience a prouvé qu'avec le temps on acquiert seulement une amélioration

limitée dans l'accord général. Pour aborder ce problème, la Section II a créé en 1970 un certain nombre de Groupes de travail pour examiner à fond les problèmes particuliers liés à la métrologie des radionucléides. La plupart de ces Groupes de travail s'occupent de déterminer la limite d'exactitude (et si possible sa cause) des différentes techniques et l'on pense qu'il en résultera un certain nombre de publications sous forme de monographies; celles-ci tiendront lieu de guides pour une bonne pratique de laboratoire dans les différents aspects de la métrologie des radionucléides. Les différents Groupes de travail portent les noms suivants :

1. Problèmes de la micropesée
2. Méthodes exactes pour la dilution et l'échantillonnage des solutions radioactives
3. Définition de l'activité
4. Comparaisons futures de radionucléides
5. Détection et estimation des impulsions secondaires
6. Possibilité de comptage par scintillateurs liquides pour la métrologie des nucléides qui se désintègrent par émission de rayonnement à faible énergie
7. Mesure du taux de désintégration dans le cas des nucléides à schéma de désintégration complexe
8. Mesures par coïncidences sur le ^{203}Hg
9. Principes de la méthode des coïncidences
10. Métrologie des nucléides à capture électronique pure
11. Techniques de référence pour le contrôle des radionucléides.

A la suite d'une recommandation de la Section II, le B.I.P.M. met sur pied un système international de référence fondé sur des chambres d'ionisation. Ce système permettra des comparaisons continues de radionucléides émetteurs γ entre laboratoires nationaux, sans avoir recours à des comparaisons à grande échelle d'un grand nombre de radionucléides.

Réalisations. Le Groupe de travail N° 1 a achevé ses travaux (un rapport a été publié); il est maintenant dissous. Les Groupes N°s 2, 3 et 5 auront bientôt terminé leur tâche; le Groupe N° 9 a une tâche à très longue échéance, mais il progresse. Malheureusement, peu de progrès ont été faits dans les Groupes N°s 8 et 11, essentiellement parce qu'aucune idée originale, condition préalable à toute avance, n'a surgi. Toutefois, la Section pense que des progrès suffisants ont été faits pour que le moment soit venu d'entreprendre une autre série de comparaisons internationales et le Groupe de travail N° 4 prépare les bases de la première de ces comparaisons pour 1976. Pour ces comparaisons, on envisage d'utiliser le ^{134}Cs ou le ^{139}Ce qui sont respectivement importants dans la protection de l'environnement et en médecine.

Au B.I.P.M., les mesures d'activité sont essentiellement faites en utilisant la technique de $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$ que l'on considère en général comme la méthode la plus exacte, à la condition qu'elle fonctionne en continu et que l'on effectue de fréquents contrôles. Comme les résultats que l'on recherche portent surtout sur l'activité massique de solutions radioactives, cette méthode comporte également la préparation des sources. Certains aspects de cette méthode ont été étudiés dans le détail par le B.I.P.M., comme par exemple les techniques de dilution et de pesées, les améliorations de la préparation des sources, les mesures de temps mort, etc.

Des efforts particuliers ont été consacrés à l'étude des statistiques de comptage afin de réduire les incertitudes systématiques dans l'évaluation des résultats du comptage par coïncidences. De plus, de telles recherches permettent au personnel du B.I.P.M. de se maintenir bien au courant des nouvelles techniques et de demeurer un interlocuteur valable lors des discussions et des échanges d'informations.

Le B.I.P.M. est également en train d'essayer une paire de chambres d'ionisation avec un ensemble électronique associé qui servira de base pour un système international de référence pour les mesures de radioactivité. Ce système permettra un contrôle de la fidélité à long terme des résultats des laboratoires nationaux et une comparaison entre laboratoires.

A titre d'aide directe aux laboratoires nationaux qui ne possèdent pas d'équipement complet, le B.I.P.M. a déjà distribué une centaine de sources solides minces soigneusement étalonnées et quelques ampoules de solutions radioactives. Il a aussi accueilli une douzaine de physiciens afin qu'ils se familiarisent avec les techniques spéciales de mesure de radioactivité. La distribution des sources est limitée aux radionucléides que le B.I.P.M. peut mesurer avec une exactitude suffisante. Toutefois, s'il reçoit des demandes pour d'autres radionucléides, le B.I.P.M. s'efforce de trouver un laboratoire d'étalonnage qui soit en état de répondre à la demande. Il en est de même pour les demandes de stages pour des physiciens, si le B.I.P.M. ne peut y répondre directement par manque d'équipement.

Travaux futurs. Les principaux éléments du programme futur de la Section II sont :

1. continuation de la série de rapports sur la métrologie des radionucléides;
2. mise en route du système de comparaison continue pour les étalons de radioactivité fondé sur les chambres d'ionisation de référence conservées au B.I.P.M.;
3. exécution d'une nouvelle série de comparaisons internationales pour quelques radionucléides;
4. autres services, tels que distribution de sources solides aux pays en voie de développement.

Section III. Mesures neutroniques

Besoins en étalons et comparaisons internationales. Des mesures neutroniques exactes et cohérentes, et par conséquent des étalons neutroniques, sont nécessaires dans les domaines suivants :

1. Développement de l'énergie nucléaire. On a besoin de mesures neutroniques pour la conception de réacteurs nucléaires (que ce soit par fission ou par fusion) et pour le fonctionnement des réacteurs. On a besoin des sections efficaces neutroniques, partie essentielle pour la conception de réacteurs nucléaires, pour dessiner les cœurs de réacteur, les écrans de protection, l'appareillage et les systèmes de sécurité. Les nombreuses sections efficaces nécessaires pour la conception des réacteurs sont généralement mesurées au moyen d'un rapport à une section efficace neutronique étalon telle que $H(n, n')$, ${}^6\text{Li}(n, \alpha)$ ou ${}^{235}\text{U}(n, f)$. Ces sections efficaces étalons et certaines sections efficaces d'éléments fissibles doivent être connues à 1 % près. A titre d'exemple, il existait jusqu'à récemment des incertitudes d'environ 13 % dans la section efficace de la réaction ${}^{235}\text{U}(n, f)$ et l'incertitude actuelle de 4 à 8 % ne donne pas satisfaction. Le manque de connaissance de ces sections efficaces entraîne des dépenses supplémentaires dans les essais de conception des réacteurs et l'utilisation de marges de sécurité plus importantes, ce qui conduit à un prix de revient accru de l'installation et par conséquent de l'énergie d'origine nucléaire. Il est nécessaire de mieux pouvoir mesurer les débits de fluence de neutrons pour améliorer l'exactitude des sections efficaces étalons.

En outre, il ne s'agit pas seulement d'établir les plans des réacteurs, mais il est nécessaire d'effectuer des mesures de spectre et de débit de fluence de neutrons et des mesures de taux de fission dans le milieu très hostile et complexe de l'intérieur des réacteurs nucléaires.

2. Protection des travailleurs contre les rayonnements. Pour la protection des travailleurs exposés aux rayonnements, il faut des dosimètres neutroniques personnels et des instruments de surveillance générale. Ces appareils doivent être étalonnés et leur réponse connue en fonction de l'énergie. Dans certains pays, la loi prévoit que les instruments de protection du personnel soient étalonnés par le laboratoire national ou au moyen d'une source rattachée à ce laboratoire. Pour mettre au point et étalonner les instruments de contrôles neutroniques, on a besoin de faisceaux étalonnés de neutrons.

3. Radiothérapie neutronique du cancer. La thérapie du cancer au moyen de neutrons peut présenter un avantage radiobiologique sur la radiothérapie conventionnelle au moyen de rayons X, rayonnements γ et électrons. Les premiers résultats d'essais cliniques en Angleterre et aux États-Unis sont encourageants. Pour mettre au point correctement ce procédé et lui assurer le maximum de succès, il est nécessaire d'avoir des étalons de dosimétrie neutronique (kerma ou dose absorbée). Les laboratoires nationaux commencent

tout juste à pénétrer dans ce domaine. Il se peut que le B.I.P.M. doive s'intéresser dans l'avenir aux étalons de dosimétrie neutronique. Les travaux actuels sur la mesure du débit de fluence de neutrons sont utiles, car cela constitue un moyen indépendant de déterminer la dose.

4. Les mesures neutroniques sont importantes dans un certain nombre d'autres applications : recherche scientifique, étude de matériaux avec diffraction neutronique, analyse par activation, radiographie, biologie et applications industrielles.

Programme des activités. Le rôle central du C.C.E.M.R.I. pour les mesures neutroniques a été exposé il y a quelques années; il assure les mesures exactes de champs neutroniques. En 1972, on avait prévu les activités suivantes :

1. Essai de différents types d'instruments de transfert pour la comparaison proposée de débit de fluence de neutrons rapides et choix des instruments à utiliser.
2. Exécution d'une comparaison de débit de fluence de neutrons rapides entre les laboratoires nationaux.

Réalisations. 1. Sélection des instruments de transfert pour la comparaison internationale de débit de fluence de neutrons monocinétiques rapides. Le premier problème fondamental de la comparaison consistait à choisir les instruments de transfert appropriés. Plusieurs systèmes ont été étudiés dans différents laboratoires. Des sphères modératrices avec différents détecteurs au centre ont été étudiées et on a choisi le tube à trifluorure de bore. Le B.I.P.M. s'est chargé de construire et d'essayer ce type de détecteur. Le N.R.C. (Canada) a essayé et fourni un compteur proportionnel à ^3He . Le N.B.S. a essayé et fourni une chambre à fission à ^{238}U . Enfin le N.P.L. a essayé une méthode pour les comparaisons de neutrons de 14,8 MeV en utilisant des feuilles de fer et en mesurant l'activité induite par la réaction $^{56}\text{Fe}(n, p)^{56}\text{Mn}$.

2. État d'avancement de la comparaison. Cette comparaison, qui a commencé en décembre 1973, s'achèvera dans le courant de l'été 1975. Neuf laboratoires y prennent part : N.R.C. (Canada), C.E.N. (Cadarache, France), B.C.M.N. (Euratom), N.P.L. (Royaume-Uni), B.I.P.M., N.B.S. (États-Unis), E.T.L. (Japon), P.T.B. (R.F.A.) et I.M.M. (U.R.S.S.). Les énergies de neutrons sont : 250 keV, 565 keV (facultatif), 2,20 MeV (facultatif), 2,50 MeV et 14,8 MeV.

Le B.I.P.M. a été chargé par le C.C.E.M.R.I. non seulement d'étudier et de construire un des trois instruments de transfert choisis pour la comparaison, mais aussi de veiller au fonctionnement correct de ces instruments de transfert dans tous les laboratoires prenant part à la comparaison. Pour accomplir cette deuxième tâche, un physicien du B.I.P.M. a pris part aux mesures effectuées dans les laboratoires participants. Cette façon de procéder, adoptée pour la première fois, garantit l'homogénéité de la comparaison, en facilite l'analyse grâce à une connaissance intime des conditions expérimentales dans tous les laboratoires, et permet des échanges scientifiques fructueux pour tous.

La Section III du C.C.E.M.R.I. s'est réunie du 7 au 9 octobre 1974 au B.I.P.M. pour discuter les différents aspects de cette comparaison. Les résultats obtenus par les cinq laboratoires (N.R.C., C.E.N., B.C.M.N., N.P.L. et B.I.P.M.) qui ont déjà pris part à la comparaison ont montré que, dans l'ensemble, l'accord était assez bon (dispersion de l'ordre de 5 % ou moins), sauf à 250 keV où la correction pour la contribution des neutrons diffusés était erronée. Les travaux faits au B.I.P.M. et dans les laboratoires nationaux sur la mesure absolue du débit de fluence de neutrons ont conduit à des estimations de l'exactitude de 2 à 6 %. Cela concorde dans l'ensemble avec les résultats de la comparaison et représente une amélioration significative de la situation, tant en ce qui concerne l'exactitude obtenue que le nombre des laboratoires capables de travailler à ces niveaux d'exactitude.

Travaux futurs. 1. Comparaison des mesures de débit de fluence de neutrons monocinétiques rapides. Cette comparaison en cours est la première de ce type qui soit organisée au niveau international. L'expérience acquise durant cette comparaison permettra la participation future d'un plus grand nombre de laboratoires et l'extension à d'autres domaines

d'énergie. L'achèvement et l'analyse de la présente comparaison viennent de toute façon en première priorité.

2. Faisceau étalonné de neutrons à 14,8 MeV. A sa réunion de 1974, la Section III a recommandé que le B.I.P.M. s'équipe, en plus du faisceau étalonné de neutrons mono-énergétiques à 2,50 MeV, d'un second faisceau, étalonné à 14,8 MeV. Ces travaux accroîtront les possibilités du B.I.P.M. pour la mesure de débit de fluence de neutrons rapides, lui permettront de prendre part aux comparaisons et aux étalonnages dans le domaine très important d'énergie de 14 MeV (réacteurs à fusion, thérapie par neutrons rapides), et seront très importants si l'on entreprend des travaux sur les étalons de dosimétrie pour la thérapie neutronique.

3. Analyse de la comparaison de dosimétrie des neutrons rapides. Le B.I.P.M. travaille avec l'I.C.R.U. pour analyser les résultats de la comparaison internationale de dosimétrie des neutrons rapides (comparaison appelée INDI) organisée par l'I.C.R.U. Ce travail fait appel à l'expérience que le B.I.P.M. possède dans l'analyse des comparaisons en l'appliquant au problème important des comparaisons internationales de mesures neutroniques; c'est une introduction à des activités futures probables dans le domaine des étalons pour la dosimétrie des neutrons rapides.

4. Éventuelles activités futures pour lesquelles des décisions sont nécessaires :

a. comparaison d'une source intense de neutrons de ^{252}Cf ; cette comparaison dépend de l'intérêt qu'y portent les laboratoires nationaux;

b. amélioration des instruments de transfert pour la mesure de débit de fluence de neutrons rapides afin de permettre des comparaisons plus précises;

c. participation du B.I.P.M. aux travaux sur les étalons de dosimétrie des neutrons rapides en vue de l'organisation d'une comparaison de dosimétrie des neutrons rapides entre les laboratoires nationaux.

Section IV. *Étalons d'énergie alpha*

Besoins en étalons et comparaisons internationales. Des étalons exacts d'énergie de particules α contribuent aux progrès de la science nucléaire; chaque nouvelle valeur aide à compléter le tableau des masses atomiques. De telles mesures nécessitent une compétence en radioactivité et en métrologie classique; c'est une combinaison que l'on trouve rarement dans un laboratoire de physique nucléaire. Le B.I.P.M. devrait déterminer autant d'étalons d'énergie que possible et rassembler les résultats de façon à dresser une liste assez complète et cohérente de valeurs exactes d'énergie. Les comparaisons n'ont pas leur place ici; le B.I.P.M. fournit les étalons de base comme données.

Les étalons d'énergie de particules α sont fréquemment utilisés pour étalonner les spectromètres nucléaires. Un grand nombre de valeurs Q d'énergie de transformation nucléaire reposent sur des étalons d'énergie de particules α . On avait déjà insisté sur cet état de choses au Congrès International de Physique Nucléaire à Paris (1964); cela a conduit à la création d'une commission spéciale qui est finalement devenue la Section IV du C.C.E.M.R.I. (voir le rapport de la Section IV, 1972, p. 19). La détermination des masses atomiques relatives constitue un champ d'application encore plus important des valeurs exactes d'énergie de particules α . Dans la publication « The 1971 Atomic Mass Evaluation », au moins 30 % des valeurs sont fondées sur les données d'énergie de particules α .

Programme des activités futures. La recommandation essentielle de la Section IV a été de construire un spectromètre magnétique de 180° à haute résolution pour les mesures d'énergie de particules α , en particulier pour des émetteurs α qui servent d'étalons d'énergie.

Réalisations. Depuis 1971, on a obtenu six nouvelles valeurs d'énergie de particules α avec des mesures de ^{232}U , ^{240}Pu , ^{148}Gd et ^{210}Po . Les trois premiers émetteurs n'avaient pas été mesurés de façon absolue auparavant; le ^{240}Pu est un étalon très important sur lequel sont fondées une vingtaine d'autres valeurs; le ^{210}Po , en dépit de la contamination qu'il produit, est de loin l'émetteur de particules α le plus utilisé. Certaines des nombreuses mesures antérieures contiennent de grosses erreurs systématiques que l'on retrouve tou-

jours dans les publications. Les nouveaux résultats du B.I.P.M. clarifient la situation une fois pour toutes. De plus, on a obtenu des valeurs améliorées pour le ^{212}Bi et quelques résultats préliminaires concernant le profil spectral des raies.

Avec en tout 38 valeurs d'énergie pour 24 émetteurs de particules α mesurées au B.I.P.M., il a été possible de recalculer de nombreuses autres valeurs d'énergie de particules α . Ce travail a été encouragé par la Section IV et publié sous le titre « Catalogue of Recommended Alpha Energy and Intensity Values » (*Atomic Data and Nuclear Data Tables*, **12**, 1973, pp. 479-498; *Recueil de Travaux du B.I.P.M.*, **4**, 1973-1974 (article 33)); les 339 raies de particules α qu'il contient pour 161 émetteurs constituent une liste cohérente des valeurs recommandées d'énergie. L'intérêt que ce catalogue a suscité est illustré par le fait que presque toutes les valeurs recommandées d'énergie sont utilisées comme données de départ pour une nouvelle évaluation des masses atomiques actuellement en cours.

Travaux futurs. La contamination et l'usure du spectrographe (étalon de longueur comprenant la fente d'entrée et la plaque photographique) nécessitent son remplacement. Le nouvel appareil est presque terminé; on a éliminé plusieurs défauts de l'ancien appareil.

Il paraît possible de faire de nouvelles mesures d'énergie de particules α avant la fin de 1975.

MR DUNWORTH remercie Mr Ambler de son exposé qui a montré non seulement l'importance des travaux effectués par le B.I.P.M. dans le domaine des rayonnements ionisants, mais aussi l'intérêt que présentent les programmes de travaux futurs envisagés par le C.C.E.M.R.I.

Aucune autre observation n'est faite sur ce rapport.

15. Système International d'Unités

MR DE BOER, président du *Comité Consultatif des Unités* (C.C.U.), présente des extraits du rapport suivant :

A l'occasion du centenaire de la Convention du Mètre il me semble utile — avant de commenter les projets de résolutions H et I soumis à l'approbation de la présente Conférence Générale — de parler du Système International d'Unités d'un point de vue un peu plus élevé, en considérant le passé ainsi que l'avenir.

Il est remarquable, bien que la décision de constituer un système de mesures métriques fondé sur le mètre et le kilogramme fût prise il y a déjà un siècle, que l'âge du Système International d'Unités soit seulement de quinze ans, si l'on prend l'année 1960 de la 11^e Conférence Générale des Poids et Mesures comme date de naissance du SI.

Bien sûr, les concepts qui constituent les éléments essentiels d'un système d'unités en général étaient déjà bien connus. A l'époque même de la signature de la Convention du Mètre, des physiciens éminents appartenant à la « British Association for the Advancement of Science » étudiaient les problèmes scientifiques liés à l'introduction du système CGS, système d'unités fondé sur le centimètre, le gramme et la seconde. Maxwell introduisait le concept de *grandeur physique*, telle que vitesse, masse ou force. Chaque grandeur est exprimée par le produit d'un nombre et d'une unité. Les relations mathématiques entre ces grandeurs servent à donner une description de la réalité des phénomènes et des lois physiques.

Naturellement, pour obtenir des relations numériques et quantitatives il faut choisir une unité pour chaque grandeur. On a alors découvert que le développement d'un *système d'unités* n'admet un choix libre que pour un nombre limité d'unités, dites « unités de base », tandis que pour les autres unités « dérivées » le choix devait être fondé sur le *principe de cohérence* : toute unité dérivée doit être exprimée par les unités de base sans introduire de

facteurs numériques additionnels. Ce principe est la clé pour la construction de chaque système d'unités. La simplicité et l'absence complète de tout facteur de conversion en est la conséquence.

Finalement - et il semble que c'était déjà évident à cette époque - on utilisait, pour obtenir des multiples et sous-multiples des unités du système, les multiples et sous-multiples décimaux avec des noms bien connus et sanctionnés à l'époque de la Révolution Française.

On peut donc conclure que le concept d'un système d'unités - dans le sens scientifique d'une construction logique et cohérente, y compris certaines conventions mathématiques et symboliques - était déjà développé au moment de la naissance de la Convention du Mètre.

Néanmoins, il faut admettre que le système d'unités particulier, construit par les physiciens à la même époque selon les principes indiqués ci-dessus, ne satisfaisait pas les demandes de la science et de la technologie. D'autres systèmes adaptés aux besoins de domaines spécialisés de la science et de la technologie furent créés : les unités pratiques pour l'électrotechnique et les unités techniques pour la technologie. Un grand nombre d'autres unités spéciales restaient en usage ou furent ajoutées à l'ensemble des unités, donnant lieu à une situation compliquée et confuse pendant au moins les trois quarts des cent premières années d'existence de la Convention du Mètre.

Système International d'Unités. Le besoin d'un système d'unités international, fondé sur des principes déjà bien connus, mais adapté aux besoins internationaux de la science et de la technologie moderne, devenait de plus en plus urgent après la seconde guerre mondiale. A la demande de la 9^e Conférence Générale en 1948, le Comité International des Poids et Mesures a fait une enquête dans les milieux scientifiques et techniques et auprès des organismes chargés de l'éducation et de l'enseignement. En partant de ces renseignements, la 10^e Conférence Générale adoptait en 1954 un système pratique d'unités pour les relations internationales, fondé sur les unités de base des grandeurs : longueur, masse, temps, intensité de courant électrique, température thermodynamique et intensité lumineuse. La 11^e Conférence Générale en 1960 créait, par sa fameuse Résolution 12, le *Système International d'Unités (SI)*. L'introduction de ce Système comprenait :

1^o le choix des *unités SI de base* : le mètre, le kilogramme, la seconde, l'ampère, le kelvin et la candela (auxquelles fut ajoutée la mole en 1971 par la 14^e C.G.P.M.);

2^o les *unités SI dérivées*, dont certaines portent un nom spécial pour en faciliter l'usage général;

3^o quelques *unités SI supplémentaires*, appellation donnée aux unités pour lesquelles la Conférence Générale n'a pas décidé s'il s'agit d'unités de base ou bien d'unités dérivées;

4^o un système de *préfixes SI* à employer avec les unités SI pour former leurs multiples et sous-multiples décimaux.

L'introduction du Système International d'Unités impliquait, pour l'usage de ce système dans la science, la technologie, l'industrie et le commerce, de suivre scrupuleusement la notation et les symboles acceptés par la Conférence Générale et les règles mathématiques et algébriques qui sont sous-entendues dans l'usage d'un tel système.

Néanmoins, il restait à résoudre beaucoup de problèmes concernant le développement scientifique du système. Nombre de ces problèmes touchent les travaux des *organisations scientifiques internationales*, comme 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.) et l'Union Astronomique Internationale (U.A.I.), ainsi que les activités d'autres *organisations internationales* comme l'Organisation Internationale de Normalisation (I.S.O.) et spécialement son Comité Technique ISO/TC 12, la Commission Électrotechnique Internationale (C.E.I.), la Commission Internationale de l'Éclairage (C.I.E.), la Commission Internationale des Unités et Mesures de Rayonnements Ionisants (I.C.R.U.) et naturellement aussi l'Organisation Internationale de Métrologie Légale (O.I.M.L.).

Parce que le développement systématique du Système International d'Unités donne lieu à des problèmes scientifiques et de normalisation pour lesquels une solution ne peut être

obtenue qu'après une étude approfondie en consultation étroite avec les experts intéressés, le Comité International des Poids et Mesures a créé en 1964 son *Comité Consultatif des Unités* pour « 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 ».

Le C.C.U. a abordé il y a déjà plusieurs années le problème, soulevé par l'introduction du Système International d'Unités, de l'avenir des *unités anciennes et incohérentes* en dehors du Système International. Pour un groupe limité d'unités — les unités de temps : minute, heure et jour, les unités d'angle : degré, minute et seconde, le litre et la tonne — le Comité International a reconnu la nécessité de les retenir pour l'usage général avec le Système International. D'autres unités pourraient être maintenues temporairement en raison de la force des usages existants, mais il existe aussi des unités dont l'emploi est généralement déconseillé.

A la suite de nombreuses demandes, le Bureau International des Poids et Mesures a publié en 1970 la brochure *Le Système International d'Unités (SI)*. Dans cette brochure, on a donné une présentation systématique et complète du Système International d'Unités, avec les définitions des unités de base et le contenu des résolutions et recommandations de la Conférence Générale et du Comité International concernant ce Système. Une traduction anglaise a été faite en collaboration entre le N.P.L. à Teddington et le N.B.S. à Washington. Il existe aussi des traductions dans plusieurs autres langues. Une deuxième édition de cette brochure a paru en 1973.

Quoique le Système International d'Unités dans sa forme présente semble satisfaisant, il est toujours possible que la science et la technologie dans leur évolution future demandent des modifications plus ou moins importantes. L'attitude du C.C.U. relativement à l'*évolution future du SI*, peut être exprimée par les positions suivantes :

- a) Le SI étant un système international dont les principes sont souvent introduits dans les législations, il ne doit être que rarement modifié.
- b) Le SI doit néanmoins rester toujours adapté à l'évolution de la science, de la technologie et des relations internationales qui peuvent conduire à la nécessité de petites retouches, ou bien d'extensions dans des domaines nouveaux.
- c) Les développements et les extensions, qui devraient encore être acceptés à l'avenir sous la pression de la science et de la technologie, doivent conserver la simplicité du SI, une des caractéristiques les plus importantes qui garantit son efficacité dans le monde entier.

Projets de résolutions. — Je veux maintenant présenter les arguments qui sont à la base des projets de résolutions H et I soumis à l'approbation de la présente Conférence Générale :

Le projet de résolution H (p. 20) propose l'introduction de deux noms spéciaux pour les unités d'*activité* et de *dose absorbée*. En principe, le C.C.U. est opposé à allonger la liste des noms spéciaux attribués aux unités SI dérivées, mais souvent l'introduction d'un nom spécial est indispensable pour l'emploi des unités SI. Déjà la 11^e Conférence Générale a invité le C.I.P.M. à fixer d'une façon précise les unités à employer dans le domaine des rayonnements ionisants. Maintenant, après une enquête approfondie menée par la Commission Internationale des Unités et Mesures de Rayonnements Ionisants (I.C.R.U.), il semble que l'adoption de nouveaux noms spéciaux est nécessaire pour que l'usage du SI puisse se répandre parmi les utilisateurs des rayonnements ionisants, principalement dans le domaine médical.

Dans les utilisations pratiques on mesure l'*activité* en curies. Néanmoins, le curie est une unité en dehors du SI, l'unité SI d'activité étant la seconde à la puissance moins un (s^{-1}). Évidemment, avec ce nom compliqué, l'emploi de l'unité SI est malaisé et par conséquent dangereux dans les applications, en particulier dans les hôpitaux. De plus, l'unité SI est très petite ($1 \text{ curie} = 3,7 \times 10^{10} \text{ s}^{-1}$) de sorte que les préfixes SI pour les multiples décimaux sont nécessaires; or, ces préfixes ne peuvent pas être utilisés facilement avec le symbole s^{-1} ; au contraire, avec un nom spécial, on utilisera simplement les préfixes méga ou giga.

Pour ces raisons, le projet de résolution II propose d'introduire le nom *becquerel* — symbole Bq — pour l'unité SI d'activité, au lieu de la seconde à la puissance moins un. L'unité en dehors du SI, le curie, est alors égale à 1 curie = 37 gigabecquerels (1 Ci = 37 GBq).

La deuxième grandeur considérée dans le projet de résolution II est la *dose absorbée*, pour laquelle les praticiens utilisent l'unité rad. Cette unité est en dehors du SI. L'unité SI est le joule par kilogramme, 1 rad étant égal à 0,01 joule par kilogramme. La dose absorbée est la grandeur essentielle dans le domaine de la radiologie, spécialement dans la thérapeutique. Le nom de l'unité SI, le joule par kilogramme, est trop compliqué et entraîne un risque d'erreurs dans la pratique médicale courante. Pour toutes ces raisons, l'I.C.R.U. propose d'attribuer un nom spécial à l'unité SI de dose absorbée, le joule par kilogramme: le nom proposé est le *gray* — symbole Gy — d'après le nom du physicien anglais qui a joué un rôle éminent dans ce domaine.

Le Comité International reconnaît — ainsi que l'I.C.R.U. elle-même — que l'introduction des unités SI becquerel et gray, au lieu de curie et rad, posera des problèmes sévères. Dans la radiologie, dans la recherche nucléaire médicale, dans la thérapeutique et la protection contre les rayonnements, on utilise presque unanimement le curie et le rad comme unités d'activité et de dose absorbée. Cette grande communauté de scientifiques, médecins et techniciens doit être persuadée de faire la transition aux unités SI proposées: becquerel et gray. Le C.I.P.M. ne veut pas traiter à la légère les problèmes liés aux possibilités d'erreurs dans les traitements radiologiques et l'administration de radionucléides. L'I.C.R.U. a discuté ces problèmes et a fait une vaste enquête dans les milieux radiologiques. Malgré une réserve compréhensible et un certain conservatisme naturel, la majorité des réponses est en faveur de l'introduction de ces nouveaux noms d'unités SI. Une minorité voulait retenir indéfiniment les anciennes unités qui sont en dehors du SI. Finalement, l'I.C.R.U. envisage maintenant l'abandon progressif des unités curie et rad sur une longue période d'au moins dix ans. Le C.I.P.M. soutient cette proposition. La condition nécessaire est l'approbation par la Conférence Générale des deux noms nouveaux pour les unités SI d'activité et de dose absorbée: le becquerel et le gray. Le C.I.P.M. espère que la Conférence Générale approuvera cette proposition afin qu'une transition graduelle au SI puisse être préparée soigneusement aussi dans ce domaine de la radiologie.

Le projet de résolution I (p. 21) propose d'étendre la liste des préfixes au-delà de téra (10^{12}) avec deux *préfixes*: *peta* (symbole P) pour 10^{15} et *exa* (symbole E) pour 10^{18} . Il existe un besoin croissant pour l'usage de ces deux préfixes afin d'exprimer les valeurs numériques de certaines grandeurs. Par exemple, dans les statistiques économiques mondiales, l'énergie est souvent exprimée en kilowattheures au lieu de joules (1 kWh = $3,6 \cdot 10^6$ J). Même le térajoule est souvent trop petit et l'absence d'un préfixe plus grand est un obstacle à l'utilisation du SI. L'activité radioactive des sources intenses pour stériliser les aliments s'exprime en unités SI par des nombres supérieurs à 10^{12} . Le C.I.P.M. propose donc d'introduire deux préfixes, pour 10^{15} et 10^{18} . Les deux noms peta et exa rappellent que dans la succession des exposants des puissances de 10, qui sont des multiples de 3, peta est le cinquième et exa est le sixième, ce qui permet de les retenir plus aisément. Le C.I.P.M. recommande à la Conférence Générale d'accepter aussi le projet de résolution I.

En complément à ce rapport et en tant que Secrétaire de la Conférence, Mr DE BOER fait la remarque suivante:

« On discute beaucoup dans quelques pays sur le nom des nombres 10^9 et 10^{12} . Je rappelle qu'en 1948 la 9^e Conférence Générale avait déjà été saisie de cette question et qu'elle avait décidé, à l'unanimité moins une voix, de recommander pour les pays européens que le nom *billion* soit utilisé pour 10^{12} , *trillion* pour 10^{18} , etc., le nom du nombre 10^9 étant alors *milliard* ».

Sur ce point, Mr DUNWORTH note en effet que l'on emploie aussi « billion » pour 10^9 , ce qui crée une confusion regrettable.

La discussion est ensuite ouverte sur les projets de résolutions H et I (p. 20) concernant l'adoption des noms spéciaux d'unités « becquerel » et « gray » et de deux nouveaux préfixes SI.

Sur le projet H, Mr CARLSEN déclare que la Délégation du Danemark est opposée à l'adoption du nom « becquerel » pour l'unité SI d'activité. Il ne faut pas créer de précédent et, pour des raisons de sécurité, on ne doit pas abandonner le curie au profit du becquerel.

En ce qui concerne l'adoption du « gray », la Délégation du Danemark n'a pas d'objection de principe.

La Délégation de la Pologne est en faveur du projet H. L'adoption du « gray » pour l'unité de dose absorbée conduirait ainsi pour la grandeur débit de dose absorbée à l'unité gray par seconde = watt par kilogramme; il serait utile d'indiquer cette précision dans le projet de résolution.

Mr STILLE (République Fédérale d'Allemagne) ne voit pas très bien l'utilité d'ajouter cette précision, car il est évident que, si le gray est adopté, le débit de dose absorbée s'exprimera en gray par seconde.

La Délégation de la Pologne précise la raison de son intervention par l'exemple suivant : dans le domaine des unités mécaniques on a changé le nom de l'unité de viscosité dynamique, le newton-seconde par mètre carré, en pascal-seconde; un tel changement n'est pas immédiatement évident.

La Délégation du Royaume-Uni appuie aussi le projet H, tout en se réservant la possibilité de présenter un amendement au moment du vote sur ce projet.

Mr ALLISY (France) intervient en tant que vice-président de l'I.C.R.U. Il a été frappé par la ferme opposition de la Délégation du Danemark sur le becquerel. Tout ce qui est fait pour favoriser l'emploi du SI en radiologie doit être considéré d'un point de vue pratique; alors que l'utilisation thérapeutique des isotopes (grandeur activité, unité spéciale curie) s'effectue toujours en présence de médecins, la grandeur dose absorbée (unité spéciale rad) est au contraire beaucoup plus du domaine d'un personnel non physicien. Il existe donc une différence assez grande entre les deux nouveaux noms d'unités proposés, et puisque l'adoption du becquerel rencontre une opposition il serait préférable de scinder le projet de résolution H en deux projets distincts.

Le bureau de la Conférence se rallie à cette suggestion, la suite de la discussion sur le projet H étant reportée à la prochaine séance (voir p. 93).

On passe ensuite au vote sur le projet de résolution I (p. 21) dont Mr TERRIEN donne lecture. Ce projet, qui concerne l'adoption des deux nouveaux préfixes SI *peta* = 10^{15} et *exa* = 10^{18} , est adopté sans discussion à l'unanimité (*Résolution 10*, p. 106).

La séance est levée à 12 h 55 min.

*
* *

A 18 h 30, les délégués et leurs épouses ont été reçus au Ministère des Affaires Étrangères de France par Mr B. Destremau, Secrétaire d'État. La réception a eu lieu dans le Salon de l'Horloge où avait été signée, le 20 mai 1875, la Convention du Mètre dont l'exemplaire original de la France, déposé dans les Archives du Ministère, était exposé.

★

Des places de théâtre ont été offertes aux Délégués par le Ministère des Affaires Étrangères pour deux représentations de la Comédie Française (mercredi 28 et samedi 31 mai).

Le vendredi 30 mai, des délégués ont assisté gracieusement à un concert donné à l'occasion du centenaire de la Convention du Mètre au Théâtre des Champs-Élysées par l'Orchestre National de France, avec la participation du violoniste I. Stern.

★

Le samedi 31 mai 1975 a eu lieu la vente « Premier Jour » du timbre français émis à l'occasion du centenaire de la Convention du Mètre et du B.I.P.M.

L'après-midi, le directeur du B.I.P.M., Mr Terrien, a donné une conférence publique au Palais de la Découverte à Paris, sur le sujet « La Métrologie ». Cette conférence a été suivie de la projection du film français spécialement réalisé dans le cadre de l'exposition « Métrologie, année 100 ».

★

Le dimanche 1^{er} juin 1975, à 18 h, une réception a été offerte au Pavillon de Breteuil pour les membres en activité et en retraite du personnel du B.I.P.M. et leurs conjoints. Cette réception était honorée de la présence de trois membres du C.I.P.M. : Mr Dunworth, vice-président, MM. Cintra do Prado et Stulla-Götz. A cette occasion, Mr Dunworth a adressé ses félicitations au personnel du B.I.P.M., chaque membre actif ou retraité recevant la médaille et le volume du centenaire.

QUATRIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE AU CENTRE DE CONFÉRENCES INTERNATIONALES
DU MINISTÈRE DES AFFAIRES ÉTRANGÈRES

19, Avenue Kléber, Paris

LE LUNDI 2 JUIN 1975, À 15 h 10 min

16. Programme des travaux futurs du B.I.P.M.

17. Dotations annuelles du B.I.P.M. pour la période 1977-1980

Mr DUNWORTH donne la parole à Mr Terrien pour un exposé préliminaire sur ces deux points de l'ordre du jour.

Mr TERRIEN rappelle que les Délégués ont reçu le document « Programme de travail et budget du Bureau International des Poids et Mesures dans les quatre années 1977-1980 ».

Ce document complet comprend aussi un résumé d'ensemble des travaux effectués de 1971 à début 1975 et du programme des travaux envisagés pour la période 1975-1980, ainsi qu'une prévision des dépenses budgétaires, année par année, pour la période 1977-1980. Ces prévisions sont toutefois maintenant périmées, à la suite des décisions prises par le Groupe de travail de la Conférence chargé de discuter du montant des dotations annuelles à allouer au B.I.P.M.

Ce document ne fait l'objet d'aucun commentaire de la part des Délégués.

En ce qui concerne la fixation du montant des dotations financières annuelles du B.I.P.M., le Comité International avait initialement proposé de calculer ces dotations à partir de la dotation de l'année précédente en appliquant des indices statistiques officiels selon une formule qui serait approuvée par la Conférence Générale (lettre aux Ambassades du 7 octobre 1974).

Après avoir reçu les commentaires de dix-huit pays sur cette proposition, le Comité International a amendé sa proposition comme suit : fixation d'une

dotation de base pour chacune des quatre années de 1977 à 1980, cette dotation de base pouvant être augmentée si, après chaque année, les prévisions des dépenses pour les deux années suivantes dépassaient notablement les dotations déjà adoptées. Cette nouvelle proposition a été portée à la connaissance des Ambassades des États membres de la Convention du Mètre (lettre du 9 avril 1975).

Telles sont les bases qui ont été soumises à l'examen du Groupe de travail.

Le rapport du Groupe de travail a été présenté par Mr de Boer à la troisième séance (p. 64) : ses conclusions représentent l'opinion de la Conférence Générale.

En conformité avec les conclusions de ce rapport, le Comité International présente à la Conférence Générale le projet de résolution J dans lequel la dotation pour 1977 est calculée en prenant comme point de départ la dotation pour 1976 votée par la 14^e Conférence Générale en 1971 (augmentée des contributions des trois États : Cameroun, Pakistan, Iran qui ont adhéré à la Convention du Mètre depuis la 13^e Conférence Générale en 1967) et majorée de 12 pour cent, chaque dotation annuelle suivante étant elle-même majorée de 12 pour cent par rapport à la précédente.

Projet de résolution J

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant que dans le cas de difficultés financières imprévues une séance supplémentaire de la Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures pourrait être convoquée,

décide que la partie fixe de la dotation annuelle du Bureau International des Poids et Mesures sera augmentée de façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire (définies à l'Article 6 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre) soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la Quinzième Conférence Générale :

en 1977	5 310 000 francs-or
1978	5 950 000
1979	6 660 000
1980	7 460 000

En présentant ce projet de résolution, le Comité International a suivi scrupuleusement la procédure prévue à la Convention du Mètre, il a tenu compte des avis exprimés par les États et il s'est conformé aux conclusions du Groupe de travail de la Conférence.

Cet exposé préliminaire ne donne lieu à aucune observation.

Avant de passer au vote sur le projet de résolution J, il est rappelé que, conformément à l'Article 6 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre : «... La décision sera valable seulement dans le cas où aucun des

États contractants n'aura exprimé, ou n'exprimera, dans la Conférence, un avis contraire. »

Soumis au vote des 38 Délégations présentes à la séance, le projet de résolution J est adopté par 30 voix pour et 8 abstentions (Chili, Indonésie, Italie, Pologne, Roumanie, Tchécoslovaquie, Thaïlande, U.R.S.S.) (*Résolution 11*, p. 106).

Après ce vote, les observations suivantes sont présentées :

Mr ISSAËV déclare qu'en s'abstenant la Délégation de l'U.R.S.S. a voulu attirer l'attention sur la façon non logique qui a conduit à augmenter la dotation de base de 1976 pour calculer les dotations ultérieures; cette augmentation se répercute sur les contributions de tous les pays.

Mr JACOBY (Chili) demande que le taux minimal de 0,5 pour cent de la dotation totale du B.I.P.M. qui est appliqué aux petits pays soit abaissé.

Mr RIVAS MARTINEZ indique que si la Délégation de l'Espagne est favorable à l'augmentation annuelle de 12 pour cent — elle aurait même accepté 13 pour cent — de la dotation du B.I.P.M., elle approuve aussi la demande exprimée par le Chili. Nous devons chercher à augmenter le nombre des pays membres de la Convention du Mètre; notre organisation est en effet la plus ancienne du monde, mais son nombre d'adhérents est relativement faible comparé à celui d'autres organisations internationales; son budget actuel oblige malheureusement à limiter le programme des activités futures. Il est donc nécessaire que le Comité International étudie la proposition du Chili pour que le B.I.P.M. puisse se développer à l'avenir et maintenir ses activités, surtout pour les pays en voie de développement.

Au sujet de la proposition du Chili, Mr DUNWORTH répond que la question de la contribution des petits pays a été examinée par le Comité International ce matin même; c'est toutefois une question qui pourrait nécessiter une consultation avec les États membres.

En conclusion, Mr DUNWORTH remercie la Conférence pour la marque de confiance qu'elle vient de manifester en votant la dotation du B.I.P.M.; il remercie aussi le Groupe de travail de la Conférence qui a contribué à obtenir ce résultat.

15. Système International d'Unités (*suite*)

La discussion est reprise sur le projet de résolution H qui a été scindé en deux projets distincts: H 1 et H 2.

Mr TERRIEN donne lecture du projet H 2 qui concerne l'adoption du nom spécial « gray ».

Projet de résolution H 2
(Texte du projet H, p. 20, modifié à la fin)

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

en raison de l'urgence, exprimée par la Commission Internationale des Unités et Mesures de Rayonnements (I.C.R.U.), d'étendre l'usage du Système International d'Unités aux recherches et aux applications de la radiologie,

en raison de la nécessité de rendre aussi simple que possible l'usage des unités aux non-spécialistes,

- - tenant compte aussi de la gravité des risques d'erreurs dans la thérapeutique,

adopte le nom spécial suivant d'unité SI pour les rayonnements ionisants :

le *gray*, symbole Gy, égal au joule par kilogramme.

Mr SZAMOTULSKI rappelle l'intervention faite par la Délégation de la Pologne à la séance précédente (p. 89) qui demandait que le « gray par seconde », unité de la grandeur « débit de dose absorbée », soit aussi mentionné dans le projet H 2. Les précédentes Conférences Générales ont donné les appellations de certaines unités dérivées; une telle adjonction devrait faciliter l'emploi du gray.

Mr DE BOER fait remarquer que l'on propose d'adopter ici un nom spécial pour une unité; il n'est donc pas nécessaire de mentionner toutes les unités où le gray peut intervenir - c'est ainsi que lorsque la 14^e Conférence Générale a adopté la « mole », on n'a pas mentionné toutes les unités où intervient cette unité). L'adjonction de la remarque de la Pologne dans le projet H 2 ne s'impose pas, mais elle devrait en revanche être introduite dans la brochure du B.I.P.M. sur le SI.

Après ces explications, la Délégation de la Pologne retire sa proposition.

Mme HENRION (Belgique) estime qu'il faut dire dans le projet H 2 à quelle grandeur se rapporte le gray.

Mr DUNWORTH pense que cela entraînerait des difficultés car il serait nécessaire de donner des explications assez complexes.

Mr STILLE (République Fédérale d'Allemagne) note qu'il existe d'autres grandeurs qui ont la même dimension que la dose absorbée; il est donc sage de ne pas se limiter uniquement à cette dernière grandeur.

Le projet de résolution H 2, proposant que dans le domaine des rayonnements ionisants le nom spécial *gray* soit donné à l'unité SI dérivée « joule par kilogramme », est finalement adopté à l'unanimité (*Résolution 9*, p. 105).

Lecture est ensuite donnée du projet de résolution H 1 concernant l'adoption du nom spécial « becquerel ».

Projet de résolution II 1
(Texte du projet II, p. 20, modifié à la fin)

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

- en raison de l'urgence, exprimée par la Commission Internationale des Unités et Mesures de Rayonnements (I.C.R.U.), d'étendre l'usage du Système International d'Unités aux recherches et aux applications de la radiologie,

- en raison de la nécessité de rendre aussi simple que possible l'usage des unités aux non-spécialistes,

- tenant compte aussi de la gravité des risques d'erreurs dans la thérapeutique,

adopte le nom spécial suivant d'unité SI pour l'activité :

le *becquerel*, symbole Bq, égal à la seconde à la puissance moins un.

Mr CARLSEN (Danemark) confirme son opposition à l'adoption du becquerel (p. 89) et expose dans la déclaration suivante le point de vue de la Délégation danoise :

« La Délégation du Danemark a deux raisons tout à fait différentes de voter contre l'adoption du becquerel (Bq).

« Tout d'abord, nos hôpitaux ont peur que l'introduction, dans le domaine de la radiologie d'une nouvelle unité pour remplacer le curie n'entraîne un risque considérable d'erreurs graves, au moins si on ne leur donne pas un temps suffisant pour se préparer soigneusement à ce changement. Le personnel technique des hôpitaux est bien habitué à utiliser le curie, mais on pense qu'une période de plusieurs années est nécessaire pour que les techniciens acquièrent une routine parfaite dans l'emploi du becquerel.

« C'est le point essentiel pour nos hôpitaux. Pour les physiciens, cela est après tout un point mineur. Nous pensons qu'il doit être possible au cours d'une période de quatre à cinq ans d'apprendre aux techniciens à utiliser le becquerel correctement sans risque indu d'erreurs inacceptables.

« Pour les physiciens, l'ensemble du problème se réduit à une question d'emploi des préfixes. L'unité seconde à la puissance moins un (s^{-1}) a une dimension malcommode pour les personnes qui s'occupent de radioactivité, aussi est-il nécessaire de mettre un préfixe, par exemple giga, devant s^{-1} . Mais cela vous ne pouvez précisément pas le faire. Si vous voulez mettre giga devant s^{-1} , vous ne direz pas Gs^{-1} mais ns^{-1} , car c'est non seulement la seconde mais aussi le préfixe qui seront élevés à la puissance moins un. Et je dois admettre franchement, que si vous devez dire nano chaque fois que vous voulez dire giga, il y a là un très grand risque d'erreurs d'une dimension vraiment considérable.

« Évidemment, cette difficulté est résolue avec l'introduction du becquerel. Mais ce résultat est atteint au prix de gros désavantages dans le domaine de la physique.

« D'abord, vous aurez trois noms différents pour la même unité : seconde à la puissance moins un (s^{-1}), hertz (Hz) et becquerel (Bq), pour laquelle s^{-1} est d'un emploi général, Hz est employé lorsqu'il s'agit de fréquences et on utilisera Bq dans le domaine de la radioactivité. Et c'est là précisément la situation que nous voulons éviter.

« Il est certain que nous sommes tous très désireux d'étendre l'emploi du SI à tous les domaines de la physique, mais il ne faut pas le faire de telle façon que vous introduisiez un nouveau nom pour des unités bien établies chaque fois qu'un nouveau domaine accepte le SI. Le but du SI est d'unifier tous les différents domaines de la physique, mais si chaque domaine emploie un nom spécial à lui pour la même unité, c'est précisément le contraire que l'on obtient. Les domaines n'ont pas été unifiés, ils ont été séparés.

« Je voudrais mentionner deux autres complications. Si, par exemple, la désintégration d'un élément radioactif produit par exemple des neutrons, il y aura une relation très étroite

entre le nombre de désintégrations par seconde et le flux neutronique (nombre de neutrons émis par seconde). On aura une situation fâcheuse si le nombre de désintégrations par seconde est mesuré en becquerels, tandis que la grandeur presque identique, le nombre de neutrons par seconde, est mesurée en s^{-1} .

« De plus, il existe une étroite relation entre l'activité de la source radioactive et la constante de désintégration de l'élément radioactif. Si vous mettez cette relation en équation, vous aurez d'un côté l'activité mesurée en Bq et de l'autre côté la constante de désintégration mesurée en s^{-1} . J'espère vraiment que vous n'utiliserez jamais le becquerel comme unité pour la constante de désintégration, car dans ce cas la période radioactive de l'élément aura comme unité Bq^{-1} , ce qui est une unité de temps vraiment étrange.

« Par conséquent, la question se pose : peut-on donner satisfaction aux hôpitaux sans introduire un nouveau nom pour s^{-1} ? La réponse est positive. Il existe différentes possibilités, mais je n'en citerai qu'une. A l'I.S.O. on a fait une proposition pour introduire le nombre sans dimension « un » comme nouvelle unité de base du SI. Si cette proposition aboutit, toutes les difficultés liées à l'emploi des préfixes devant les unités inverses sont résolues.

« En conclusion, je désire proposer à la C.G.P.M. d'ajourner les décisions concernant l'introduction du Bq jusqu'à la prochaine Conférence et qu'entre-temps l'ensemble du problème continue à être discuté, en particulier au sein de l'ISO/TC-12 qui s'occupe des unités et des symboles. De toute façon, l'introduction d'une nouvelle unité ne peut être effective qu'après une période de plusieurs années et je suis très fermement convaincu qu'il serait prématuré de prendre la décision à la présente Conférence. »

Mr DE BOER n'est pas d'accord avec les objections formulées par la Délégation danoise. Les erreurs et les dangers consécutifs à l'emploi du becquerel à la place du curie ne doivent pas être exagérés, puisque l'I.C.R.U. a prévu une période de transition d'au moins dix années pour l'introduction du becquerel. La proposition de l'I.C.R.U. a pour objet d'étendre l'emploi des unités SI dans le domaine de la radiologie, d'où la nécessité de donner un nom spécial à l'unité SI d'activité « seconde à la puissance moins un », nom malcommode et qui se prête en outre fort mal à l'emploi des préfixes SI. On a déjà hésité, dans le passé, pour l'adoption de noms spéciaux : un exemple est celui du « pascal » qui a été cependant reconnu préférable à « newton par mètre carré ». Pour des raisons de simplicité et de commodité, il est donc aussi préférable d'éviter l'emploi de la « seconde à la puissance moins un » et d'introduire le « becquerel ».

Quant à la proposition d'utiliser le nombre « un » comme unité SI, c'est sans doute une possibilité pour la science, mais non pour les applications dans les hôpitaux.

La proposition de l'I.C.R.U. en faveur d'un nom spécial pour l'unité SI d'activité — proposition suivie d'une recommandation du Comité Consultatif des Unités approuvée par le C.I.P.M. en 1974 — est donc une nécessité, tout en reconnaissant qu'il ne faut pas généraliser la création de nouveaux noms spéciaux d'unités.

La Délégation de l'Italie suggère que l'on dise « désintégration par seconde ».

Mr LE GALLIC (France) est favorable à l'adoption du becquerel. Nous venons d'adopter le gray, ce qui demandera un effort considérable aux utilisateurs; il faut que cet effort soit poursuivi et étendu au becquerel.

Mr NORELL (Suède) intervient comme suit :

« La Délégation de la Suède a eu une discussion approfondie sur les différents aspects de l'introduction du becquerel. Même si nous ne sommes pas d'accord avec tout ce qu'a dit Mr Carlsen de la Délégation danoise sur les inconvénients qu'entraînerait l'adoption du becquerel, nous considérons qu'introduire un nouveau nom pour l'unité s^{-1} et en restreindre l'emploi à un domaine scientifique particulier constitue une atteinte aux principes du SI.

« Toutefois, prenant en considération le cas particulier en question et la nécessité impérieuse de remplacer le curie par une unité SI facile à introduire et avec laquelle on peut utiliser des préfixes, nous avons jugé que l'on devait tolérer cette dérogation aux principes du SI et avons décidé de voter « oui ».

« Après le vote, Mr Rudberg, président de la Commission S.U.N. de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée, expliquera plus en détail pourquoi nous craignons qu'il y ait trop de dérogations aux principes du SI ».

Aucun autre commentaire n'étant fait, Mr DUNSWORTH soumet le projet H 1 au vote et souhaite que l'unanimité puisse être obtenue.

Le projet de résolution H 1 proposant de donner le nom spécial *becquerel* à l'unité SI d'activité est finalement adopté avec 1 voix contre (Danemark) et 1 abstention (Inde) (*Résolution 8*, p. 105).

Après ce vote, Mr RUDBERG (Suède) fait la déclaration suivante :

« En tant que membre du Comité Consultatif des Unités, j'ai appuyé les propositions contenues dans les projets de résolutions H 1 et H 2 que nous venons d'adopter (Résolutions 8 et 9), malgré les objections formulées par la Délégation danoise en ce qui concerne la Résolution 8.

« A mon avis, ces objections et la situation ainsi créée ont mis en lumière quelques signes caractéristiques de la structure présente du SI. Permettez-moi de les indiquer brièvement.

« Le système d'unités SI est remarquablement adapté à ce qu'il est maintenant convenu d'appeler « le calcul des grandeurs ». A chaque grandeur physique correspond seulement une unité SI. L'inverse, toutefois, n'est pas vrai. Il est inhérent à la structure du système que plusieurs grandeurs physiques différentes ont une seule et même unité SI. Il n'est donc pas possible, en regardant simplement l'unité utilisée, de savoir de quelle grandeur physique il s'agit; en fait, celle-ci doit être soit tacitement considérée comme connue auparavant, ou bien être déduite d'une indication spéciale séparée.

« Par exemple, l'unité s^{-1} peut se rapporter aux grandeurs fréquence, pulsation, coefficient d'amortissement, vitesse d'une réaction monomoléculaire, ou activité d'une source radioactive.

« Pour pallier ce prétendu défaut, on assiste depuis quelque temps à une tendance croissante de donner un nom spécial à l'unité SI, nom spécial dont l'énoncé indique que l'unité se rapporte à une grandeur physique spéciale, et à restreindre son emploi à ce cas précis. C'est ainsi que l'on a déjà le hertz, et le becquerel qui est proposé aujourd'hui. A mon avis cette tendance est regrettable. Il serait difficile d'étendre ce processus dans tout le système de façon générale et si ce processus se répandait il compliquerait le SI.

« Évidemment, il existe d'autres raisons pour certains noms spéciaux, comme le hertz par exemple. On a eu besoin du hertz pour pouvoir employer les préfixes avec cette unité SI. Je dois dire qu'à l'heure actuelle l'emploi effectif des préfixes est entravé par les règles quelque peu maladroitement et restrictives maintenant en vigueur, règles qui ont été édictées lorsque les préfixes furent à l'origine systématisés au niveau international. Il est temps de réviser ces règles.

« Ce sont là quelques-unes des questions pendantes touchant le SI dont il faudra un jour ou l'autre s'occuper.

« Ces questions ne sont certes pas encore mûres pour que la 15^e Conférence Générale prenne une décision à leur sujet. Je souhaite donc que le Comité Consultatif des Unités les étudie sérieusement et j'ai confiance que l'on trouvera des solutions bonnes et efficaces ».

Mr DE BOER approuve les considérations exposées par Mr Rudberg. Nous devons en effet penser à conserver la pureté et la simplicité du SI et veiller à son applicabilité. Ce sont parfois des objectifs quelque peu contradictoires, d'où l'intérêt et la nécessité de l'étude de ces problèmes par le Comité Consultatif des Unités.

20. Renouvellement par moitié du Comité International

Mr TERRIEN indique que le renouvellement par moitié des membres du C.I.P.M. s'effectue conformément à l'Article 8 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre, dont il donne lecture.

Les neuf membres sortants sont : les deux membres (MM. Ambler et Sakurai) cooptés depuis la Conférence Générale de 1971 et sept membres désignés par le sort. Ces neuf membres sont rééligibles et le C.I.P.M. les présente aux suffrages de la Conférence Générale. Aucune autre candidature n'a été présentée.

Le vote a lieu par État, à bulletin secret. Le scrutin, dépouillé par trois scrutateurs (délégués de la République Démocratique Allemande, de l'Italie et du Venezuela) pendant une interruption de séance d'une vingtaine de minutes, donne le résultat suivant :

Nombre de bulletins de vote : 38. Ont obtenu :

Membres sortants rééligibles	}	MM. E. AMBLER	38 voix
		E. DJAKOV	38
		F. J. LEHANY	38
		A. MARÉCHAL	38
		J. M. OTERO	36
		H. PRESTON-THOMAS	38
		U. STILLE	38
		Y. SAKURAI	38
		A. R. VERMA	38

Les neuf membres présentés par le C.I.P.M. sont donc réélus.

18. Progrès du Système métrique et diffusion du Système International d'Unités (SI)

Ce point de l'ordre du jour a fait l'objet d'un rapport établi par H. Moreau du B.I.P.M.; ce rapport, qui a été distribué aux délégués, est reproduit p. 107.

Mr ROBERTS (États-Unis d'Amérique) expose ensuite la situation métrique aux États-Unis :

« Les États-Unis ont fait beaucoup de progrès dans l'adoption du Système métrique. Le Congrès a constaté que la conversion au Système métrique est en cours. L'industrie est au premier plan du changement et de nombreuses grosses sociétés publient des programmes de conversion. L'enseignement suit au rythme de l'industrie et le Gouvernement Fédéral est en train de prendre des mesures pour apporter son aide au changement dans l'industrie et l'enseignement.

« En août 1974, le Congrès américain a voté des lois sur diverses questions concernant l'enseignement. Celles-ci comportaient des dispositions pour l'enseignement du Système métrique et précisait que « le Congrès pense que le Système métrique va devenir le système prédominant de poids et mesures aux États-Unis » et que « la politique des États-Unis est de ... préparer les étudiants à employer le Système métrique avec aisance et facilité et que celui-ci fait partie du programme normal d'enseignement ».

« Au cours du 94^e Congrès, convoqué en 1975, plusieurs projets de lois métriques ont été présentés. Le but de cette législation est simplement d'assurer que le passage au Système métrique s'effectuera de la façon la plus méthodique. Ainsi, les États-Unis tireront autant de profit que possible des avantages que la Nation retire en opérant le changement.

« L'industrie effectue le passage aux mesures métriques sans attendre que le Congrès agisse. La liste est longue des principales sociétés industrielles qui ont fait connaître leur intention de se convertir au Système métrique; elle comprend la General Motors, Ford, I.B.M., Xerox, et bien d'autres. L'industrie a même créé l'« American National Metric Council » pour guider et coordonner leur passage au Système métrique.

« L'enseignement marche heureusement de pair avec l'industrie. Dans quinze États, le « State School Board » a adopté une résolution de « passage au Système métrique » pour son propre État. Dans sept autres, une loi a été adoptée pour une action identique. En fait, dans presque chaque État, des mesures en rapport avec l'enseignement du Système Métrique ont été prises sous une forme ou sous une autre au niveau de l'État.

« Devant l'accroissement de l'emploi des mesures métriques, dans l'industrie et l'enseignement, le Gouvernement Fédéral des États-Unis a pris des dispositions pour aider au changement. Un « Metric Information Office » fonctionne au National Bureau of Standards; cet Office fournit des renseignements sur le Système métrique et le passage aux mesures métriques à un nombre croissant de personnes dans l'enseignement et au grand public. Plusieurs administrations, dont le Ministère de la Défense, ont constitué des comités « métriques ». L'U.S. Office of Education a créé l'« Interstate Consortium on Metric Education » au sein duquel les représentants de vingt-cinq États et de plusieurs territoires se sont réunis pour mettre au point des directives uniformes pour l'adoption de l'enseignement métrique dans leurs États.

« En résumé, les États-Unis prennent des mesures fermes, bien que non officielles, pour se joindre à la grande majorité du reste du monde dans l'utilisation des mesures métriques. Le Congrès américain est en train d'étudier activement la législation nécessaire pour rendre ce changement officiel » (1).

(1) Note du B.I.P.M. ajoutée aux épreuves. — Le 23 décembre 1975, le Président des États-Unis a signé le « Metric Conversion Act » adopté par le Congrès.

Mr DUNWORTH remercie Mr Roberts de son intéressante communication qui laisse espérer un monde entièrement métrique dans un proche avenir. La Conférence ne peut que se réjouir de cette perspective au moment du centenaire de la Convention du Mètre.

19. Propositions des Délégations

Au nom de la Délégation de la Pologne, Mr SZAMOTULSKI présente les observations suivantes au sujet de l'introduction du SI dans les divers pays :

« Le processus d'introduction du SI dans la pratique, c'est-à-dire l'élimination des unités qui sont en dehors du SI, rencontre des difficultés du fait que les positions particulières prises par les différentes organisations internationales sont parfois bien différentes.

« Les recommandations adoptées par ces organisations diffèrent essentiellement en ce qui concerne la répartition des unités hors SI en deux groupes :

- les unités à employer conjointement avec le SI et qui sont aussi utilisées pour former des unités composées;
- les unités admises temporairement.

« Nous estimons indispensable d'obtenir une uniformité complète des recommandations internationales concernant l'usage des unités qui sont en dehors du SI. Dans ce but, nous demandons au Comité International des Poids et Mesures d'organiser, dans le cadre du Comité Consultatif des Unités, une discussion sur ce problème avec la participation de toutes les organisations internationales intéressées ».

La Délégation de l'Indonésie remarque de son côté que la célébration du centenaire de la Convention du Mètre doit être l'occasion pour stimuler la conversion métrique et la diffusion du SI; on constate en effet qu'il subsiste encore dans les domaines industriel et commercial deux catégories de mesures : les métriques et les autres. L'Indonésie fait un effort particulier pour aider à cette conversion.

21. Questions diverses

Au nom de l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture (UNESCO), Mr FREDERIKSEN fait la déclaration suivante :

« La signature de la Convention du Mètre il y a cent ans était un événement qui non seulement offrait l'occasion d'établir entre les nations un système de mesures communes, mais aussi donnait naissance à un accord international d'une durabilité exceptionnelle. Cette Convention est, en fait, l'une des plus anciennes aujourd'hui et elle montre aux gouvernements de ce monde et aux organisations internationales comment on peut régler les différends internationaux. La Convention du Mètre a été et continue d'être un instrument de base de la coopération internationale. Par sa nature, elle donne les unités physiques incorporées dans d'autres conventions internationales et on peut dire qu'elle contribue ainsi au maintien de la paix sur la Terre. La valeur réelle de la Convention se mesure par le fait qu'elle est en bonne voie d'être acceptée par toutes les nations.

« Les buts essentiels de l'Unesco sont d'œuvrer pour la paix et de défendre les principes de la Déclaration des Droits de l'Homme. Parmi les organisations apparentées aux Nations Unies, l'Unesco est habilitée à exercer ses activités dans cette direction dans les domaines de l'Éducation, la Science et la Culture.

« La différence de niveaux de vie entre les pays industrialisés et ceux du tiers monde a conduit l'Unesco à orienter la majeure partie de ses activités vers le développement des pays du tiers monde. Dans le domaine de la métrologie, l'Unesco a contribué à la création dans ces pays de plusieurs instituts de métrologie, de laboratoires d'essais et de centres de fabrication et d'entretien d'instruments scientifiques. Par exemple, l'Unesco a été chargée de 1964 à 1971 de l'exécution d'un projet financé par le Programme des Nations Unies pour le Développement destiné à la création d'un centre de métrologie primaire au Caire (National Physical Laboratory for Metrology). En Iran, les experts de l'Unesco ont aidé l'Institut national de standardisation et de recherche industrielle à établir des laboratoires de mesure de masse, de volume et de température. Actuellement, un de nos experts en photométrie visite cet institut. En Corée du Sud, nous avons participé à la création d'un Centre d'instruments scientifiques et ce pays nous a demandé un spécialiste en métrologie dimensionnelle pour la formation de techniciens supérieurs. Du gouvernement d'Indonésie, nous avons reçu une demande d'assistance technique pour la réalisation d'un réseau national de calibrage d'instruments scientifiques et de métrologie. Voilà quelques exemples des activités de l'Unesco ayant pour but d'aider les pays du tiers monde à créer de meilleures conditions de contrôle de mesures et d'entretien des instruments scientifiques. Je peux aussi mentionner que l'Unesco a apporté son soutien à l'Organisation des États Arabes pour la Métrologie.

« Sur un plan plus étendu, nos experts dans les pays en voie de développement contribuent à la diffusion de cette discipline fondamentale dans l'enseignement des matières scientifiques aux niveaux scolaire et universitaire; et l'attribution de bourses financées par l'Unesco a permis aux chercheurs et ingénieurs du tiers monde de perfectionner, dans des laboratoires de premier ordre, leurs connaissances dans les domaines des méthodes modernes de mesure. Il serait aussi utile de mentionner que les Centres Scientifiques Régionaux de l'Unesco situés au Caire, à Nairobi, Djakarta, Nouvelle-Delhi et Montevideo sont pour le monde scientifique des pays en voie de développement le point de contact avec notre organisation.

« Finalement, j'aimerais rappeler qu'une coopération active existe entre l'Unesco et l'Organisation Internationale de Métrologie Légale, l'Organisation Internationale de Normalisation et le Comité International des Poids et Mesures.

« Nous poursuivrons nos efforts pour faire connaître l'importance de la Convention du Mètre et pour assurer la dissémination des connaissances métrologiques, et vous pouvez ainsi être assurés du soutien que l'Unesco apporte et de l'estime qu'elle témoigne pour les actions du Comité International des Poids et Mesures ».



Au moment où s'achèvent les travaux de la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures, Mr CINTRA DO PRADO (Brésil) s'exprime en ces termes :

« La Délégation du Brésil désire présenter ses hommages et ses remerciements aux Autorités françaises et à tous ceux qui ont contribué au succès de cette Conférence Générale, en particulier à son président Mr M. Fontaine, Président de l'Académie des Sciences de Paris dont les auspices, depuis un siècle, ont toujours soutenu les réunions plénières des Hautes Parties contractantes de la Convention du Mètre; à MM. J. V. Dunworth et J. de Boer qui représentent ici le bureau du Comité International; à Mr J. Terrien, Directeur du Bureau International des Poids et Mesures, et à tout son personnel pour leur dévouement très efficace à la préparation et à la coordination des travaux de cette Conférence.

« Qu'il nous soit permis aussi de rendre hommage à Mr J. M. Otero, Président du Comité International, qui n'a malheureusement pas pu se joindre à nous pour des raisons de santé, et qui mérite toute notre admiration et notre très grande sympathie ».

Par ses applaudissements unanimes, la Conférence s'associe à ces paroles.

Au terme de cette séance, Mr DUNWORTH prononce les paroles suivantes :

« Nous sommes maintenant parvenus à la fin de nos délibérations et nous constatons avec plaisir que nos réunions ont abouti à un accord, sans difficulté, sur les questions portées à notre ordre du jour. Sur bien des points nous avons été unanimes et nous avons donné notre approbation sans réserve. Ce résultat a pu être obtenu grâce à la préparation minutieuse des travaux de cette Conférence Générale; à cet égard, le Comité International, ses différents Comités Consultatifs et le personnel du B.I.P.M. méritent nos très vifs remerciements. Nous devons aussi remercier les membres du Groupe de travail qui a été chargé, sous la présidence de Mr de Boer, d'examiner la dotation financière du B.I.P.M. La situation mondiale est encore très incertaine sur le plan financier; aussi devons-nous, dans ces circonstances, nous réserver la possibilité de réunir de nouveau, si cela s'avère nécessaire, cette 15^e Conférence Générale avant 1979, date normale de la 16^e Conférence Générale.

« Avant de lever la séance, il m'est agréable de rappeler les brillantes manifestations qui ont marqué le centenaire de la Convention du Mètre et du Bureau International des Poids et Mesures. Nous sommes en particulier très reconnaissants aux ministres et hauts fonctionnaires français pour leur accueil et pour l'intérêt qu'ils ont montré à nos travaux. Nous avons enfin été très sensibles à l'honneur que nous a fait le Président de la République française, Mr V. Giscard d'Estaing, en recevant certains d'entre nous. Ce fut en effet un très grand hommage aux travaux de tous ceux qui ont été associés à la Convention du Mètre depuis son entrée en vigueur en 1875 ».

La séance est levée à 17 h 12 min.

RÉSOLUTIONS ADOPTÉES

PAR LA 15^e CONFÉRENCE GÉNÉRALE *

Définition du mètre (maintien de la définition actuelle; poursuite des recherches)

RÉSOLUTION 1

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

AYANT PRIS CONNAISSANCE des qualités métrologiques des radiations produites par des lasers à gaz asservis sur une raie d'absorption,

CONSIDÉRANT que ces radiations constituent des étalons de longueur d'onde dont la précision et la reproductibilité surpassent celles de la radiation du krypton 86 de la définition du mètre,

ESTIME cependant prématuré d'envisager un changement de la définition du mètre,

DEMANDE au Bureau International des Poids et Mesures et aux Laboratoires nationaux de poursuivre leurs recherches sur ces radiations,

ET DEMANDE au Comité International des Poids et Mesures de coordonner ces recherches.

Vitesse de la lumière (valeur recommandée)

RÉSOLUTION 2

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

CONSIDÉRANT l'excellent accord entre les résultats des mesures de longueur d'onde portant sur des radiations de lasers asservis sur une raie d'absorption moléculaire dans la région visible ou infrarouge, avec une incertitude estimée à $\pm 4 \times 10^{-9}$ qui correspond à l'indétermination de la réalisation du mètre,

CONSIDÉRANT aussi les mesures concordantes de la fréquence de plusieurs de ces radiations,

RECOMMANDE l'emploi de la valeur qui en résulte pour la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dans le vide $c = 299\,792\,458$ mètres par seconde.

Étalons du kilogramme (poursuite des études pour améliorer la précision des comparaisons)

RÉSOLUTION 3

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

CONSIDÉRANT que l'unité de masse, et les unités de toutes les grandeurs qui dépendent de la masse, pour être réalisées exactement, nécessitent l'emploi du Prototype international du kilo-

* Une traduction non officielle en langue anglaise de ces résolutions est publiée dans *Metrologia*, **11**, N° 4, 1975, pp. 179-181.

gramme en platine iridié conservé par le Bureau International des Poids et Mesures depuis 1889,

que pour le moment aucun moyen n'est en vue qui permettrait de définir l'unité de masse en termes de constantes atomiques avec une précision équivalente,

DEMANDE au Bureau International des Poids et Mesures et aux Laboratoires nationaux de poursuivre des études visant à améliorer la précision des comparaisons d'étalons de masse,

ET CHARGE le Bureau International des Poids et Mesures d'organiser ensuite une vérification des étalons nationaux de masse.

Temps Atomique International (relations du B.I.H. avec le C.I.P.M. et le B.I.P.M.)

RÉSOLUTION 4

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

AYANT PRIS CONNAISSANCE des arrangements conclus entre le Bureau International de l'Heure et le Bureau International des Poids et Mesures afin de satisfaire les besoins des utilisateurs du Temps Atomique International (TAI),

CONSTATE avec satisfaction que le TAI est fourni aux utilisateurs dans de bonnes conditions,

RENOUVELLE sa demande aux institutions nationales et internationales de bien vouloir continuer, et si possible augmenter, l'aide qu'elles donnent au Bureau International de l'Heure,

ET DEMANDE au Comité International des Poids et Mesures de veiller à maintenir ses relations avec le Bureau International de l'Heure et son Comité directeur en vue de l'amélioration de l'exactitude et de la continuité du TAI.

Temps Universel Coordonné (emploi recommandé)

RÉSOLUTION 5

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

CONSIDÉRANT que le système appelé « Temps Universel Coordonné » (UTC) est employé très largement, qu'il est diffusé par la plupart des émetteurs hertziens de signaux horaires, que sa diffusion fournit aux utilisateurs à la fois des fréquences étalons, le Temps Atomique International et une approximation du Temps Universel (ou, si l'on préfère, du temps solaire moyen),

CONSTATE que ce Temps Universel Coordonné est à la base du temps civil dont l'usage est légal dans la plupart des pays,

ESTIME que cet emploi est parfaitement recommandable.

Étalons électriques (poursuite des recherches pour améliorer l'exactitude de la réalisation des unités)

RÉSOLUTION 6

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

AYANT PRIS CONNAISSANCE des travaux en cours en vue d'une réalisation plus exacte de l'ampère, de l'ohm, du volt et du farad, ainsi que des travaux connexes sur l'utilisation de l'effet Josephson et du coefficient gyromagnétique du proton,

RECOMMANDE que ces travaux soient poursuivis activement,

DEMANDE au Comité International des Poids et Mesures de coordonner ces travaux, et de poursuivre l'organisation de mesures comparatives, non seulement des étalons des grandeurs correspondantes en courant continu, mais encore des grandeurs électromagnétiques en haute fréquence.

Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 (Édition amendée de 1975)

RÉSOLUTION 7

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

AYANT PRIS CONNAISSANCE des amendements apportés à l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968, qui ne changent pas les valeurs des températures mesurées mais qui améliorent la commodité et la reproductibilité des mesures,

APPROUVE l'édition de 1975 de l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968,

ET DEMANDE au Comité International des Poids et Mesures de poursuivre la préparation d'une Échelle révisée qui donnerait une exactitude meilleure, c'est-à-dire des valeurs encore plus voisines des températures thermodynamiques.

Système International d'Unités : becquerel, gray; préfixes peta et exa

RÉSOLUTION 8

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

— en raison de l'urgence, exprimée par la Commission Internationale des Unités et Mesures de Rayonnements (I.C.R.U.), d'étendre l'usage du Système International d'Unités aux recherches et aux applications de la radiologie,

— en raison de la nécessité de rendre aussi simple que possible l'usage des unités aux non-spécialistes,

— tenant compte aussi de la gravité des risques d'erreurs dans la thérapeutique,

ADOpte le nom spécial suivant d'unité SI pour l'activité :

le becquerel, symbole Bq, égal à la seconde à la puissance moins un.

RÉSOLUTION 9

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

— en raison de l'urgence, exprimée par la Commission Internationale des Unités et Mesures de Rayonnements (I.C.R.U.), d'étendre l'usage du Système International d'Unités aux recherches et aux applications de la radiologie,

— en raison de la nécessité de rendre aussi simple que possible l'usage des unités aux non-spécialistes,

— tenant compte aussi de la gravité des risques d'erreurs dans la thérapeutique,

ADOpte le nom spécial suivant d'unité SI pour les rayonnements ionisants :

le gray, symbole Gy, égal au joule par kilogramme ⁽¹⁾.

(1) Note. — Le gray est l'unité SI de dose absorbée. Dans le domaine des rayonnements ionisants, le gray peut encore être employé avec d'autres grandeurs physiques qui s'expriment aussi en joules par kilogramme; le Comité Consultatif des Unités est chargé d'étudier cette question en collaboration avec les organisations internationales compétentes.

RÉSOLUTION 10

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

DÉCIDE d'ajouter à la liste des préfixes SI pour la formation des noms des multiples des unités, adoptée par la Onzième Conférence Générale, Résolution 12, paragraphe 3°, les deux préfixes suivants :

Facteur par lequel l'unité est multipliée	Préfixe	Symbole
10 ¹⁵	peta	P
10 ¹⁸	exa	E

Dotations du B.I.P.M. pour la période 1977-1980

RÉSOLUTION 11

La Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

CONSIDÉRANT que dans le cas de difficultés financières imprévues une séance supplémentaire de la Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures pourrait être convoquée,

DÉCIDE que la partie fixe de la dotation annuelle du Bureau International des Poids et Mesures sera augmentée de façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire (définies à l'Article 6 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre) soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la Quinzième Conférence Générale :

en 1977	5 310 000 francs-or
1978	5 950 000
1979	6 660 000
1980	7 460 000

ANNEXE 1

Les récents progrès du Système Métrique

par H. MOREAU

Bureau International des Poids et Mesures

Depuis le Rapport présenté en 1971, l'expansion du Système métrique et du Système International d'Unités dans le monde a été importante.

En octobre 1972, l'Autriche a célébré le centenaire de la loi du 23 juillet 1871 (publiée dans la Reichsgesetzblatt du 2 mars 1872) adoptant le Système métrique. A cette occasion, le Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen a publié un ouvrage qui retrace l'histoire des mesures et de la métrologie en Autriche depuis le XVI^e siècle (1).

Le centenaire de l'introduction du Système métrique en Yougoslavie (loi du 1^{er}/12 décembre 1873) a été célébré en novembre 1973 par l'Académie des Sciences de Serbie; un livre (2), une exposition de mesures anciennes jusqu'à nos jours et l'émission d'un timbre-poste commémoratif ont marqué cet anniversaire.

Système International d'Unités (SI)

Le SI est adopté progressivement dans les nouvelles législations. Certes, l'utilisation exclusive des unités SI se heurte encore à la routine; même dans les pays métriques de longue date, l'attachement à certaines unités anciennes ou maintenant déconseillées persiste trop souvent. Il est essentiel que le SI soit employé sans altérations. Ses avantages ne doivent pas être trahis par l'emploi conjoint d'unités disparates; une telle pratique ferait retomber dans les errements dont on a trop souffert dans le passé.

* 9^e Rapport, faisant suite aux Rapports présentés aux Conférences Générales des Poids et Mesures suivantes : 4^e (1907), 5^e (1913), 6^e (1921), 8^e (1933), 9^e (1948), 10^e (1954), 13^e (1967-68) et 14^e (1971).

(1) 100 Jahre metrisches Masssystem in Österreich (1872-1972), Wien, 1972, 172 pages.

Jubiläumsveranstaltung (articles sur l'histoire du Système métrique; la Toise, le Yard et le Mètre; le SI), Wien, 1972, 95 pages.

J. STULLA-GÖTZ, 100 Jahre metrische Masse in Österreich, *E und M*, **89**, N° 12, 1972, pp. 483-493.

(2) Les mesures sur le sol de Serbie au travers les siècles. Acad. Sci. de Serbie, Belgrade, 1974, 366 pages (12 articles bilingues — serbe et français — sur les mesures serbes anciennes, le Système métrique et son introduction en Serbie, le B.I.P.M., la métrologie actuelle).

Dans les pays membres de la Commission des Communautés Européennes (C.E.E.), des dispositions sont prises pour appliquer les directives qui prévoient l'élimination des unités hors SI dans des délais fixés (en principe 1978).

Au cours de la réunion du Groupe de travail 71 du Comité Européen de Normalisation, tenue à Paris en décembre 1974 et à laquelle assistaient les représentants de douze pays, une revue de la situation concernant l'application du SI a montré que ce système est partout en voie d'adoption complète, malgré quelques retards sur les prévisions et certaines réticences du grand public dans un nombre limité de pays.

Les pays membres du Conseil d'Assistance Économique Mutuelle (« Comecon ») ont adopté une recommandation concernant l'introduction du SI dans leurs législations nationales et prévoyant l'élimination des unités hors SI (sauf quelques unités à maintenir avec le SI) dans un délai fixé (en principe 1980).

Sur le plan des législations nationales, les nouveaux textes et lois suivants se rapportant au SI ont été adoptés depuis 1971 :

<i>Allemagne (Rép. Fédérale)</i> ...	Loi du 6 juillet 1973, modifiant la loi de 1969.
<i>Argentine (Rép.)</i>	Loi N° 19511 du 2 mars 1972.
<i>Autriche</i>	Loi N° 174 du 20 mars 1973, modifiant la loi de 1950.
<i>Espagne</i>	Décret-loi 1257 du 25 avril 1974, modifiant la loi de 1967 sur le SI.
<i>Finlande</i>	Décret N° 1090 du 31 décembre 1974, modifiant le décret de 1965.
<i>Tchécoslovaquie</i>	Arrêté gouvernemental N° 7 du 17 janvier 1974 pour l'adoption du SI. Norme CSN 01 1300 pour l'application pratique du SI.
<i>Yougoslavie</i>	Loi du 5 juillet 1973, modifiant la loi de 1961.

Le décret finlandais de 1974, dans lequel est mentionné pour la première fois dans la législation finlandaise le nom de « Système International d'Unités », adopte les unités SI et quelques unités hors système; un certain nombre d'unités admises antérieurement (par exemple kilopond, atmosphère, calorie, cheval vapeur, millimètre de mercure, poise, stokes) sont maintenant supprimées. Un arrêté du 8 août 1974 a rendu obligatoire l'emploi du SI dans l'administration de l'État, après une période de transition de trois ans à compter du 1^{er} janvier 1975.

La Suède n'a pas estimé devoir publier une loi particulière sur les unités SI; celles-ci ont été implicitement incluses dans la loi 897 du 13 décembre 1974, en vigueur depuis le 1^{er} janvier 1975, qui charge le « Riksmätplats » (Centre national d'étalonnage primaire) de la responsabilité des étalons et des unités de mesure conformes aux décisions internationales. Le SI est maintenant utilisé dans l'enseignement et la Suède suit l'exemple des autres pays européens pour l'application du SI dans tous les domaines de son économie d'ici à 1978.

En République Démocratique Allemande, l'introduction progressive des unités SI se poursuit; dans ce sens, un projet de Norme (« Einheiten physikalischer Grössen ») a été publié en 1975.

En France, le décret sur les Unités de mesure de 1961 est en cours de révision pour le rendre conforme aux récentes décisions internationales concernant le SI. La publication du nouveau décret devrait intervenir à la fin de 1975.

En Suisse, une nouvelle loi fédérale fondée sur le SI est aussi en instance d'adoption.

Le Chili envisage l'adoption du SI comme système de mesures légal. En Grèce, un projet de décret sur les unités SI a été élaboré en 1972.

Sur le plan de la normalisation internationale, toutes les récentes normes et recommandations publiées par les grandes organisations (I.S.O., C.E.I., O.I.M.L., C.I.E.), notamment les Normes internationales ISO 1000 et de la série 31, emploient les unités SI.

A sa XVI^e Assemblée générale (septembre 1975), l'Union géodésique et Géophysique Internationale a recommandé l'utilisation des unités SI en géodésie, en géophysique et dans toutes les publications de cette Union; cette recommandation s'ajoute à celles qu'avaient déjà prises plusieurs autres organisations internationales en faveur de l'adoption des unités SI.

Rappelons par ailleurs que tous les pays qui ont décidé la conversion métrique adoptent le SI.

La brochure du Bureau International des Poids et Mesures sur le SI a fait l'objet d'une 2^e édition en février 1973. Sa diffusion internationale a été facilitée par des traductions, complètes ou partielles: en anglais (Canada, États-Unis, Royaume-Uni), en bulgare, en espagnol (Espagne, Chili, Colombie, République Argentine), en portugais (Brésil). La Finlande a publié « SI OPAS » (Guide SI), et la Suède les brochures « SI-Guide », « De nya måtten » et « The international Guide to the SI Units ».

La plupart des pays en cours de conversion métrique publient aussi des guides et des brochures pour l'utilisation correcte des unités SI dans les divers domaines de leur économie nationale.

Progrès du Système métrique dans le monde

La période 1971-1975 peut être marquée d'une nouvelle pierre blanche en ce qui concerne les progrès du Système métrique. En effet, environ vingt-cinq pays, grands ou petits, ont décidé de franchir le « Rubicon métrique » et d'adopter le Système métrique (SI) en remplacement de leurs mesures locales et de l'« Imperial System ». Dans la plupart de ces pays, dont on trouvera la liste ci-après, la conversion métrique est en cours ou décidée.

Aux États-Unis d'Amérique, où aucune décision du Congrès n'est encore intervenue, la question métrique évolue cependant d'une manière très favorable.*

Plusieurs conférences internationales ont eu lieu pour examiner et discuter les problèmes en relation avec la « metrication », montrant ainsi l'intérêt que suscite la conversion métrique :

- Commonwealth Conference on Metrication, tenue à Londres en avril 1973 et à laquelle assistaient les délégués de 28 pays et de l'East African Community ⁽³⁾.
- Pacific Conference on Metric Conversion, tenue à Lae (Papouasie - Nouvelle Guinée) en juin 1974 et à laquelle assistaient les délégués de 20 pays ⁽⁴⁾.
- American National Metric Council Conference, tenue à Washington en mars 1975.
- North American-Australian Metric Conference, tenue en Australie en avril 1975.

* Voir la note de bas de page, p. 117.

⁽³⁾ Voir *Report of the Metrication Board for 1973*, H.M.S.O., London, 1974, pp. 59-63.

⁽⁴⁾ *Proceedings of the Pacific Conference on Metric Conversion*, Lae, June 1974, 127 pages.

EUROPE

Irlande

Depuis 1971, des progrès substantiels ont été faits vers l'usage du Système métrique comme système de mesures prépondérant. Ces progrès sont dus en grande partie à la ligne de conduite du Gouvernement qui impose l'emploi des mesures métriques pour tous les marchés passés par les services officiels.

Dans le secteur industriel, le changement métrique sera pour une grande part achevé à la fin de 1975. Dans les industries du bâtiment et des matériaux de construction, la réforme est pratiquement complète. La conversion progresse aussi dans la construction mécanique. Les progrès sont toutefois plus lents dans d'autres domaines auxiliaires, tels que les transports où le changement est conditionné par les machines et les matériels utilisés qui ont été conçus en unités britanniques; le changement est cependant effectué chaque fois que la sécurité et les considérations économiques le permettent.

L'emploi des mesures métriques se développe aussi dans les secteurs de distribution et de consommation. Des campagnes d'information et d'initiation aux mesures métriques sont organisées dans ce but. Depuis février 1974, la contenance des produits préemballés doit être obligatoirement indiquée en unités métriques, cette indication étant suivie de l'équivalence en unités impériales sauf dans le cas de quantités métriques rondes.

Le SI est maintenant le seul système de mesures enseigné dans les écoles.

Des étalons métriques de longueur et de masse ont été acquis et étalonnés au B.I.P.M. pour devenir les étalons primaires légaux irlandais. L'Irlande incorporera dans sa législation sur les poids et mesures les directives des Communautés Européennes sur les unités de mesure.

Royaume-Uni

Décidée par le Gouvernement en mai 1965, la conversion métrique se poursuit suivant les programmes établis pour les différents secteurs de l'économie nationale.

Des progrès notables ont déjà été réalisés dans certains secteurs. Dans d'autres, les circonstances économiques actuelles et l'absence de décisions législatives appropriées freinent malheureusement les progrès et retardent l'achèvement de la réforme qui, primitivement prévue pour être en grande partie effective à la fin de 1975, ne le sera probablement en fait que vers 1980.

Les industries de production des matériaux, y compris les métaux ferreux et non ferreux, celles des produits pharmaceutiques, du papier, des matières plastiques, des matériaux et des bois de construction ont pratiquement achevé la conversion; de même pour l'industrie de la construction. Dans l'industrie mécanique, le programme de conversion est effectué à environ 50 pour cent. En agriculture et horticulture, on estime que le changement sera très avancé à la fin de 1976.

La conversion métrique est aussi très avancée ou prévue pour les tarifs de transport des marchandises, les tarifs postaux (septembre 1975) et l'établissement des cartes terrestres et marines (les premières cartes métriques de l'Ordnance Survey ont été publiées en mars 1974).

Dans le secteur de la consommation, de nombreux produits et marchandises sont maintenant disponibles en quantités ou dimensions métriques, ou étiquetés à la fois en unités métriques et en unités impériales.

Dans le secteur de l'éducation, l'enseignement des mesures métriques progresse favorablement dans les écoles et collèges; presque toutes les questions des examens sont maintenant posées en unités métriques.

Les secteurs de l'économie où le changement est beaucoup moins avancé sont ceux des industries de l'énergie et des combustibles, des transports (notamment pour les limitations de vitesse et les panneaux de signalisation routiers), ainsi que le secteur alimentaire. Dans ce dernier secteur, la loi de 1963, toujours en vigueur, impose en effet la vente de certains produits préemballés, tels que sucre, beurre, conserves, graisses alimentaires, thé, café, en unités impériales. Des décrets (« Orders ») récemment adoptés par le Parlement permettent toutefois la vente en paquets métriques des pâtes (depuis juillet 1974), du sel (depuis janvier 1975) et du sucre (à partir d'octobre 1975). Des décrets devraient suivre dans le même sens pour les principaux autres produits alimentaires.

Le « Metrication Board » s'emploie activement à assurer le succès de la dernière phase de la transition métrique, celle qui concerne plus directement les consommateurs; il concentre maintenant ses efforts pour informer le public sur les nouvelles mesures qu'il est appelé à rencontrer et sur les changements qui se produisent.

En résumé, les progrès vers une « metrication » complète dépendent maintenant en grande partie de l'action du Gouvernement et des dispositions législatives qui seront prises pour hâter l'achèvement d'une réforme qui a déjà atteint un stade très avancé dans de nombreux domaines de l'économie britannique ⁽⁵⁾.

AFRIQUE

Afrique du Sud

Depuis la décision prise en 1967 d'effectuer la conversion métrique, les objectifs qui avaient été fixés lors des premières étapes du programme national de conversion ont tous été atteints. Alors qu'au cours des cinq premières années l'accent avait été mis sur la planification, la coordination et l'introduction généralisée du Système métrique, on s'est attaché ensuite aux domaines présentant des problèmes spécifiques, aux études approfondies dans certains domaines et aux travaux complémentaires nécessaires pour assurer la consolidation et l'amélioration de la réforme. L'attention a été en particulier portée non seulement sur l'utilisation correcte du SI, mais aussi sur l'élimination de toute pratique incorrecte dans l'utilisation de ce système.

Législation. -- Sur le plan législatif, le « Measuring Units and National Measuring Standards Act No. 76 », adopté par le Parlement en 1973, est entré en vigueur le 5 juillet 1974. Cette loi introduit en Afrique du Sud un système de mesures uniforme fondé sur les unités SI et prévoit l'élimination progressive, par la publication d'avis dans la « Government Gazette », des unités qui ne sont pas du SI; le premier de ces avis a pris effet au début de 1975.

Le « Weights and Measures Act » existant a été rédigé à nouveau pour inclure, entre autres, la terminologie correcte en ce qui concerne la masse et le poids. Cette loi (Act No. 77 de 1973), désignée maintenant sous le nom de « Trade Metrology Act », entrera en vigueur lorsque les réglementations qui en découlent auront été modifiées pour être conformes au SI. Plusieurs lois et ordonnances ont déjà été modifiées et publiées en 1972 en tenant compte des unités métriques, et toute nouvelle législation est maintenant établie en unités

⁽⁵⁾ *Going metric: Looking ahead*, 3rd Report of the Metrication Board 1971. H.M.S.O., London, 1972, 94 pages.

Going metric: Progress in 1972, 4th Report of the Metrication Board. H.M.S.O., London, 1973, 61 pages.

Going metric: The next phase, 5th Report of the Metrication Board 1973. H.M.S.O., London, 1974, 67 pages.

métriques. Depuis 1973-74, il est illégal d'utiliser dans le commerce ou de posséder pour la vente certains instruments qui ne seraient pas étalonnés en unités SI exclusivement. A partir du 1^{er} janvier 1976, cette interdiction sera étendue à tous les instruments de mesure.

Commerce. — De grands progrès ont été faits dans ce secteur et l'on estime que le commerce est métrique à 95 %. Les ventes des produits préemballés et des produits commercialisés selon la longueur, la superficie ou le volume sont effectuées en mesures métriques. La transformation des pompes à essence et des débitmètres est achevée; il ne reste à transformer que 5 % des balances et des bascules commerciales.

Des types d'emballages métriques ont été adoptés pour pratiquement toutes les denrées préemballées, et l'obligation d'indiquer les quantités de produits uniquement en unités métriques a été reconnue comme le meilleur moyen pour amener les gens à « penser métrique ».

Industrie. — Dans le secteur de l'industrie mécanique, un délai un peu plus long est nécessaire pour passer au Système métrique; un tel passage entraîne souvent le remplacement ou la modification de machines ou d'outillages onéreux et l'industrie dépend dans une certaine mesure de fournisseurs étrangers. La conversion progresse toutefois favorablement. Les matériaux de base sont fabriqués en dimensions métriques et les fabricants ont rencontré peu de difficultés à modifier leurs plans pour tenir compte des légers changements dans le dimensionnement de leurs produits selon les normes métriques en usage.

Dans l'industrie du bâtiment et de la construction, à l'exception de quelques projets importants qui avaient été conçus avant 1972, tous les travaux sont maintenant exécutés en utilisant les mesures métriques.

Des progrès satisfaisants ont été aussi réalisés dans les industries du papier, de l'électricité, du caoutchouc et des matières plastiques, des éléments de fixation, de l'agriculture, du vêtement et du textile.

Divers. — L'enseignement en Afrique du Sud est complètement converti aux mesures métriques depuis déjà deux ans, et l'utilisation des unités autres que celles du SI a été entièrement éliminée, aussi bien dans les écoles que dans les collèges techniques et les universités.

La fourniture par les pharmaciens des médicaments en unités métriques est devenue obligatoire au cours de l'année 1973. Des tables officielles ont été publiées pour convertir les ordonnances établies en mesures non métriques et le pharmacien doit fournir avec tous les médicaments liquides une mesure de 5 ml.

Les ménagères sud-africaines utilisent de plus en plus les mesures métriques et l'on trouve des recueils de recettes culinaires, des balances ménagères et des mesures de capacité métriques. En diététique, l'emploi du joule se généralise.

Dans le domaine du sport, le passage aux mesures métriques fait des progrès. En 1973, toutes les épreuves des Jeux internationaux d'Afrique du Sud étaient métriques. Les résultats sportifs à la radio et dans la presse sont donnés en unités métriques; pour le rugby, les règles fondées sur le Système métrique entreront en application au cours de la saison 1975.

En conclusion, et bien qu'une attention particulière doive encore être portée à la « metrication » dans certains domaines, on constate que la réforme métrique se poursuit favorablement en Afrique du Sud. L'action efficace et soutenue du « South African Bureau of Standards » et de son « Metrication Department » contribue grandement au succès de cette réforme.

Botswana

Après l'adoption du Système métrique en 1969, la création d'une « Weights and Measures Division » en 1970 — installée dans de nouveaux locaux en 1973 — a permis

de faire progresser la « metrication », tant sur le plan de la législation que sur celui de la conversion métrique ou du remplacement des instruments de mesure.

Le « Weights and Measures Act, 1970 », destiné à assurer l'uniformité des poids et mesures dans tout le pays sur la base des mesures métriques, est entré en application le 1^{er} décembre 1973. La transition métrique s'effectue favorablement, tant pour le commerce de gros que de détail. La majorité des produits et des marchandises sont maintenant vendus en quantités métriques. L'emploi d'instruments de mesure métriques est obligatoire depuis le 1^{er} décembre 1974.

Ces résultats, obtenus cinq ans après l'adoption du Système métrique, sont dus à l'action efficace du Service des Poids et Mesures du Botswana (6).

Ghana

Après avoir pris connaissance du rapport du « Metrication Committee » créé en 1970 pour étudier la question d'une conversion métrique au Ghana, le Gouvernement en approuvait les conclusions et décidait le 29 décembre 1972 d'adopter le Système métrique. Cette décision était d'autant plus opportune que le Ghana commençant à s'industrialiser, il serait ainsi financièrement beaucoup plus avantageux de fonder dès maintenant une industrie sur une base métrique que de transformer ultérieurement des équipements qui auraient été établis dans le système britannique alors en usage.

En conséquence de cette décision, le Gouvernement a institué en mai 1973 un « Metrication Planning and Programming Committee » chargé de préparer et de coordonner la conversion métrique dans les divers secteurs de l'économie : industrie, commerce, enseignement, etc. Le début de cette conversion a été fixé au 1^{er} septembre 1975, avec pour objectif initial de réaliser le changement à 75 % au moins dans un délai de l'ordre de cinq années.

Lesotho

Le « Weights and Measures (Metrication) Order No. 22, 1970 » (7) peut être considéré comme fixant la date d'adoption du Système métrique par le Lesotho.

La conversion métrique progresse dans ce pays, bien que d'une manière plus ou moins coordonnée; les mesures anglaises sont encore souvent employées, conjointement avec les mesures métriques.

La « metrication » est cependant en bonne voie dans l'enseignement, de même que dans toutes les activités économiques en relation étroite avec l'Afrique du Sud.

Malawi

Depuis 1971, aucun changement n'est intervenu dans la situation du Système métrique dans ce pays. Les mesures métriques sont légales au même titre que les mesures britanniques, ces dernières constituant toutefois le système de mesures primaire.

(6) DAVIES (P.), *Report on the Weights and Measures Administration for the period January, 1971, to March, 1974*, Ministry of Commerce and Industry, Gaborone, 1974, 24 pages.

(7) *Gazette* No. 33, 5 June 1970, Suppl. No. 3.

Le Gouvernement considère que la conversion métrique ne doit être effectuée que là où elle est nécessaire et si elle est conforme à l'intérêt général. Après examen de la situation en 1973, le « Metrication Board » n'a pas estimé devoir s'écarter de cette ligne de conduite pour le moment.

A signaler que le Malawi a effectué la décimalisation de sa monnaie en février 1971.

Nigeria

Après avoir décidé en février 1971 le principe d'une conversion métrique, le Gouvernement nigérien a annoncé le 21 décembre 1972 l'abandon des mesures britanniques à partir du 1^{er} janvier 1973, suivant un programme de conversion s'échelonnant jusqu'en 1977 ⁽⁸⁾.

Les unités britanniques ont déjà cessé d'être légales dans certains domaines depuis le 1^{er} janvier 1974, date à partir de laquelle tous les matériels et machines importés doivent être établis en unités métriques.

La conversion métrique est déjà très avancée dans de nombreux secteurs publics et privés, l'enseignement, et dans l'industrie où toutes les normes de la Nigerian Standards Organisation sont établies sur une base métrique.

Parallèlement au changement de ses mesures, le Nigeria a effectué la décimalisation de sa monnaie en janvier 1973.

Rhodésie

Décidée en 1969, en même temps que la décimalisation monétaire, la conversion métrique entre dans sa phase finale.

La loi N° 51 de 1973 (« Trade Measures Act, 1973) et les « Trade Measures (Authorized Units) Regulations, 1974 » fixent les unités de mesure métriques (longueur, superficie, volume, masse), ainsi que leurs multiples et sous-multiples, autorisés en Rhodésie pour le commerce.

Somalie

Au moment de l'accession à l'indépendance de ce pays (1960), il n'existait pas de législation unifiée sur les poids et mesures. On utilisait soit les mesures anglaises en usage dans l'ancienne Somalie britannique, soit les mesures métriques de l'ancienne Somalie italienne, soit un mélange de ces deux systèmes et des mesures locales.

Afin de remédier à cette situation, le Conseil Révolutionnaire Suprême a adopté la loi N° 81 du 14 décembre 1972, entrée en vigueur le 1^{er} janvier 1973, loi unifiée par laquelle les poids et mesures utilisés dans toute la Somalie sont ceux du Système métrique décimal ⁽⁹⁾.

Les mesures métriques se trouvent ainsi officiellement adoptées à titre obligatoire. Une dérogation est toutefois prévue pour le petit commerce où l'emploi des mesures locales usuelles reste temporairement autorisé.

⁽⁸⁾ *Official Gazette*, No. 62, 21 Dec. 1972, p. 2091.

⁽⁹⁾ *Botteino Ufficiale*, IV, 1972, Suppl. n. 2 al n. 12, p. 1491 (texte italien), p. 1498 (texte anglais).

Swaziland

La décision d'adopter le Système métrique a été prise par le Gouvernement le 2 septembre 1969. Un programme de conversion métrique, suivant autant que possible celui qui a été adopté par l'Afrique du Sud, a commencé à être mis à exécution le 1^{er} janvier 1973; les services gouvernementaux et officiels emploient maintenant les mesures métriques.

Afin de promouvoir l'usage exclusif et général du Système métrique, des dispositions légales ont été prises en 1973 (« Metric System Order No. 30 », 16 août 1973; « Legal Notice No. 84 », 29 novembre 1973) relativement à la conversion métrique des instruments de mesure et à l'interdiction ou la restriction d'emploi des instruments non métriques.

Zambie

Peu de temps après avoir effectué la décimalisation monétaire (février 1968), le Gouvernement zambien décidait l'introduction des mesures métriques.

Un Groupe de travail fut constitué en 1968 pour l'examen de cette question et ses recommandations furent acceptées par le Gouvernement en octobre 1969. La décision d'adopter le Système métrique fut officiellement confirmée le 7 janvier 1970 par une déclaration présidentielle devant l'Assemblée Nationale, suivie de l'adoption en octobre de la loi N° 57 de 1970 (« The Metric System Act ») qui introduisit le Système métrique (SI) comme le seul système de mesures autorisé.

Le « Metrication Board », constitué en octobre 1969, a pour mission de conseiller le Ministère du Commerce et de l'Industrie et le Gouvernement sur toutes les questions relatives à la conversion métrique.

La réforme se poursuit actuellement dans les divers secteurs de l'économie zambienne. Des campagnes d'information et plusieurs publications éditées par le Metrication Board ⁽¹⁰⁾ préparent la population à ce changement qui est déjà entré en application dans les services gouvernementaux et publics, dans de nombreuses activités économiques et dans l'enseignement.

★

La *Gambie* envisage aussi l'adoption des mesures métriques.

AMÉRIQUE

Canada

Après la publication par le Gouvernement, en janvier 1970, du « Livre blanc » sur la conversion métrique, une « Commission du Système métrique » (« Metric Commission ») a été créée le 10 juin 1971 afin de préparer et de mettre en œuvre un programme d'ensemble pour le passage au Système métrique dans tous les secteurs de l'économie canadienne.

Vers la fin de 1972, cette Commission constituait onze comités directeurs (« steering committees »), groupant chacun un ensemble de secteurs économiques connexes, en vue

⁽¹⁰⁾ Zambia thinks metric (October 1971, 58 pages); Metrication in Zambia (October 1973, 19 pages); A metric Zambia (September 1974, 48 pages); The use of SI units in Zambia (15 pages).

de coordonner le travail de conversion, tant sur le plan du gouvernement fédéral que sur celui des gouvernements provinciaux ⁽¹¹⁾.

En 1973, la Commission a établi un programme national de conversion comprenant quatre phases distinctes.

Investigation. Cette phase, qui comportait l'étude des implications et des avantages d'une conversion métrique, a débuté en 1970 et s'est terminée à la fin de 1974.

Planification. Commencée en mai 1974 pour certains secteurs, cette deuxième phase devrait s'achever à la fin de 1975 pour la plupart des secteurs.

Ordonnancement. Pendant cette troisième phase, les calendriers élaborés dans chaque secteur sont étudiés quant à leurs interactions avec les autres secteurs. Cette phase devrait s'achever en 1976.

Implantation. Commencée en 1975, la phase d'implantation des mesures métriques devra atteindre son apogée en 1977-1978 et se terminer vers la fin de 1980.

Dans le domaine de l'éducation, l'enseignement des mesures métriques commence à se généraliser. Les unités métriques commencent aussi à être utilisées en cartographie.

Depuis le 1^{er} avril 1975, les températures sont données uniquement en degrés Celsius dans les bulletins météorologiques; le 1^{er} septembre 1975, les précipitations atmosphériques seront données en millimètres pour la pluie et en centimètres pour la neige. En avril 1976, la vitesse des vents et la visibilité seront exprimées respectivement en kilomètres par heure et en kilomètres.

Le commerce des céréales utilisera la tonne, au lieu du boisseau, le 1^{er} février 1977.

En septembre 1977, les indications de tous les panneaux routiers (distances et limitations de vitesse) seront converties en unités métriques. Certains panneaux donnent déjà des distances en kilomètres afin de préparer la population au changement.

Dans le secteur des produits alimentaires préemballés, l'emploi d'emballages et d'étiquetages métriques sera généralisé en mars 1976.

Le « Conseil des Normes du Canada » (« Standards Council of Canada ») a approuvé en 1973 deux publications, « The International System of Units (SI) » et « Metric Practice Guide », en tant que normes nationales pour préparer la conversion métrique. Plus de 1 000 normes devront être révisées et exprimées en unités métriques.

La Commission du Système métrique estime que vers la fin de l'année 1980, l'économie canadienne sera en majeure partie métrique, les mesures métriques étant par ailleurs utilisées pour tous les usages commerciaux et légaux d'ordre général.

L'Association Métrique Canadienne (« Canadian Metric Association »), organisme privé, poursuit de son côté son action en faveur de l'implantation du Système métrique au Canada.

États-Unis d'Amérique

Après la présentation devant le Congrès, le 30 juillet 1971, du rapport « U.S. Metric Study » recommandant une conversion métrique ⁽¹²⁾, cette question a de nouveau retenu l'attention des parlementaires américains.

⁽¹¹⁾ *Metric Commission. First Report, June 1971-March 31, 1973, Ottawa, 1973, 23 pages (texte bilingue anglais-français).*

⁽¹²⁾ Les récents progrès du Système métrique. *Comptes rendus des séances de la 14^e Conférence Générale des Poids et Mesures (1971)*, pp. 131-132.

Le 18 août 1972, le Sénat adoptait un projet de loi (S. 2483) pour un programme national de conversion volontaire échelonné sur dix ans au terme desquels le Système métrique (SI) deviendrait aux États-Unis le système de mesures prédominant, mais non pas nécessairement exclusif. La création d'un « National Metric Conversion Board » était prévue pour préparer ce programme et faire les recommandations nécessaires. Ce projet ne put toutefois être examiné par la Chambre des Représentants durant le 92^e Congrès.

A peine deux ans plus tard, et malgré un nouvel appel pressant du Président R. Nixon dans son message au Congrès en septembre 1973 pour une action en faveur de la « metrication », la Chambre des Représentants rejetait le 7 mai 1974, par 240 voix contre 153, un projet de loi similaire à celui que le Sénat avait adopté en 1972. Ce vote négatif fut en fait beaucoup plus l'expression d'une désapprobation de la procédure adoptée pour la présentation du projet que d'une véritable opposition à un changement métrique. La présentation du projet ne permettait pas en effet d'apporter des amendements, notamment la possibilité, demandée par les grandes confédérations ouvrières, d'obtenir des subventions fédérales pour aider les petites entreprises et les petits artisans placés devant le coût d'une conversion métrique.

Telle est la situation actuelle de la question métrique sur le plan parlementaire, dans l'attente des votes sur les nouveaux projets de loi soumis au Sénat et à la Chambre des Représentants*.

Quoi qu'il en soit, et sans attendre le vote de dispositions législatives, l'industrie américaine s'engage résolument dans la voie métrique. Le vote par le Congrès d'une loi métrique faciliterait et accélérerait sans doute la conversion, mais l'absence de toute législation ne devrait pas beaucoup l'entraver puisque l'emploi des mesures métriques est déjà légalement admis depuis 1866. C'est ainsi qu'un certain nombre de grandes firmes industrielles, telles que General Motors, International Business Machines, Ford, Caterpillar, Xerox, International Harvester, Minnesota Mining and Manufacturing, Boeing, Rockwell, Honeywell, General Electric, sont déjà engagées dans le processus de la conversion métrique. Il a été reconnu que la conversion s'effectue beaucoup plus rapidement que prévu et à moindre coût lorsqu'un programme de conversion ordonné est appliqué. On estime que l'industrie américaine sera en grande partie métrique en 1980.

En 1973, l'« American National Metric Council » a été constitué pour servir de centre de planification et de coordination des problèmes auxquels les secteurs privés de l'industrie et du commerce ont à faire face devant l'emploi généralisé des mesures métriques. De son côté, la « U.S. Metric Association » poursuit son action d'information pour l'implantation du SI aux États-Unis.

Dans le secteur de l'éducation, la ligne de conduite des États-Unis est de préparer les étudiants à l'emploi des mesures métriques. Dans ce but, le Congrès a voté en août 1974 un crédit de 40 millions de dollars sur quatre ans pour l'enseignement du SI dans tous les établissements scolaires. Un enseignement métrique est donné dans les écoles du Maryland depuis 1974 et le sera dans celles de Californie en 1976. D'autres États doivent suivre cet exemple. Récemment, le National Bureau of Standards a publié (*Federal Register*, June 19, 1975) les règles générales pour l'emploi du SI.

* *Note ajoutée aux épreuves.* -- Le Congrès a adopté en décembre 1975 (Sénat, 8 décembre; Chambre des Représentants, 11 décembre) le « Metric Conversion Act » qui a reçu la signature du Président G. Ford le 23 décembre 1975. Cette loi a pour but d'accélérer une conversion métrique volontaire aux États-Unis et crée un « U.S. Metric Board » pour planifier et coordonner cette conversion.

Afin de familiariser la population avec les mesures métriques linéaires, l'Ohio et la Californie ont adopté un double marquage pour les panneaux de signalisation routière sur les autoroutes, les distances étant indiquées en miles et en kilomètres.

En conclusion, la situation métrique évolue favorablement aux États-Unis, indépendamment de toute décision du Congrès. Ainsi que l'affirmait en 1973 le Dr Richard W. Roberts, alors directeur du National Bureau of Standards, « the predominant metric use is in the best interest of the United States », opinion confirmée par le Président G. Ford qui déclarait en mars 1975 : « It is important that the United States develop a national plan to direct the voluntary conversion to the metric system as the standard of measurement ».

Guyane

Le 24 février 1971, le Parlement a adopté la Résolution N° XXXV comme suite à la décision du Gouvernement d'adopter le Système métrique. Cette résolution demande qu'une plus grande importance soit donnée à l'enseignement du Système métrique dans les écoles et collèges, et que des dispositions législatives soient prises pour établir aussitôt que possible les mesures métriques dans le commerce et l'industrie.

Aucune décision législative n'avait encore été prise en 1974. Un « Metrication Board » était toutefois en voie de création.

Trinité et Tobago

A la suite des recommandations présentées en mai 1970 par un Comité *ad hoc* constitué le 19 juin 1969 ⁽¹³⁾, le Gouvernement a accepté le 23 juillet 1970 le principe de l'adoption du Système métrique.

En août 1971, la décision était définitivement prise en faveur d'une conversion métrique et un « Metrication Board » était créé. Cet organisme a commencé à fonctionner en 1973; son programme d'action prévoit une conversion métrique échelonnée sur une période de dix années ⁽¹⁴⁾.

Un « Metrication Act » est en préparation afin de donner une sanction légale à l'introduction du Système métrique (SI). Dans l'attente d'une révision complète de la loi sur les poids et mesures, la législation antérieure — qui permet du reste l'emploi des mesures métriques dans de nombreux cas — sera amendée pour tenir compte de l'adoption des unités SI.

★

Les *Bahamas*, les *Bermudes* et la *Jamaïque* ont aussi décidé d'adopter le Système métrique.

ASIE, AUSTRALASIE, OCÉANIE

Australie

Après la décision prise par le Gouvernement australien en janvier 1970 d'adopter les mesures métriques et la promulgation du « Metric Conversion Act » en juin 1970, le

⁽¹³⁾ *The Metric System of Weights and Measures*, Report of the Committee appointed by the Cabinet of Trinidad and Tobago, May 1970, 29 pages.

⁽¹⁴⁾ *Policy Statement on Metrication in Trinidad and Tobago*, The Metrication Board, Ministry of Industry and Commerce, April 1974, 89 pages.

« Metric Conversion Board », constitué en juillet 1970, a commencé immédiatement la mise au point d'un programme de conversion métrique pour tous les domaines de l'économie australienne, la réforme étant menée sur tous les fronts simultanément.

Cinq années après le début du changement métrique, les progrès sont déjà très importants. On estime que le programme établi est déjà réalisé à plus de 50 %, sans avoir véritablement rencontré d'opposition ni de réaction défavorable.

Ces progrès peuvent être résumés comme suit ⁽¹⁵⁾ :

-- La plus grande partie de la législation australienne et de celle des États a été révisée pour être exprimée en termes métriques; toute nouvelle législation est maintenant métrique. Les tarifs sont entièrement métriques depuis juillet 1972.

— Toutes les nouvelles normes sont métriques; les anciennes normes et les codes de pratique sont révisés et réédités en unités métriques.

— Dans les écoles primaires et secondaires, l'enseignement est maintenant entièrement métrique; le changement est bien avancé dans l'enseignement supérieur et technique.

--- Pour la propriété foncière, les relevés des terrains et les titres de propriété sont maintenant métriques; les titres anciens sont convertis lorsque cela est nécessaire.

--- Le changement métrique est réalisé dans l'industrie des métaux ferreux et non ferreux, du béton, du bois, du verre en feuilles, etc.

— Depuis juillet 1973, tous les tarifs de fret (ferroviaire, routier, aérien et maritime) sont métriques.

-- En juillet 1974, tous les panneaux de signalisation routière ont été remplacés par des panneaux métriques.

— La vente en gros des produits suivants est métrique : laine, céréales, sucre et la plupart des viandes, fruits et légumes.

— La conversion métrique a été faite dans les services postaux en octobre 1973.

--- Entre septembre 1972 et janvier 1974, la conversion métrique a été effectuée dans les services de la météorologie : les températures, pressions, hauteurs de pluie et des chutes de neige, vitesse du vent, niveaux des cours d'eau et autres indications météorologiques sont maintenant données uniquement en unités métriques.

— Dans le domaine sportif, les règles et les descriptions au public de la plupart des sports, notamment les courses de chevaux, le football, le golf et le cricket (mais non le baseball) sont données en termes métriques.

— Dans certains autres secteurs (industrie du bâtiment et de la construction, matériaux de construction) la conversion progresse aussi favorablement.

— Pour les produits préemballés, plus de 50 % des marchandises sont maintenant vendues dans les supermarchés sous des conditionnements métriques portant uniquement l'indication métrique de la quantité du produit; le double marquage et la conversion « approchée » (par exemple 454 g ou même 450 g) sont déconseillés.

— Dans le commerce de détail, la vente des marchandises et tissus à la pièce, des tapis et autres revêtements de sol est effectuée au mètre depuis mars 1974. La conversion métrique des balances commerciales se poursuit, mais elle ne sera pas achevée avant plusieurs années. Depuis le 1^{er} mars 1975, toutes les nouvelles balances commerciales doivent être métriques; après le 31 décembre 1977, aucun instrument de mesure non métrique ne sera admis à une nouvelle vérification.

--- Pour tout ce qui concerne les biens immobiliers, la conversion a commencé le 1^{er} juillet 1974.

--- La conversion métrique doit commencer en mai 1975 pour les pompes à essence et en 1975 dans l'industrie des spiritueux.

En mars 1975, sur les 140 programmes de conversion établis, plus de 100 sont déjà pratiquement achevés et la plupart de ceux qui restent sont activement poursuivis.

(15) Voir les *Annual Reports of the Metric Conversion Board* et la publication périodique *MCB Newsletter*.

Le Metric Conversion Board considère que le programme de conversion métrique en Australie sera réalisé à 75 % en 1976 et pratiquement achevé à la fin de 1978, deux ans plus tôt que la date initialement fixée.

Les changements ont été beaucoup plus simples, les coûts moins élevés et les avantages plus importants qu'on ne l'avait prévu en décidant la conversion.

Chypre

Le 23 novembre 1972, le Conseil des Ministres décidait le principe de l'adoption des mesures métriques en remplacement des mesures britanniques et chypriotes.

Le 14 juin 1974 était adoptée la « Weights and Measures Law No. 19, 1974 », loi métrique fondée sur le Système International d'Unités.

L'entrée en vigueur de cette loi, prévue pour 1975, a été reportée en 1976.

Fidji

La législation actuelle sur les poids et mesures permet l'emploi des mesures métriques dans le commerce, mais celles-ci sont très peu en usage.

Le 12 mai 1972, le Parlement était informé que le Gouvernement avait décidé le principe de l'adoption du Système métrique, la décimalisation de la monnaie ayant par ailleurs déjà été effectuée en 1969.

Les travaux préparatoires pour une conversion ont commencé en 1974. On pense que les mesures métriques pourraient être introduites pour une grande part à Fidji avant 1980.

Hong Kong

Le 15 mai 1970, le Gouverneur créait un « Metrication Committee » ayant pour mission d'examiner les conséquences pour Hong Kong du développement de l'emploi du Système métrique dans le monde, et de le conseiller sur la nécessité d'une conversion métrique et sur tous les problèmes en relation avec une telle conversion.

Ce Comité a présenté en décembre 1971 son 4^e et dernier rapport recommandant que le Gouvernement prenne une décision en faveur de l'adoption du Système métrique et institue un organisme (« Metrication Council ») responsable de l'introduction des mesures métriques dans les services gouvernementaux et dans les diverses activités du secteur privé.

Depuis 1974, les unités métriques sont utilisées dans les Départements des Travaux Publics et de l'Éducation. La législation actuelle sera amendée, les unités non métriques devant être remplacées par les unités SI afin de rendre la « metrication » effective.

Malaisie

L'adoption des mesures métriques a été décidée par le Gouvernement en novembre 1971.

Le « Weights and Measures Act, 1972 », adopté par le Parlement en mars 1972, stipule dans son article 3 que les seules unités de mesure à employer en Malaisie sont celles du

Système International d'Unités. Cette loi fixe les règles d'emploi des unités, étalons et instruments de mesure sur la base du SI.

La conversion métrique progresse favorablement. Il est prévu qu'en 1977 le changement sera effectif dans une grande partie du pays, la réforme complète devant être achevée dans un délai de dix ans.

Nouvelle-Zélande

La réalisation des programmes de conversion métrique établis par le « Metric Advisory Board » constitué en octobre 1969 est activement poursuivie.

La conversion est déjà effective dans les services météorologiques et la plupart des industries rurales. Elle est aussi achevée ou progresse favorablement dans d'autres secteurs de l'économie nationale : enseignement, tarifs de fret maritime, ferroviaire et routier, signalisation routière, relevés et titres de propriété des terrains, matériaux industriels, industrie du bâtiment et de la construction, industrie mécanique.

La réforme progresse plus lentement dans le secteur commercial de détail où le public est plus directement concerné par le changement.

On estime que la plus grande partie du programme de conversion devrait être réalisée à la fin de 1976.

Pakistan

En conformité avec la loi N° V de 1967 (« Weights and Measures (Metric System) Act, 1967 ») établissant les étalons de poids et mesures fondés sur le Système métrique, le Gouvernement a décidé le 1^{er} juillet 1972 d'effectuer la conversion métrique.

Les premiers services touchés par cette décision sont les laboratoires scientifiques gouvernementaux et les services publics. Le changement est prévu dans les secteurs commerciaux de distribution à partir de 1976. La réforme métrique devrait être en grande partie achevée vers 1980.

En juillet 1973, la République Islamique du Pakistan a adhéré à la Convention du Mètre.

Papouasie-Nouvelle Guinée

La décision d'introduire les mesures métriques dans ce pays résulte des recommandations formulées dans le rapport de l'« Australian Senate Committee on the Metric System of Weights and Measures » (1968).

En 1970, la « House of Assembly » a adopté la « Metric Conversion Ordinance 1970 » qui indique dans son article 4 :

« The object of this Ordinance is to bring about progressively the use of the metric system of measurement in the Territory as the sole system of measurement of physical quantities. »

Le 2 mars 1972 était créée la « Metric Conversion Commission » ayant pour mission de planifier, guider et faciliter la conversion métrique en Papouasie-Nouvelle Guinée, Commission dont les travaux sont menés en étroite liaison avec ceux du « Metric Conversion Board » australien.

En 1974, la « House of Assembly » a adopté le « Statute Law Revision (Metric Conversion) Bill 1974 ». Par cette loi, un certain nombre de lois et réglementations seront amendées pour donner les quantités en unités métriques au lieu des unités « impériales ».

Les progrès de la conversion sont assez rapides du fait de la nature relativement simple des problèmes à résoudre. La réforme métrique sur la base du SI pourrait ainsi être achevée avant la fin de 1979, date primitivement envisagée.

Philippines

Introduit par l'Espagne en 1849, puis officiellement adopté en 1906 (Act No. 1519 du 3 août 1906) comme système légal obligatoire des poids et mesures (Administrative Code, 1917), le Système métrique ne s'est cependant pas implanté jusqu'ici d'une manière définitive aux Philippines. Pour diverses raisons, historiques, politiques, économiques et autres, les mesures anglo-saxonnes, les anciennes mesures espagnoles et diverses mesures locales sont employées conjointement avec les mesures métriques, et prévalent même dans certains domaines.

Afin de mettre un terme à cette situation et devant l'emploi croissant des mesures métriques dans le monde, le Décret présidentiel N° 187 du 10 mai 1973 prescrit, à partir du 1^{er} janvier 1975, l'emploi aux Philippines du Système métrique comme seul système de mesures dans tous les secteurs de l'économie.

Un « Metric System Board », créé par le même décret, a pour mission de prendre toutes les dispositions nécessaires pour assurer un passage méthodique des anciens systèmes au Système métrique.

Singapour

Après la décision prise en 1968 par le Gouvernement d'effectuer une conversion métrique et l'adoption des premières lois métriques ⁽¹⁶⁾, le « Metrication Board » institué en 1970 poursuit activement la réalisation des programmes de conversion fixés ⁽¹⁷⁾.

Le changement est pratiquement achevé dans le secteur public et il est très avancé dans le secteur privé; seul le commerce de détail demandera un délai plus long. Dans l'enseignement, le SI a été introduit en 1972 et son emploi sera général à la fin de 1975.

Singapour espère terminer la plus grande partie de sa conversion métrique en 1976.

Sri Lanka (Ceylan)

Décidée en juin 1970, la conversion métrique se poursuit dans tous les secteurs de l'économie suivant le programme établi par le « National Metrication Board » (maintenant « National Metric Conversion Authority ») ⁽¹⁸⁾, programme devant conduire à une conversion quasi complète vers 1980.

En juillet 1972, la loi en vigueur sur les poids et mesures a été amendée de façon à rendre le Système métrique légal pour les transactions commerciales qui s'effectuent

⁽¹⁶⁾ Les récents progrès du Système métrique, *Comptes rendus des séances de la 14^e Conférence Générale des Poids et Mesures* (1971), p. 134.

⁽¹⁷⁾ *Singapore Metrication Board, Annual Reports* 1971 (54 pages), 1972 (63 pages).

⁽¹⁸⁾ *Report of the National Metrication Board*, presented to the Minister of Industries and Scientific Affairs on 8th June 1972, Colombo, 154 pages.

maintenant en grande partie en unités métriques; depuis janvier 1974, la seule indication d'unités britanniques sur les produits préemballés est illégale.

Par la loi N° 24 de 1974 (« Weights and Measures (Amendment) Law), adoptée par l'Assemblée Nationale le 17 juillet 1974, le Système International d'Unités est reconnu comme le système de mesures principal au Sri Lanka. Cette loi prévoit toutefois que les unités du système britannique peuvent encore être légalement employées concurremment avec les unités SI.

★

D'après une information du Service des poids et mesures de l'Inde, les mesures métriques ont été introduites au *Boutan* en conformité avec la réforme effectuée en Inde.

La conversion métrique est aussi décidée ou en cours dans plusieurs îles de l'Océan Pacifique: *Cook, Gilbert et Ellice, Nauru* (1973), *Niue, Salomon britanniques, Samoa Occidentales, Tokelau, Tonga* (1975) ⁽¹⁹⁾.

* * *

L'exposé qui précède montre combien les progrès du Système métrique ont été importants dans le monde au cours de ces dernières années. Un monde cent pour cent métrique, qui n'était encore qu'une espérance plus ou moins lointaine vers 1960, est maintenant une proche réalité. Au moment de la célébration du centenaire de la Convention du Mètre et du Bureau International des Poids et Mesures, la Conférence Générale des Poids et Mesures peut se réjouir de ce résultat.

L'emploi d'un seul langage pour les mesures, en l'occurrence maintenant le Système International d'Unités, ne peut que faciliter les relations entre les peuples dans tous les domaines. N'était-ce pas du reste ce qu'entrevoyait il y a un siècle et demi John Quincy Adams, futur président des États-Unis, lorsqu'il écrivait en 1821: « The metre will surround the globe in use as well as in multiplied extension, and one language of weights and measures will be spoken from the equator to the poles ».

(Mai 1975; révisé le 15 septembre 1975)

⁽¹⁹⁾ Sur la situation et les progrès de la conversion métrique dans ces pays, voir aux pages 118-122 de la référence (4).

Résumé des principales décisions métriques récentes

(Complément au tableau du 8^e Rapport publié dans *Comptes rendus des séances de la 14^e Conférence Générale des Poids et Mesures* (1971), pp. 136-137)

<i>Afrique du Sud</i>	Loi N° 76 de 1973	Loi introduisant les unités de mesure du SI, entrée en application le 5 juillet 1974.
<i>Chypre</i>	23 novembre 1972	Décision pour l'adoption des mesures métriques.
	Weights and Measures Law No. 19, 1974	Loi introduisant les unités SI.
<i>États-Unis d'Amérique (*)</i> .	18 août 1972	Adoption par le Sénat d'un projet de loi pour un programme national de conversion métrique volontaire sur une période de dix ans.
	7 mai 1974	Rejet par la Chambre des Représentants d'un projet de loi similaire, par 240 voix contre 153, principalement pour une question de procédure.
	5 septembre 1975	Adoption par la Chambre des Représentants d'un projet de loi pour la création d'un « Metric Board » chargé de préparer un programme de conversion métrique.
<i>Fidji</i>	12 mai 1972	Décision gouvernementale pour l'adoption du Système métrique.
<i>Ghana</i>	29 décembre 1972	Décision gouvernementale pour l'adoption du Système métrique.
	1 ^{er} septembre 1975	Commencement de la conversion métrique.
<i>Guyane</i>	24 février 1971	Résolution du Parlement en faveur de l'adoption d'une législation métrique.
<i>Hong Kong</i>	15 mai 1970	Création d'un « Metrication Committee »; conversion métrique en cours.
<i>Lesotho</i>	Weights and Measures (Metrication) Order No. 22, 1970	Adoption du Système métrique.
<i>Malaisie</i>	Novembre 1971	Décision d'adoption des mesures métriques.
	Weights and Measures Act, 1972	Loi introduisant les unités SI.
<i>Malawi</i>		Le Système métrique est légal, mais d'un emploi facultatif.

(*) Voir aussi la Note ajoutée aux épreuves, p. 117.

<i>Nigeria</i>	Février 1971	Décision gouvernementale pour une conversion métrique.
	1 ^{er} janvier 1973	Commencement de la conversion métrique.
<i>Pakistan</i>	1 ^{er} juillet 1972	Décision gouvernementale pour une conversion métrique.
<i>Papouasie-Nouvelle Guinée.</i>	Metric Conversion Ordinance 1970	Loi adoptant les mesures métriques (SI).
<i>Philippines</i>	Décret présidentiel N° 187 (10 mai 1973)	Décret prescrivant l'emploi définitif du Système métrique comme seul système de mesures à partir du 1 ^{er} janvier 1975.
<i>Rhodésie</i>	Trade Measures Act No. 51, 1973	Loi fixant les unités de mesure métriques autorisées pour le commerce.
<i>Somalie</i>	Loi N° 81 du 14 décembre 1972	Loi adoptant les mesures métriques dans tout le pays à partir du 1 ^{er} janvier 1973.
<i>Sri Lanka (Ceylan)</i>	Juillet 1972	Le Système métrique est rendu légal pour le commerce.
	Weights and Measures (Amendment) Law No. 24, 1974	Loi introduisant le SI comme système de mesures principal.
<i>Swaziland</i>	2 septembre 1969	Décision gouvernementale pour l'adoption du Système métrique.
	1 ^{er} janvier 1973	Commencement de la conversion métrique.
<i>Trinité et Tobago</i>	Août 1971	Décision gouvernementale pour une conversion métrique. Création d'un « Metrication Board »; réforme en cours.
<i>Zambie</i>	7 janvier 1970	Déclaration présidentielle sur l'adoption des mesures métriques.
	Metric System Act No. 57, 1970	Loi introduisant les mesures métriques (SI).

ANNEXE 2

**Échelle Internationale Pratique
de Température de 1968**

Édition amendée de 1975 *

L'échelle présentée dans ce document a été proposée par le Comité International des Poids et Mesures en 1974 et adoptée par la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures en 1975. Ce n'est qu'une version modifiée de l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 (E.I.P.T.-68), et non une autre échelle.

Cette nouvelle rédaction de l'E.I.P.T.-68 n'apporte aucun changement aux températures mesurées, T_{88} .

* Le texte en anglais de cette Échelle est publié dans *Metrologia*, **12**, N° 1, 1976.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages
I. <i>Introduction</i>	A 3
II. <i>Définition de l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 (E.I.P.T.-68)</i>	3
1. Principe de l'E.I.P.T.-68 et points fixes de définition	3
2. Définition de la Température Internationale Pratique de 1968 dans les différents domaines de température	4
a. Domaine de 13,81 K à 273,15 K	4
b. Domaine de 0 °C (273,15 K) à 630,74 °C	5
c. Domaine de 630,74 °C à 1 064,43 °C	6
d. Domaine des températures supérieures à 1 064,43 °C	6
III. <i>Renseignements complémentaires</i>	6
1. Thermomètre à résistance étalon	7
2. Thermocouple étalon	7
3. Pression	7
4. Point triple de l'eau	8
5. Point triple, point 17,042 K et point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre ...	9
6. Point d'ébullition du néon	9
7. Point triple de l'argon	9
8. Point triple et point de rosée de l'oxygène	9
9. Point d'ébullition de l'eau	10
10. Points de congélation de l'étain et du zinc	10
11. Points de congélation de l'argent et de l'or	10
12. Températures de référence secondaires	10
ANNEXE. <i>Historique de la mise au point des Échelles Internationales de Température</i>	11
TABLEAU I. Points fixes de définition de l'E.I.P.T.-68	14
TABLEAU II. Coefficients a_j de la fonction de référence pour les thermomètres à résistance de platine dans le domaine compris entre 13,81 K et 273,15 K	15
TABLEAU III. Valeurs de $W_{\text{CCT-68}}(T_{68})$, selon l'équation (5), pour des valeurs entières de T_{68}	16
TABLEAU IV. Valeurs de $W_{\text{CCT-68}}(T_{68})$, selon les données portées au tableau II, aux températures des points fixes	17
TABLEAU V. Influence de la pression sur les températures de quelques points fixes de définition et points de référence secondaires	17
TABLEAU VI. Points de référence secondaires	18
TABLEAU VII. Différences approximatives ($t_{68} - t_{48}$), en kelvins	21

I. Introduction

L'unité de la grandeur physique de base appelée température thermodynamique, symbole T , est le kelvin, symbole K, défini comme la fraction $1/273,16$ de la température thermodynamique du point triple de l'eau ⁽¹⁾.

Pour des raisons historiques, liées à la façon dont les échelles de température ont été définies à l'origine, il est courant d'exprimer une température par la différence entre cette température et celle de l'état thermique inférieur de 0,01 kelvin au point triple de l'eau. Une température thermodynamique T , exprimée de cette façon, est appelée température Celsius, symbole t , définie par

$$(1) \quad t = T - 273,15 \text{ K.}$$

L'unité de température Celsius est le degré Celsius, symbole °C, qui est par définition égal en grandeur au kelvin. On peut exprimer une différence de température en kelvins ou en degrés Celsius.

L'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 (E.I.P.T.-68) a été conçue de telle façon que toute température mesurée dans cette Échelle soit une étroite approximation de la température thermodynamique numériquement correspondante. De plus, les mesures dans cette Échelle sont plus faciles et sont très reproductibles, tandis que les mesures directes de températures thermodynamiques sont à la fois difficiles et imprécises.

L'E.I.P.T.-68 utilise à la fois les Températures Kelvin Internationales Pratiques, symbole T_{68} , et les Températures Celsius Internationales Pratiques, symbole t_{68} . La relation entre T_{68} et t_{68} est la même que celle qui existe entre T et t , c'est-à-dire

$$(2) \quad t_{68} = T_{68} - 273,15 \text{ K.}$$

Les unités de T_{68} et t_{68} sont le kelvin, symbole K, et le degré Celsius, symbole °C, c'est-à-dire que les noms des unités sont les mêmes que ceux qui sont utilisés pour la température thermodynamique T et la température Celsius t .

L'E.I.P.T.-68 a été adoptée par le Comité International des Poids et Mesures à sa session de 1968 conformément aux pouvoirs qui lui avaient été donnés par la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures (Résolution 8). Cette Échelle a remplacé l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1948 (édition amendée de 1960).

II. Définition de l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 (E.I.P.T.-68) ⁽²⁾

1. Principe de l'E.I.P.T.-68 et points fixes de définition

L'E.I.P.T.-68 est fondée sur les valeurs des températures assignées à un certain nombre d'états d'équilibre reproductibles (points fixes de définition)

⁽¹⁾ *Comptes rendus des Séances de la 13^e Conférence Générale des Poids et Mesures (1967-1968)*, Résolutions 3 et 4, p. 104.

⁽²⁾ Dans ce document, on emploie en général les températures Kelvin au-dessous de 0 °C et les températures Celsius au-dessus de 0 °C. Cela permet d'éviter l'emploi de valeurs négatives et est conforme à l'usage général.

et sur des instruments spécifiés étalonnés à ces températures. Ces états d'équilibre et les valeurs de la Température Internationale Pratique qui leur sont assignées sont donnés au Tableau I (p. A 14). L'interpolation entre les températures des points fixes est réalisée au moyen de formules servant à établir la relation entre les indications de ces instruments et les valeurs de la Température Internationale Pratique.

Entre 13,81 K et 630,74 °C, c'est le thermomètre à résistance de platine qui est employé comme instrument étalon. L'élément résistant du thermomètre doit être en platine pur, recuit, exempt de toute contrainte. Sa résistance réduite $W(T_{68})$, définie par

$$(3) \quad W(T_{68}) = R(T_{68})/R(273,15 \text{ K})$$

où R est la résistance, ne doit pas être inférieure à 1,392 50 à $T_{68} = 373,15 \text{ K}$. Au-dessous de 0 °C, la relation résistance-température du thermomètre est obtenue à l'aide d'une fonction de référence et de fonctions écarts spécifiées. Entre 0 °C et 630,74 °C, deux polynômes fournissent la relation résistance-température.

Entre 630,74 °C et 1 064,43 °C, l'instrument étalon est le thermocouple platine rhodié (10 % de rhodium)/platine, dont la relation force électromotrice-température est représentée par une équation du second degré.

Au-dessus de 1 064,43 °C, on définit la Température Internationale Pratique de 1968 au moyen de la loi du rayonnement de Planck avec 1 064,43 °C (1 337,58 K) comme température de référence et 0,014 388 mètre·kelvin comme valeur de c_2 .

2. Définition de la Température Internationale Pratique de 1968 dans les différents domaines de température

a. Domaine de 13,81 K à 273,15 K

Entre 13,81 K et 273,15 K, la température T_{68} est définie par la relation

$$(4) \quad W(T_{68}) = W_{\text{CCT-68}}(T_{68}) + \Delta W_i(T_{68}),$$

où $W_{\text{CCT-68}}(T_{68})$ est la résistance réduite donnée par la fonction de référence (3)

$$(5) \quad T_{68} = \sum_{j=0}^{20} a_j \left(\frac{\ln W_{\text{CCT-68}}(T_{68}) + 3,28}{3,28} \right)^j \text{ K.}$$

Les coefficients a_j de cette fonction de référence sont donnés au Tableau II (p. A 15). Les écarts $\Delta W_i(T_{68})$ aux températures des points fixes de définition sont obtenus à partir des valeurs mesurées de $W(T_{68})$ et des valeurs correspondantes de $W_{\text{CCT-68}}(T_{68})$ (voir Tableau IV, p. A 17). Pour trouver $\Delta W_i(T_{68})$ aux températures intermédiaires, on emploie des formules d'interpolation. L'intervalle entre 13,81 K et 273,15 K est divisé en quatre régions; dans chacune d'elles $\Delta W_i(T_{68})$ est défini par un polynôme en T_{68} , dont les coefficients sont déterminés d'après les valeurs de $\Delta W_i(T_{68})$ aux points fixes et par la condition qu'il n'y ait pas de

(3) L'équation (5) est, mise sous une autre forme, l'équation (22) de la version originale de l'E.I.P.T.-68. Les valeurs de T_{68} calculées à partir de ces deux formules sont pratiquement égales (à mieux que $\pm 10 \mu\text{K}$); l'ancienne fonction de référence peut aussi être employée.

discontinuité de $d\Delta W_i(T_{68})/dT_{68}$ au passage d'une région à la région voisine (4).

Entre 13,81 K et 20,28 K, la fonction écart est

$$(6) \quad \Delta W_1(T_{68}) = A_1 + B_1 T_{68} + C_1 T_{68}^2 + D_1 T_{68}^3.$$

Les coefficients de cette fonction sont déterminés d'après les écarts mesurés au point triple de l'hydrogène en équilibre, à la température de 17,042 K et au point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre et d'après la dérivée première de la fonction écart au point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre, telle qu'elle résulte de l'équation (7).

Entre 20,28 K et 54,361 K, la fonction écart est

$$(7) \quad \Delta W_2(T_{68}) = A_2 + B_2 T_{68} + C_2 T_{68}^2 + D_2 T_{68}^3.$$

Les coefficients de cette fonction sont déterminés d'après les écarts mesurés au point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre, au point d'ébullition du néon et au point triple de l'oxygène et d'après la dérivée première de la fonction écart au point triple de l'oxygène, telle qu'elle résulte de l'équation (8).

Entre 54,361 K et 90,188 K, la fonction écart est

$$(8) \quad \Delta W_3(T_{68}) = A_3 + B_3 T_{68} + C_3 T_{68}^2.$$

Les coefficients de cette fonction sont déterminés d'après les écarts mesurés au point triple et au point de rosée de l'oxygène (ou au point triple de l'argon, voir note (d) au Tableau I) et d'après la dérivée première de la fonction écart au point de rosée de l'oxygène, telle qu'elle résulte de l'équation (9).

Entre 90,188 K et 273,15 K, la fonction écart est

$$(9) \quad \Delta W_4(T_{68}) = b_4(T_{68} - 273,15 \text{ K}) + c_4(T_{68} - 273,15 \text{ K})^3 (T_{68} - 373,15 \text{ K}).$$

Les coefficients de cette fonction sont déterminés d'après les écarts mesurés au point de rosée de l'oxygène (ou au point triple de l'argon, voir note (d) au Tableau I) et au point d'ébullition de l'eau (5).

b. *Domaine de 0 °C (273,15 K) à 630,74 °C*

Entre 0 °C et 630,74 °C, la température t_{68} est définie par la relation

$$(10) \quad t_{68} = t' + 0,045 \left(\frac{t'}{100 \text{ °C}} \right) \left(\frac{t'}{100 \text{ °C}} - 1 \right) \left(\frac{t'}{419,58 \text{ °C}} - 1 \right) \left(\frac{t'}{630,74 \text{ °C}} - 1 \right) \text{ °C},$$

dans laquelle t' est défini par l'équation

$$(11a) \quad t' = \left\{ \frac{1}{\alpha} [W(t') - 1] + \delta \left(\frac{t'}{100 \text{ °C}} \right) \left(\frac{t'}{100 \text{ °C}} - 1 \right) \right\} \text{ °C},$$

avec $W(t') = \frac{R(t')}{R(0 \text{ °C})}$. Les constantes $R(0 \text{ °C})$, α et δ sont déterminées d'après

(4) En fait, $d^2\Delta W_i(T_{68})/dT_{68}^2$ présente de petites discontinuités aux points de raccordement entre les diverses régions à 20,28 K, 54,361 K et 90,188 K; ces discontinuités sont si faibles que les deux premières (à 20,28 K et 54,361 K) ne sont pas décelables et que la troisième (à 90,188 K) est à peine décelable dans les mesures les plus précises des grandeurs thermophysiques.

(5) Si l'on emploie le point de congélation de l'étain (voir note (e) au Tableau I) comme point fixe au lieu du point d'ébullition de l'eau, on doit calculer $W(100 \text{ °C})$ pour le thermomètre à résistance de platine d'après les équations (10) et (11).

des mesures de la résistance au point triple de l'eau, au point d'ébullition de l'eau (ou au point de congélation de l'étain, voir la note (c) au Tableau I) et au point de congélation du zinc.

L'équation (11a) est équivalente à l'équation

$$(11b) \quad W(t') = 1 + At' + Bt'^2,$$

dans laquelle $A = \alpha(1 + \delta/100 \text{ } ^\circ\text{C})$ et $B = -10^{-4}\alpha\delta \text{ } ^\circ\text{C}^{-2}$.

c. *Domaine de 630,74 °C à 1 064,43 °C*

Entre 630,74 °C et 1 064,43 °C, la température t_{68} est définie par l'équation

$$(12) \quad E(t_{68}) = a + bt_{68} + ct_{68}^2,$$

dans laquelle $E(t_{68})$ est la force électromotrice d'un thermocouple étalon platine rhodié (10 % de rhodium)/platine, quand une soudure est à 0 °C et l'autre à la température t_{68} . Les coefficients a , b et c sont calculés d'après les valeurs de $E(t_{68})$ à 630,74 °C \pm 0,2 °C (température déterminée au moyen d'un thermomètre à résistance de platine) et aux points de congélation de l'argent ($t_{68}(\text{Ag})$) et de l'or ($t_{68}(\text{Au})$).

La pureté du fil de platine du thermocouple étalon doit être telle que la résistance réduite $W(100 \text{ } ^\circ\text{C})$ ne soit pas inférieure à 1,392 0. Le fil de platine rhodié doit contenir nominalelement en masse 10 % de rhodium et 90 % de platine. Le thermocouple doit être tel que les forces électromotrices $E(630,74 \text{ } ^\circ\text{C})$, $E(t_{68}(\text{Ag}))$ et $E(t_{68}(\text{Au}))$ satisfassent aux relations suivantes :

$$(13) \quad E(t_{68}(\text{Au})) = 10\,334 \text{ } \mu\text{V} \pm 30 \text{ } \mu\text{V}$$

$$(14) \quad E(t_{68}(\text{Au})) - E(t_{68}(\text{Ag})) = 1\,186 \text{ } \mu\text{V} - 0,17 [E(t_{68}(\text{Au})) - 10\,334 \text{ } \mu\text{V}] \pm 3 \text{ } \mu\text{V}$$

$$(15) \quad E(t_{68}(\text{Au})) - E(630,74 \text{ } ^\circ\text{C}) = 4\,782 \text{ } \mu\text{V} + 0,63 [E(t_{68}(\text{Au})) - 10\,334 \text{ } \mu\text{V}] \pm 5 \text{ } \mu\text{V}.$$

d. *Domaine des températures supérieures à 1 064,43 °C*

Au-dessus de 1 064,43 °C (1 337,58 K), la température t_{68} ($= T_{68} - 273,15 \text{ K}$) est définie par l'équation

$$(16) \quad \frac{L_\lambda(T_{68})}{L_\lambda(T_{68}(\text{Au}))} = \frac{\exp\left[\frac{c_2}{\lambda T_{68}(\text{Au})}\right] - 1}{\exp\left[\frac{c_2}{\lambda T_{68}}\right] - 1},$$

dans laquelle $L_\lambda(T_{68})$ et $L_\lambda(T_{68}(\text{Au}))$ sont les densités spectrales de la luminance énergétique du rayonnement d'un corps noir à la longueur d'onde dans le vide λ , respectivement à la température T_{68} et à celle du point de congélation de l'or, $T_{68}(\text{Au})$; $c_2 = 0,014\,388 \text{ m}\cdot\text{K}$.

En pratique, il n'est pas nécessaire de spécifier la valeur de la longueur d'onde à employer dans les mesures, car $T_{68}(\text{Au})$ est suffisamment proche de la température thermodynamique du point de congélation de l'or et la valeur attribuée à c_2 est suffisamment proche de la valeur vraie de la seconde constante de rayonnement de l'équation de Planck pour que toute influence de la longueur d'onde sur T_{68} soit négligeable.

III. Renseignements complémentaires

Les appareils, les méthodes et les modes opératoires décrits dans ce chapitre sont représentatifs d'une bonne pratique à l'époque actuelle.

1. *Thermomètre à résistance étalon*

Un thermomètre à résistance de platine construit et utilisé de la manière suivante présentera une stabilité convenable et fournira une échelle de température hautement reproductible.

L'élément sensible du thermomètre doit être une résistance à quatre bornes, en fil de platine, montée sans contrainte à l'intérieur d'un tube hermétiquement scellé. Un court tronçon de chaque conducteur aboutissant à l'élément résistant doit être en platine, afin d'éviter toute contamination et tout échauffement par effet Peltier. Les autres matériaux proches de l'élément résistant doivent être choisis de façon à réduire la contamination du platine. On devra remplir le tube scellé avec un gaz sec contenant suffisamment d'oxygène pour stabiliser les impuretés présentes sous forme d'oxydes.

L'élément résistant doit être recuit à une température supérieure à la température maximale prévue pour le fonctionnement du thermomètre et en tout cas au moins égale à 450 °C. Ainsi, on supprime la plupart des défauts du réseau cristallin et on stabilise l'état des impuretés chimiques dans le fil de platine. Il se peut que d'autres défauts soient introduits lors de l'utilisation du thermomètre, à cause de chocs mécaniques ou d'un refroidissement rapide (trempe) à partir de températures supérieures à 450 °C; ces défauts pourront être supprimés par un nouveau recuit.

Il est important que le thermomètre soit construit et utilisé de façon à réduire les erreurs dues aux fuites électriques dans les isolateurs, aux fuites thermiques par rayonnement et conduction et aux effets d'échauffement par le courant de mesure.

Un critère utile pour juger de la fiabilité d'un thermomètre est la constance de sa résistance et de sa résistance réduite, à des températures de référence choisies. La résistance au point triple de l'eau d'un thermomètre étalon doit varier de moins de l'équivalent de 1 mK (à 0 °C) par heure de fonctionnement au-dessus de 200 °C et de moins d'un quart de cette valeur au-dessous de 0 °C.

2. *Thermocouple étalon*

On fabrique des thermocouples étalons satisfaisants avec des fils d'un diamètre uniforme compris entre 0,35 et 0,65 mm. Les fils du thermocouple doivent être complètement recuits avant usage. A cette fin, il est nécessaire de chauffer le fil de platine à une température d'au moins 1 100 °C et le fil de platine rhodié à 1 450 °C. Si le recuit est effectué avant que les fils soient montés sur leurs isolateurs, le thermocouple achevé doit être à nouveau chauffé à une température d'au moins 1 100 °C jusqu'à ce que sa force électromotrice se soit stabilisée et que les défauts locaux d'homogénéité produits par les contraintes aient disparu. Lorsqu'un tel processus de recuit a été suivi, on obtient les limites de $\pm 3 \mu\text{V}$ et $\pm 5 \mu\text{V}$ données dans les équations (14) et (15) respectivement pour les différences

$$E(t_{68}(\text{Au})) - E(t_{68}(\text{Ag})) \quad \text{et} \quad E(t_{68}(\text{Au})) - E(630,74 \text{ °C}).$$

Toutefois, dans l'usage courant, ces précautions peuvent ne pas assurer une exactitude meilleure que $\pm 0,2 \text{ °C}$ à cause des modifications incessantes des inhomogénéités chimiques et physiques des fils dans les régions où existent des gradients de température.

3. *Pression*

On peut mesurer les pressions avec suffisamment d'exactitude soit avec une balance de pression, soit au moyen d'une colonne de mercure. La masse volumique

moyenne du mercure pur à t_{68} dans une colonne barométrique qui équilibre la pression p mesurée est donnée avec une exactitude suffisante, dans le domaine de température compris entre 0 °C et 40 °C et pour les pressions qui se rapportent à ces mesures, par la relation :

$$(17) \varrho\left(t_{68}, \frac{p}{2}\right) = \frac{\varrho(20\text{ °C}, p_0)}{[1 + A(t_{68} - 20\text{ °C}) + B(t_{68} - 20\text{ °C})^2] \times \left[1 - \chi\left(\frac{p}{2} - p_0\right)\right]}$$

où $A = 18\,115 \times 10^{-8} \text{ °C}^{-1}$

$B = 0,8 \times 10^{-8} \text{ °C}^{-2}$

$\chi = 4 \times 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}$;

$\varrho(20\text{ °C}, p_0) = 13\,545,87 \text{ kg/m}^3$ est la masse volumique du mercure pur à $t_{68} = 20\text{ °C}$ sous la pression $p_0 = 101\,325 \text{ Pa}$ (1 atmosphère normale).

On peut obtenir une valeur suffisamment exacte de l'accélération locale due à la pesanteur en se servant du Réseau Gravimétrique International Unifié 1971 (IGSN-71) de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale ⁽⁶⁾.

Les pressions hydrostatiques à l'intérieur des enceintes à point fixe ont une influence, faible mais significative, sur la température (voir Tableau V, p. A 17).

4. Point triple de l'eau

On peut réaliser la température du point triple de l'eau dans des ampoules de verre scellées contenant seulement de l'eau d'une grande pureté, dont la composition isotopique est essentiellement celle de l'eau des océans. A une profondeur h au-dessous de la surface liquide-vapeur, la température d'équilibre t_{68} entre la glace et l'eau liquide est donnée par

$$(18) \quad t_{68} = A + Bh$$

où $A = 0,01\text{ °C}$ et $B = -7 \times 10^{-4} \text{ m}^{-1} \text{ °C}$. La méthode recommandée pour la préparation d'une cellule à point triple consiste à former une épaisse couche de glace autour du puits du thermomètre en refroidissant de l'intérieur, puis à faire fondre une partie suffisante de cette couche de glace, également à partir de l'intérieur, pour produire une nouvelle surface de contact eau-glace au voisinage du puits. Au cours des premières heures qui suivent la préparation de la cellule, la température mesurée dans le puits du thermomètre s'élève assez rapidement de quelques dix-millièmes de kelvin pour se stabiliser après un à trois jours. On doit protéger la cellule du rayonnement. Une cellule préparée de cette façon et conservée dans un bain de glace est capable de maintenir une température constante à 0,1 mK près pendant plusieurs mois. Les différences entre les températures de cellules convenablement construites, de provenances diverses, ne doivent pas dépasser 0,2 mK.

Les variations de la composition isotopique de l'eau naturelle sont telles qu'elles entraînent des différences décelables dans la température du point triple. L'eau des océans contient environ 0,16 mmol de ^2H par mole de ^1H et 0,4 mmol de ^{17}O et 2 mmol de ^{18}O par mole de ^{16}O . Cette proportion d'isotopes lourds est pratiquement la plus élevée que l'on trouve dans l'eau naturelle. Les eaux continentales superficielles contiennent normalement environ 0,15 mmol de ^2H par mole de ^1H ; l'eau provenant des neiges polaires ne contient parfois que 0,1 mmol de ^2H par mole de ^1H .

Les opérations de purification de l'eau peuvent modifier légèrement sa composition isotopique, et la composition isotopique à une surface de contact eau-glace dépend quelque peu de la technique de congélation.

⁽⁶⁾ *Procès-Verbaux C. I. P. M.*, **40**, 1972. p. 29. Recommandation 2 (CI-1972).

Une augmentation de 10 μmol de ^2H par mole de ^1H correspond à une augmentation de la température du point triple de 40 μK ; c'est la différence entre les températures des points triples obtenus avec l'eau des océans et avec l'eau que l'on trouve normalement à la surface des continents. La plus grande différence entre les températures du point triple des eaux naturelles est 0,25 mK.

5. Point triple, point 17,042 K et point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre

L'hydrogène a deux variétés moléculaires, désignées par les préfixes *ortho* et *para*. La composition du mélange ortho-para en équilibre dépend de la température. A la température ambiante elle est de 75 % d'orthohydrogène et de 25 % de parahydrogène (« hydrogène normal »). Lors de la liquéfaction, la composition change lentement avec le temps et il y a des changements correspondants dans les propriétés physiques. Au point d'ébullition, la composition d'équilibre est de 0,21 % d'orthohydrogène et de 99,79 % de parahydrogène et la température est plus basse que celle de l'hydrogène normal d'environ 0,12 K. L'expression « hydrogène en équilibre » signifie dans ce document que l'hydrogène a sa composition ortho-para d'équilibre à la température considérée. Afin d'éviter dans la réalisation de ces points fixes des erreurs dues à une composition indéterminée, il est conseillé qu'un catalyseur tel que l'hydroxyde ferrique activé soit présent en permanence pour maintenir la composition d'équilibre de l'hydrogène.

Par suite du fractionnement des isotopes, il y a une différence d'environ 0,4 mK entre le point de rosée (fraction liquide infiniment petite) et le point d'ébullition (fraction vapeur infiniment petite) de l'hydrogène en équilibre. La composition isotopique normale de l'hydrogène est 0,15 mmol de ^2H par mole de ^1H .

Pour le domaine de 13,81 K à 23 K, l'équation suivante donne la température T_{68} en fonction de la tension de vapeur de l'hydrogène en équilibre, avec une exactitude de quelques millikelvins

$$(19) \quad \lg \frac{p}{p_0} = A + \frac{B}{T_{68}} + CT_{68} + DT_{68}^2$$

où

$A = 1,711\ 466$	$B = -44,010\ 46\ \text{K}$
$C = 0,023\ 590\ 9\ \text{K}^{-1}$	$D = -0,000\ 048\ 017\ \text{K}^{-2}$

6. Point d'ébullition du néon

La composition isotopique normale du néon est de 2,7 mmol de ^{21}Ne et 92 mmol de ^{22}Ne pour 0,905 mole de ^{20}Ne . Comme pour l'hydrogène, il y a une différence d'environ 0,4 mK entre le point de rosée et le point d'ébullition du néon normal.

Pour le domaine de 27 K à 27,2 K, l'équation suivante donne la température T_{68} en fonction de la tension de vapeur du néon, avec une exactitude de $\pm 0,2$ mK

$$(20) \quad T_{68} = \left[27,102 + 3,314\ 4 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right) - 1,24 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^2 + 0,74 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^3 \right] \text{K.}$$

7. Point triple de l'argon

Des impuretés telles que N_2 , CO , O_2 et CH_4 , dans la proportion de 1×10^{-6} , modifient la température d'équilibre de quantités atteignant $-30\ \mu\text{K}$.

8. Point triple et point de rosée de l'oxygène

On préfère dans ce cas le point de rosée au point d'ébullition parce que le premier est relativement indépendant du taux de contamination en substances volatiles.

Il faut prendre grand soin d'éviter la contamination par l'argon, car celle-ci peut abaisser le point de rosée sans modifier de façon appréciable la différence

de température entre le point de rosée et le point d'ébullition, différence que l'on utilise généralement comme une indication approximative du taux d'impuretés.

Pour le domaine de 90,1 K à 90,3 K, l'équation suivante donne la température T_{68} en fonction de la tension de vapeur de l'oxygène, avec une exactitude de $\pm 0,1$ mK

$$(21) \quad T_{68} = \left[90,188 + 9,5648 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right) - 3,69 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^2 + 2,22 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^3 \right] \text{K.}$$

9. Point d'ébullition de l'eau

Pour le domaine de 99,9 °C à 100,1 °C, l'équation suivante donne la température t_{68} en fonction de la tension de vapeur de l'eau, avec une exactitude de $\pm 0,1$ mK

$$(22) \quad t_{68} = \left[100 + 28,0216 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right) - 11,642 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^2 + 7,1 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^3 \right] \text{°C.}$$

La composition isotopique doit être celle de l'eau des océans. Une modification de la proportion de ^2H dans l'eau entraîne une modification de la température du point d'ébullition de l'eau dans le même sens que pour la température du point triple, mais environ trois fois plus faible.

10. Points de congélation de l'étain et du zinc

On peut réaliser des températures très reproductibles en observant le palier de la courbe de la température en fonction du temps pendant la congélation lente de métaux très purs.

Dans la détermination des points de congélation, on procède de façon à être sûr que l'élément sensible du thermomètre se trouve en contact aussi étroit que possible et en équilibre thermique avec une surface de contact solide-liquide; peu après le début de la formation de cristaux (germination) il doit y avoir soit une enveloppe solide complète s'épaississant à partir de la paroi du creuset, soit un manchon solide complet se formant sur le puits du thermomètre.

La température d'équilibre entre le métal solide et liquide varie légèrement avec la pression. Les grandeurs de ces variations sont données au Tableau V (p. A 17).

11. Points de congélation de l'argent et de l'or

On peut réaliser les températures d'équilibre entre les phases solide et liquide de l'argent et de l'or dans des creusets fermés en graphite artificiel très pur, en matière céramique ou en silice vitreuse. Le point de congélation de l'argent est abaissé par des quantités relativement petites d'oxygène qui peuvent se dissoudre dans la phase liquide. Par conséquent, une atmosphère inerte ou réductrice doit entourer l'argent en fusion.

12. Températures de référence secondaires

En plus des points fixes de définition de l'E.I.P.T.-68 donnés au Tableau I, on dispose d'autres températures de référence. Certaines sont données au Tableau VI (p. A 18).

ANNEXE

Historique de la mise au point des Échelles Internationales de Température

En 1927, on a adopté l'Échelle Internationale de Température pour surmonter les difficultés pratiques de la réalisation directe des températures thermodynamiques par la thermométrie à gaz et pour unifier les échelles nationales de température existantes. C'est la 7^e Conférence Générale des Poids et Mesures qui a introduit cette Échelle dans le but de fournir une échelle pratique de température, reproductible avec facilité et avec précision et aussi proche que possible de la température thermodynamique telle qu'on pouvait la déterminer à l'époque.

L'Échelle Internationale de Température de 1927 a été révisée en 1948. Les procédés expérimentaux de réalisation de l'Échelle Internationale de Température demeuraient à peu près les mêmes, mais on apportait à la définition de l'Échelle deux modifications entraînant des changements appréciables dans les valeurs numériques assignées aux températures mesurées. Le changement de la valeur de la température du point de congélation de l'argent de 960,5 °C à 960,8 °C modifiait les températures mesurées avec le thermocouple étalon (domaine de 630 °C à 1 063 °C); la différence maximale était d'environ 0,4 K vers 800 °C. L'adoption de la valeur 0,014 38 m·K, au lieu de 0,014 32 m·K, pour la constante de rayonnement c_2 modifiait toutes les températures supérieures au point de congélation de l'or, tandis que l'emploi de la formule du rayonnement de Planck, à la place de la formule de Wien, affectait les températures très élevées. Les températures supérieures au point de congélation de l'or étaient diminuées, par exemple de 2,2 K à 1 500 °C et de 6 K à 2 000 °C. Outre l'approbation de cette révision de 1948 de l'Échelle Internationale de Température, la 9^e Conférence Générale des Poids et Mesures décida, afin d'assurer l'uniformité internationale de la nomenclature, d'abandonner le mot « centigrade » et son équivalent « centésimal » en faveur du mot « Celsius ». Ainsi le symbole °C prit dès lors la signification « degré Celsius ».

La 11^e Conférence Générale des Poids et Mesures adopta une version modifiée de l'Échelle de 1948 sous le nouveau titre « Échelle Internationale Pratique de Température de 1948 (édition amendée de 1960) », le titre abrégé devenant E.I.P.T.-48. Toutes les valeurs numériques des températures restaient les mêmes qu'en 1948. La nouvelle édition comportait la nouvelle définition du kelvin (alors degré Kelvin). On a également reconnu à cette époque que l'E.I.P.T. ne représentait plus les températures thermodynamiques aussi étroitement que possible et le texte comportait un chapitre sur les différences.

L'E.I.P.T.-68 a été conçue pour ramener ces différences dans les limites de l'exactitude avec laquelle on connaissait alors (1967) les températures thermodynamiques et pour étendre l'Échelle vers les basses températures.

L'E.I.P.T.-68 diffère de l'E.I.P.T.-48 par les points suivants. La limite inférieure de l'Échelle est maintenant 13,81 K au lieu de 90,18 K. Les valeurs assignées à un certain nombre de points fixes de définition ont été modifiées, les seuls points demeurant numériquement inchangés par rapport à l'E.I.P.T.-48 étant le point triple de l'eau, qui est fixé de façon permanente par définition, et le point d'ébullition de l'eau. Les instruments étalons demeurent les mêmes qu'auparavant, mais le thermomètre à résistance de platine doit maintenant avoir une résistance réduite $W(100\text{ °C})$ d'au moins 1,392 5 au lieu de 1,392 0. Dans le domaine de température compris entre 90,188 K et 273,15 K, on ne se sert plus, pour l'interpolation, de l'équation de Callendar-Van Dusen; à sa place, on emploie la fonction de référence $W_{\text{CCT-68}}(T_{\text{68}})$. Au-dessus de 0 °C, l'équation de Callendar a été modifiée de telle sorte que les valeurs interpolées de la température soient plus étroitement conformes aux valeurs de la température thermodynamique. Enfin, on a introduit une valeur plus exacte de c_2 , soit 0,014 388 m·K, dans l'équation de Planck pour déterminer les températures supérieures au point de congélation de l'or. Les conséquences de tous ces changements sont résumées au Tableau VII (p. A 21).

Dans le domaine de 13,81 K à 90,188 K, l'E.I.P.T.-68 est fondée sur la moyenne de quatre « échelles nationales » et sur les « meilleures » températures choisies pour les points fixes de définition. Ces échelles nationales sont chacune définies au moyen de thermomètres à résistance de platine étalonnés d'après le thermomètre à gaz et sont très bien reproductibles.

Les différences entre l'E.I.P.T.-68 et les échelles nationales sont publiées dans *Metrologia*, 5, N° 2, 1969, p. 47.

Le texte actuel est une version amendée du texte de 1968 de l'E.I.P.T.-68. Les valeurs attribuées aux points fixes de définition et les méthodes d'interpolation demeurent inchangées. Mises à part quelques améliorations mineures de rédaction, le texte actuel diffère du texte de 1968 sur les points suivants :

Le point triple de l'argon a été introduit comme possibilité de remplacement du point d'ébullition de l'oxygène.

La fonction de référence $W_{\text{CCT-68}}$, pour le domaine au-dessous de 0 °C, est donnée sous une forme améliorée [équation (5) qui remplace l'équation (22) du texte de 1968]. Les valeurs de T_{68} déduites des deux équations sont pratiquement identiques (à $\pm 10\ \mu\text{K}$ près) et l'on peut encore utiliser la formulation du texte de 1968.

On a changé les critères de sélection des thermocouples [équations (13) à (15) dans le texte actuel].

On a éliminé quelques contradictions et quelques imperfections dans les renseignements complémentaires (chapitre III) et on y a ajouté certains autres renseignements.

On a modifié les valeurs de quelques points de référence secondaires (Tableau VI, p. A 18).

On a supprimé le tableau qui, dans la version originale de l'E.I.P.T.-68, donnait les incertitudes estimées sur les valeurs assignées aux points fixes de définition par rapport à leur température thermodynamique. Ces incertitudes avaient été évaluées sur la base des meilleures données dont on disposait au moment où l'E.I.P.T.-68 a été élaborée. Depuis lors, de nouveaux travaux ont montré que l'E.I.P.T.-68 s'écarte vraisemblablement de la température thermodynamique, au-dessus de 0,01 °C, à la fois aux points fixes de définition et entre ces points, de quantités supérieures aux incertitudes indiquées. Des estimations

révisées de ces incertitudes seront donc publiées de temps en temps par le Comité Consultatif de Thermométrie (C.C.T.).

Un certain nombre de mesures récentes indiquent que les températures T_{58} et T_{62} , données respectivement par l'« Échelle ^4He 1958 » et l'« Échelle ^3He 1962 », diffèrent notablement des températures thermodynamiques correspondantes. On a par conséquent supprimé le texte par lequel on recommandait l'utilisation de ces échelles pour les basses températures. On pense que le C.C.T. recommandera pour les basses températures l'emploi d'autres échelles qui seront publiées dans *Metrologia*.

TABLEAU I

Points fixes de définition de l'E.I.P.T.-68 ()*

État d'équilibre	Valeur assignée de la Température Internationale Pratique	
	$T_{68}(\text{K})$	$t_{68}(^{\circ}\text{C})$
Équilibre entre les phases solide, liquide et vapeur de l'hydrogène en équilibre (point triple de l'hydrogène en équilibre) ^(b)	13,81	— 259,31
Équilibre entre les phases liquide et vapeur de l'hydrogène en équilibre à une pression de 33 330,6 Pa (25/76 atmosphère normale) ^(b, c)	17,042	— 256,108
Équilibre entre les phases liquide et vapeur de l'hydrogène en équilibre (point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre) ^(b, c)	20,28	— 252,87
Équilibre entre les phases liquide et vapeur du néon (point d'ébullition du néon) ^(c)	27,102	— 246,048
Équilibre entre les phases solide, liquide et vapeur de l'oxygène (point triple de l'oxygène)	54,361	— 218,789
Équilibre entre les phases solide, liquide et vapeur de l'argon (point triple de l'argon) ^(d)	83,798	— 189,352
Équilibre entre les phases liquide et vapeur de l'oxygène (point de rosée de l'oxygène) ^(c, d)	90,188	— 182,962
Équilibre entre les phases solide, liquide et vapeur de l'eau (point triple de l'eau)	273,16	0,01
Équilibre entre les phases liquide et vapeur de l'eau (point d'ébullition de l'eau) ^(e)	373,15	100
Équilibre entre les phases solide et liquide de l'étain (point de congélation de l'étain) ^(e)	505,118 1	231,968 1
Équilibre entre les phases solide et liquide du zinc (point de congélation du zinc)	692,73	419,58
Équilibre entre les phases solide et liquide de l'argent (point de congélation de l'argent)	1 235,08	961,93
Équilibre entre les phases solide et liquide de l'or (point de congélation de l'or)	1 337,58	1 064,43

(*) Sauf pour les points triples et pour un point de l'hydrogène en équilibre (17,042 K), les valeurs assignées des températures le sont pour des états d'équilibre sous la pression $p_0 = 101\,325$ Pa (1 atmosphère normale). L'influence de petits écarts par rapport à cette pression est donnée au Tableau V. Dans les cas où une composition isotopique différente risque de modifier de façon significative la température du point fixe, on doit utiliser la composition spécifiée au chapitre III.

^(b) Le terme hydrogène en équilibre est défini au paragraphe III, 5.

^(c) Le fractionnement des isotopes ou des impuretés dicte l'emploi des points d'ébullition (fraction vapeur infiniment petite) pour l'hydrogène et le néon et du point de rosée (fraction liquide infiniment petite) pour l'oxygène (voir chapitre III).

^(d) On peut utiliser le point triple de l'argon à la place du point de rosée de l'oxygène.

^(e) Le point de congélation de l'étain [$t' = 231,929\,2$ °C, voir équation (10)] peut être utilisé à la place du point d'ébullition de l'eau.

TABLEAU II

*Coefficients a_j de la fonction de référence pour les thermomètres
à résistance de platine dans le domaine compris entre 13,81 K et 273,15 K*

j	a_j	j	a_j
0	38,592 76	10	239,502 85
1	43,448 37	11	524,649 44
2	39,108 87	12	— 319,799 81
3	38,693 52	13	— 787,606 86
4	32,568 83	14	179,547 82
5	24,701 58	15	700,428 32
6	53,038 28	16	29,486 66
7	77,357 67	17	— 335,243 78
8	— 95,751 03	18	— 77,256 60
9	— 223,528 92	19	66,762 92
		20	24,449 11

A $T_{68} = 373,15$ K, la valeur de $W_{\text{CCT-68}}(T_{68})$ est 1,392 596 68. A $T_{68} = 273,15$ K, la fonction de référence $W_{\text{CCT-68}}(T_{68})$, sa dérivée première et sa dérivée seconde ont respectivement les mêmes valeurs que la fonction $W(t_{68})$, définie par les équations (10) et (11) pour $\alpha = 3,925\,966\,8 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ et $\delta = 1,196\,331 \text{ } ^\circ\text{C}$, sa dérivée première et sa dérivée seconde

On peut obtenir auprès du Bureau International des Poids et Mesures, F-92310 SÈVRES, France, une table de cette fonction de référence, suffisamment détaillée pour permettre une interpolation linéaire avec une exactitude de 0,1 mK. Un extrait de cette table est donné au Tableau III.

TABLEAU III
 Valeurs de $W_{\text{GCT-68}}(T_{68})$, selon l'équation (5),
 pour des valeurs entières de T_{68}

T_{68} K	$W_{\text{GCT-68}}(T_{68})$	T_{68} K	$W_{\text{GCT-68}}(T_{68})$	T_{68} K	$W_{\text{GCT-68}}(T_{68})$	T_{68} K	$W_{\text{GCT-68}}(T_{68})$
13	0,001 230 63						
14	0,001 459 74						
15	0,001 745 42	80	0,199 582 13	145	0,477 696 81	210	0,745 730 27
16	0,002 094 75	81	0,203 917 13	146	0,481 884 56	211	0,749 798 46
17	0,002 515 12	82	0,208 254 41	147	0,486 069 86	212	0,753 865 19
18	0,003 014 29	83	0,212 593 49	148	0,490 252 74	213	0,757 930 48
19	0,003 599 62	84	0,216 933 90	149	0,494 433 23	214	0,761 994 32
20	0,004 277 80	85	0,221 275 23	150	0,498 611 35	215	0,766 056 74
21	0,005 054 94	86	0,225 617 10	151	0,502 787 12	216	0,770 117 73
22	0,005 936 68	87	0,229 959 15	152	0,506 960 59	217	0,774 177 30
23	0,006 928 05	88	0,234 301 04	153	0,511 131 76	218	0,778 235 46
24	0,008 033 15	89	0,238 642 47	154	0,515 300 67	219	0,782 292 21
25	0,009 255 05	90	0,242 983 17	155	0,519 467 34	220	0,786 347 56
26	0,010 595 85	91	0,247 322 86	156	0,523 631 80	221	0,790 401 52
27	0,012 056 90	92	0,251 661 33	157	0,527 794 06	222	0,794 454 09
28	0,013 639 02	93	0,255 998 34	158	0,531 954 16	223	0,798 505 27
29	0,015 342 62	94	0,260 333 69	159	0,536 112 11	224	0,802 555 08
30	0,017 167 67	95	0,264 667 22	160	0,540 267 95	225	0,806 603 51
31	0,019 113 64	96	0,268 998 74	161	0,544 421 68	226	0,810 650 58
32	0,021 179 46	97	0,273 328 12	162	0,548 573 33	227	0,814 696 29
33	0,023 363 45	98	0,277 655 20	163	0,552 722 93	228	0,818 740 64
34	0,025 663 36	99	0,281 979 88	164	0,556 870 49	229	0,822 783 64
35	0,028 076 45	100	0,286 302 04	165	0,561 016 04	230	0,826 825 29
36	0,030 599 53	101	0,290 621 57	166	0,565 159 59	231	0,830 865 61
37	0,033 229 13	102	0,294 938 40	167	0,569 301 16	232	0,834 904 59
38	0,035 961 58	103	0,299 252 43	168	0,573 440 78	233	0,838 942 24
39	0,038 793 05	104	0,303 563 60	169	0,577 578 46	234	0,842 978 57
40	0,041 719 69	105	0,307 871 85	170	0,581 714 21	235	0,847 013 57
41	0,044 737 61	106	0,312 177 13	171	0,585 848 06	236	0,851 047 26
42	0,047 842 92	107	0,316 479 38	172	0,589 980 02	237	0,855 079 64
43	0,051 031 77	108	0,320 778 58	173	0,594 110 12	238	0,859 110 71
44	0,054 300 35	109	0,325 074 68	174	0,598 238 36	239	0,863 140 48
45	0,057 644 87	110	0,329 367 66	175	0,602 364 76	240	0,867 168 95
46	0,061 061 59	111	0,333 657 50	176	0,606 489 34	241	0,871 196 12
47	0,064 546 82	112	0,337 944 18	177	0,610 612 12	242	0,875 222 01
48	0,068 096 93	113	0,342 227 69	178	0,614 733 10	243	0,879 246 61
49	0,071 708 34	114	0,346 508 02	179	0,618 852 30	244	0,883 269 93
50	0,075 377 58	115	0,350 785 17	180	0,622 969 74	245	0,887 291 97
51	0,079 101 22	116	0,355 059 14	181	0,627 085 43	246	0,891 312 73
52	0,082 875 95	117	0,359 329 93	182	0,631 199 38	247	0,895 332 23
53	0,086 698 57	118	0,363 597 55	183	0,635 311 61	248	0,899 350 46
54	0,090 565 98	119	0,367 862 01	184	0,639 422 13	249	0,903 367 42
55	0,094 475 19	120	0,372 123 32	185	0,643 530 95	250	0,907 383 13
56	0,098 423 37	121	0,376 381 49	186	0,647 638 08	251	0,911 397 57
57	0,102 407 77	122	0,380 636 54	187	0,651 743 54	252	0,915 410 77
58	0,106 425 83	123	0,384 888 49	188	0,655 847 33	253	0,919 422 71
59	0,110 475 06	124	0,389 137 36	189	0,659 949 47	254	0,923 433 40
60	0,114 553 15	125	0,393 383 17	190	0,664 049 98	255	0,927 442 85
61	0,118 657 89	126	0,397 625 94	191	0,668 148 85	256	0,931 451 05
62	0,122 787 20	127	0,401 865 69	192	0,672 246 10	257	0,935 458 02
63	0,126 939 14	128	0,406 102 45	193	0,676 341 74	258	0,939 463 74
64	0,131 111 86	129	0,410 336 25	194	0,680 435 78	259	0,943 468 23
65	0,135 303 64	130	0,414 567 11	195	0,684 528 24	260	0,947 471 48
66	0,139 512 87	131	0,418 795 06	196	0,688 619 11	261	0,951 473 51
67	0,143 738 04	132	0,423 020 13	197	0,692 708 41	262	0,955 474 29
68	0,147 977 72	133	0,427 242 34	198	0,696 796 15	263	0,959 473 85
69	0,152 230 60	134	0,431 461 73	199	0,700 882 34	264	0,963 472 19
70	0,156 495 43	135	0,435 678 32	200	0,704 966 98	265	0,967 469 29
71	0,160 771 07	136	0,439 892 14	201	0,709 050 09	266	0,971 465 17
72	0,165 056 44	137	0,444 103 22	202	0,713 131 67	267	0,975 459 82
73	0,169 350 52	138	0,448 311 59	203	0,717 211 73	268	0,979 453 25
74	0,173 652 39	139	0,452 517 29	204	0,721 290 28	269	0,983 445 45
75	0,177 961 17	140	0,456 720 33	205	0,725 367 32	270	0,987 436 43
76	0,182 276 04	141	0,460 920 75	206	0,729 442 87	271	0,991 426 18
77	0,186 596 26	142	0,465 118 58	207	0,733 516 94	272	0,995 414 71
78	0,190 921 11	143	0,469 313 85	208	0,737 589 52	273	0,999 402 01
79	0,195 249 93	144	0,473 506 58	209	0,741 660 63		
80	0,199 582 13	145	0,477 696 81	210	0,745 730 27		

TABLEAU IV

Valeurs de $W_{\text{CCT-68}}(T_{68})$, selon les données portées au Tableau II,
aux températures des points fixes

Point fixe	$T_{68}(\text{K})$	$t_{68}(\text{°C})$	$W_{\text{CCT-68}}$
Point triple de l'hydrogène en équilibre	13,81	— 259,34	0,001 412 08
Point 17,042 K de l'hydrogène en équilibre	17,042	— 256,108	0,002 534 45
Point d'ébullition de l'hydrogène en équilibre	20,28	— 252,87	0,004 485 17
Point d'ébullition du néon	27,102	— 246,048	0,012 212 72
Point triple de l'oxygène	54,361	— 218,789	0,091 972 53
Point triple de l'argon	83,798	— 189,352	0,216 057 05
Point de rosée de l'oxygène	90,188	— 182,962	0,243 799 12
	273,15	0	1
Point d'ébullition de l'eau	373,15	100	1,392 596 68

TABLEAU V

Influence de la pression sur les températures
de quelques points fixes de définition et points de référence secondaires

Substances	$T_{68}(\text{K})$	Coefficient de pression	
		millikelvins par atmosphère normale	millikelvins par mètre de liquide
	Valeur attribuée à la température d'équilibre		
Hydrogène en équilibre	13,81*	34	0,25
Oxygène	54,361*	12	1,5
Argon	83,798*	25	3,3
Eau	273,16*	— 7,5	— 0,7
Étain	505,118 1**	3,3	2,2
Zinc	692,73**	4,3	2,7
Argent	1 235,08**	6,0	5,4
Or	1 337,58**	6,1	10
	Valeur recommandée de la température d'équilibre		
Néon	24,561*	16	1,9
Mercure	234,314**	5,4	7,1
Indium	429,784**	4,9	3,3
Bismuth	544,592**	— 3,5	— 3,4
Cadmium	594,258**	6,2	4,8
Plomb	600,652**	8,0	8,2
Antimoine	903,905**	0,85	0,5

*Point triple.

**Point de congélation sous 101 325 Pa (1 atmosphère normale).

TABLEAU VI
Points de référence secondaires ^(a)

État d'équilibre ^(b)	Température Internationale Pratique	
	$T_{68}(\text{K})$	$t_{68}(^{\circ}\text{C})$
Équilibre entre les phases solide, liquide et vapeur de l'hydrogène normal (point triple de l'hydrogène normal)	13,956	— 259,194
Équilibre entre les phases liquide et vapeur de l'hydrogène normal (point d'ébullition de l'hydrogène normal)	20,397	— 252,753
(23) $\lg \frac{p}{p_0} = A + \frac{B}{T_{68}} + CT_{68} + DT_{68}^2$ $A = 1,734\ 791$ $B = -44,623\ 68\ \text{K}$ $C = 0,023\ 186\ 9\ \text{K}^{-1}$ $D = -0,000\ 048\ 017\ \text{K}^{-2}$		
pour le domaine de température compris entre 13,956 K et 30 K.		
Équilibre entre les phases solide, liquide et vapeur du néon (point triple du néon)	24,561	— 248,589
Équilibre entre les phases liquide et vapeur du néon (24) $\lg \frac{p}{p_0} = A + \frac{B}{T_{68}} + CT_{68} + DT_{68}^2$ $A = 4,611\ 52$ $B = -106,385\ 1\ \text{K}$ $C = -0,036\ 833\ 1\ \text{K}^{-1}$ $D = 4,248\ 92 \times 10^{-4}\ \text{K}^{-2}$		
pour le domaine de température compris entre 24,561 K et 40 K.		
Équilibre entre les phases solide, liquide et vapeur de l'azote (point triple de l'azote)	63,146	— 210,004
Équilibre entre les phases liquide et vapeur de l'azote (point d'ébullition de l'azote)	77,344	— 195,806
(25) $\lg \frac{p}{p_0} = A + \frac{B}{T_{68}} + C \lg \frac{T_{68}}{T_0} + DT_{68} + ET_{68}^2$ $A = 5,893\ 271$ $B = -403,960\ 46\ \text{K}$ $C = -2,366\ 8$ $D = -0,014\ 281\ 5\ \text{K}^{-1}$ $E = 72,587\ 2 \times 10^{-6}\ \text{K}^{-2}$ $T_0 = 77,344\ \text{K}$		
pour le domaine de température compris entre 63,146 K et 84 K.		
Équilibre entre les phases liquide et vapeur de l'argon (point d'ébullition de l'argon)	87,294	— 185,856

^(a) Les températures indiquées dans ce tableau sont les meilleures qui soient disponibles au moment de la compilation. A l'heure actuelle, il n'est pas possible d'attribuer des niveaux d'exactitude à ces températures; les erreurs peuvent être de quelques unités du dernier chiffre inscrit. On envisage de faire des évaluations de l'exactitude de ces températures et de les publier de temps en temps sous les auspices du Comité International des Poids et Mesures.

^(b) Dans cette table, les états d'équilibre s'entendent à la pression $p_0 = 101\ 325\ \text{Pa}$ (1 atmosphère normale), sauf pour les points triples et dans les cas où un domaine de pression est explicitement autorisé.

État d'équilibre ^(b)	Température Internationale Pratique	
	$T_{68}(\text{K})$	$t_{68}(\text{°C})$
Équilibre entre les phases liquide et vapeur de l'oxygène		
(26) $\lg \frac{p}{p_0} = A + \frac{B}{T_{68}} + C \lg \frac{T_{68}}{T_0} + DT_{68} + ET_{68}^2$		
$A = 5,961\ 546$	$B = -467,455\ 76\ \text{K}$	
$C = -1,664\ 512$	$D = -0,013\ 213\ 01\ \text{K}^{-1}$	
$E = 50,804\ 1 \times 10^{-6}\ \text{K}^{-2}$	$T_0 = 90,188\ \text{K}$	
pour le domaine de température compris entre 54,361 K et 94 K.		
Équilibre entre les phases solide et vapeur de l'anhydride carbonique (point de sublimation de l'anhydride carbonique) ...	194,674	- 78,476
(27) $T_{68} = \left[194,674 + 12,264 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right) - 9,15 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^2 \right] \text{K}$		
pour le domaine de température compris entre 194 K et 195 K.		
Équilibre entre les phases solide et liquide du mercure (point de congélation du mercure) ^(c)	231,314	- 38,836
Équilibre entre la glace et l'eau saturée d'air (point de congélation de l'eau) ^(d)	273,15	0
Équilibre entre les phases solide, liquide et vapeur du phénoxybenzène (oxyde de diphenyle) (point triple du phénoxybenzène)	300,02	26,87
Équilibre entre les phases solide, liquide et vapeur de l'acide benzoïque (point triple de l'acide benzoïque)	395,52	122,37
Équilibre entre les phases solide et liquide de l'indium (point de congélation de l'indium) ^(c)	429,784	156,634
Équilibre entre les phases solide et liquide du bismuth (point de congélation du bismuth) ^(c)	544,592	271,442
Équilibre entre les phases solide et liquide du cadmium (point de congélation du cadmium) ^(c)	594,258	321,108
Équilibre entre les phases solide et liquide du plomb (point de congélation du plomb) ^(c)	600,652	327,502
Équilibre entre les phases liquide et vapeur du mercure (point d'ébullition du mercure)	629,81	356,66
(28) $t_{68} = \left[356,66 + 55,552 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right) - 23,03 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^2 + 14,0 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^3 \right] \text{°C}$		
pour $p = 90\ \text{kPa}$ à $104\ \text{kPa}$.		

^(c) Voir Tableau V pour l'influence des variations de pression sur ce point de congélation.

^(d) Le point de glace est une approximation très voisine de la température définie comme étant 10 mK au-dessous du point triple de l'eau.

État d'équilibre (b)	Température Internationale Pratique	
	$T_{68}(K)$	$t_{68}(^{\circ}C)$
Équilibre entre les phases liquide et vapeur du soufre (point d'ébullition du soufre)	717,824	444,674
(29) $t_{68} = \left[444,674 + 69,010 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right) + 27,48 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^2 + 19,14 \left(\frac{p}{p_0} - 1 \right)^3 \right]^{\circ}C$		
pour $p = 90 \text{ kPa}$ à 104 kPa .		
Équilibre entre les phases solide et liquide de l'eutectique cuivre-aluminium	821,41	548,26
Équilibre entre les phases solide et liquide de l'antimoine (point de congélation de l'antimoine) (c)	903,905	630,755
Équilibre entre les phases solide et liquide de l'aluminium (point de congélation de l'aluminium)	933,61	660,46
Équilibre entre les phases solide et liquide du cuivre (point de congélation du cuivre)	1 358,03	1 084,88
Équilibre entre les phases solide et liquide du nickel (point de congélation du nickel)	1 728	1 455
Équilibre entre les phases solide et liquide du cobalt (point de congélation du cobalt)	1 768	1 495
Équilibre entre les phases solide et liquide du palladium (point de congélation du palladium)	1 827	1 554
Équilibre entre les phases solide et liquide du platine (point de congélation du platine)	2 042	1 769
Équilibre entre les phases solide et liquide du rhodium (point de congélation du rhodium)	2 236	1 963
Équilibre entre les phases solide et liquide de l'oxyde d'aluminium, Al_2O_3 (température de fusion de l'oxyde d'aluminium) .	2 327	2 054
Équilibre entre les phases solide et liquide de l'iridium (point de congélation de l'iridium)	2 720	2 447
Équilibre entre les phases solide et liquide du niobium (température de fusion du niobium)	2 750	2 477
Équilibre entre les phases solide et liquide du molybdène (température de fusion du molybdène)	2 896	2 623
Équilibre entre les phases solide et liquide du tungstène (température de fusion du tungstène)	3 695	3 422

TABLEAU VII
Différences approximatives ($t_{68} - t_{48}$), en kelvins

a. Domaine compris entre — 180 °C et 0 °C

$t_{68}(^{\circ}\text{C})$	0	— 10	— 20	— 30	— 40	— 50	— 60	— 70	— 80	— 90	— 100
— 100	+ 0,022	+ 0,013	+ 0,003	— 0,006	— 0,013	— 0,013	— 0,005	+ 0,007	+ 0,012		
— 0	0,000	+ 0,006	+ 0,012	+ 0,018	+ 0,024	+ 0,029	+ 0,032	+ 0,034	+ 0,033	+ 0,029	+ 0,022

b. Domaine compris entre 0 °C et 1 070 °C

$t_{68}(^{\circ}\text{C})$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	0,000	— 0,004	— 0,007	— 0,009	— 0,010	— 0,010	— 0,010	— 0,008	— 0,006	— 0,003	0,000
100	0,000	+ 0,004	+ 0,007	+ 0,012	+ 0,016	+ 0,020	+ 0,025	+ 0,029	+ 0,034	+ 0,038	+ 0,043
200	0,043	0,047	0,051	0,054	0,058	0,061	0,064	0,067	0,069	0,071	0,073
300	0,073	0,074	0,075	0,076	0,077	0,077	0,077	0,077	0,077	0,076	0,076
400	0,076	0,075	0,075	0,075	0,074	0,074	0,074	0,075	0,076	0,077	0,079
500	0,079	0,082	0,085	0,089	0,094	0,100	0,108	0,116	0,126	0,137	0,150
600	0,150	0,165	0,182	0,200	0,23	0,25	0,28	0,31	0,34	0,36	0,39
700	0,39	0,42	0,45	0,47	0,50	0,53	0,56	0,58	0,61	0,64	0,67
800	0,67	0,70	0,72	0,75	0,78	0,81	0,84	0,87	0,89	0,92	0,95
900	0,95	0,98	1,01	1,04	1,07	1,10	1,12	1,15	1,18	1,21	1,24
1 000	1,24	1,27	1,30	1,33	1,36	1,39	1,42	1,44			

c. Domaine compris entre 1 100 °C et 4 000 °C

$t_{68}(^{\circ}\text{C})$	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1 000
1 000		1,5	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
2 000	3,2	3,5	3,7	4,0	4,2	4,5	4,8	5,0	5,3	5,6	5,9
3 000	5,9	6,2	6,5	6,9	7,2	7,5	7,9	8,2	8,6	9,0	9,3

TABLE DES MATIÈRES

COMPTES RENDUS DES SÉANCES
DE LA QUINZIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE
DES POIDS ET MESURES, RÉUNIE A PARIS EN 1975
(Les numéros se rapportent aux différents points de l'Ordre du Jour)

Liste des Délégués et des invités	3
Convocation à la Conférence et commentaires sur les principaux éléments du programme	13
Ordre du jour de la Conférence	26
Première Séance, mardi 27 mai 1975	27
Discours d'ouverture de Mr J. Sauvagnargues, ministre des Affaires Étrangères de la République Française	27
Réponse de Mr J. V. Dunworth, vice-président du Comité International des Poids et Mesures	29
Allocution de Mr M. Fontaine, président de la Conférence	30
Envoi d'un message de sympathie à Mr J. M. Otero, président du C.I.P.M., absent pour raisons de santé	32
2, 3, 4. Désignation de Mr de Boer comme secrétaire de la Conférence	32
Établissement de la liste des délégués chargés du vote par État	32
5. Approbation de l'ordre du jour	33
6. <i>Rapport du Président du Comité International sur les travaux accomplis depuis la Quatorzième Conférence Générale (octobre 1971 à mai 1975)</i>	34
Constitution d'un Groupe de travail chargé de discuter du montant de la dotation financière du B.I.P.M. pour les années 1977 à 1980. (Ce Groupe de travail est constitué d'un représentant des Délégations suivantes : Brésil, Bulgarie, Espagne, États-Unis d'Amérique, France, Japon, République Fédérale d'Allemagne, Royaume-Uni, U.R.S.S., du vice-président du C.I.P.M., du directeur et du sous-directeur du B.I.P.M. La présidence du Groupe est confiée à Mr de Boer)	42
Réception des délégués au Ministère de l'Industrie et de la Recherche : Allocution du président de la Conférence. Réponse de Mr M. d'Ornano, ministre de l'Industrie et de la Recherche	42
Mercredi 28 mai 1975	
Les délégués assistent à l'inauguration de l'exposition <i>Métrologie, année 100</i> , organisée au Palais de la Découverte à Paris	45

Le président de la Conférence, les chefs des Délégations, les membres du C.I.P.M. et le directeur du B.I.P.M. sont reçus au Palais de l'Élysée par Mr Valéry Giscard d'Estaing, président de la République Française	45
Deuxième Séance, jeudi 29 mai 1975 : Séance spéciale consacrée à la célébration du centenaire de la Convention du Mètre et du Bureau International des Poids et Mesures	46
Remise aux délégués de la médaille et du volume du centenaire. Audition du quatuor de la Garde Républicaine.....	46
Exposé d'introduction par Mr Dunworth, vice-président du C.I.P.M.	46
Exposé de Mr L. E. Howlett, ancien président du C.I.P.M. : <i>Le premier siècle du Bureau International des Poids et Mesures</i>	47
Allocutions des représentants des organisations internationales :	
Mr van Male, président de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale...	53
Mr Stille, secrétaire de la Commission S.U.N. de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée	54
Mme Simonsgaard, secrétaire du Comité Technique 12 de l'Organisation Internationale de Normalisation (I.S.O.)	56
Vœux et compliments de plusieurs Délégations, et remises de souvenirs au B.I.P.M. :	
Mr Issaev (U.R.S.S.)	57
Mr Roberts (États-Unis d'Amérique)	58
Mr Szamotulski (Pologne)	59
Tchécoslovaquie, Hongrie, Bulgarie	60
La Délégation du Venezuela rappelle la mémoire des savants qui mesurèrent le méridien terrestre sous l'équateur au XVIII ^e siècle, et celle du Général Ibañez, premier président du C.I.P.M.	60
Le directeur du B.I.P.M. remercie la Conférence pour cette manifestation du centenaire	61
Visite du Bureau International des Poids et Mesures et du Caveau des Prototypes métriques, 29 mai 1975	
Visite des laboratoires du B.I.P.M. Réception au Pavillon de Breteuil. <i>Procès-verbal de la visite du Dépôt des Prototypes métriques</i>	62
Troisième Séance, vendredi 30 mai 1975	64
Rapport du Groupe de travail pour la dotation du B. I. P. M.	64
8.9. <i>Définition du mètre; vitesse de la lumière</i>	65
Rapport du président du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (Longueurs d'onde et fréquences de radiations de lasers asservis; études sur la radiation étalon du krypton 86; perspectives d'une nouvelle définition du mètre; valeur de <i>c</i>).	65
Adoption du projet de résolution qui estime prématuré d'envisager un changement de la définition du mètre et demande de poursuivre les recherches sur les radiations produites par les lasers (<i>Résolution 1, p. 103</i>)	69

Discussion du projet de résolution sur la valeur recommandée pour la vitesse de la lumière (c) (Interventions de la délégation de la Pologne, de MM. Stille, de Boer et Dunworth)	69
Adoption de la valeur recommandée pour c (<i>Résolution 2</i> , p. 103)	70
10. <i>Étalons du kilogramme</i>	70
Rappel de l'enquête menée par le B.I.P.M. en vue d'améliorer les étalons de masse et d'accroître la précision de leur comparaison. Adoption du projet de résolution demandant de poursuivre les études dans ce domaine et chargeant le B.I.P.M. d'organiser ensuite une vérification des étalons nationaux de masse (<i>Résolution 3</i> , p. 103)	70
11. <i>Échelles de temps</i>	71
Rapport du président du <i>Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde</i> (Historique; recherches sur les étalons de fréquence et de temps; échelles de temps; base légale de l'heure; programme futur)	71
L'emploi des sigles TAI (Temps Atomique International), UT (Temps Universel) et UTC (Temps Universel Coordonné) est recommandé dans toutes les langues	73
Adoption des projets de résolutions concernant les relations du Bureau International de l'Heure avec le C.I.P.M. et le B.I.P.M., et l'emploi du Temps Universel Coordonné (UTC) comme base du temps civil légal dans tous les pays (<i>Résolutions 4 et 5</i> , p. 104)	73
12. <i>Étalons électriques</i>	73
Rapport du président du <i>Comité Consultatif d'Électricité</i> (Le volt; l'ohm; groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences)	73
Adoption du projet de résolution recommandant de poursuivre les travaux pour améliorer l'exactitude de la réalisation des unités électriques et demandant au C.I.P.M. de coordonner ces travaux et d'organiser les mesures comparatives nécessaires (<i>Résolution 6</i> , p. 104)	74
13. <i>Thermométrie. Échelle Internationale Pratique de Température (E.I.P.T.)</i>	75
Rapport du président du <i>Comité Consultatif de Thermométrie</i> (Travaux pour l'amendement et la révision de l'E.I.P.T.-68; activités futures)	75
La délégation de la Pologne approuve les amendements proposés au texte de l'E.I.P.T.-1968	76
Approbation de l'édition amendée de 1975 de l'E.I.P.T.-1968 et demande au C.I.P.M. de poursuivre la préparation d'une Échelle révisée (<i>Résolution 7</i> , p. 105)	76
14 a. <i>Photométrie et radiométrie</i>	77
Rapport du président du <i>Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie</i> (Réflexions sur les problèmes de la photométrie et de la radiométrie, et sur la question de l'unité photométrique fondamentale)	77
14 b. <i>Étalons de mesure des rayonnements ionisants</i>	78
Rapport du président du <i>Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants</i> (Exposé détaillé des travaux et programmes futurs des quatre Sections de ce Comité Consultatif: Rayons X et γ , électrons; mesure des radionucléides; mesures neutroniques; étalons d'énergie α)	78
15. <i>Système International d'Unités</i>	85
Rapport du président du <i>Comité Consultatif des Unités</i> (Considérations sur le SI et sur son développement. Présentation des propositions d'adoption des noms spéciaux d'unités <i>becquerel</i> , <i>gray</i> , et des préfixes SI <i>peta</i> et <i>exa</i>)	85

Au sujet du nom des nombres 10^9 et 10^{12} , il est rappelé que la 9 ^e Conférence Générale (1948) avait recommandé pour les pays européens d'employer les noms <i>billion</i> pour 10^{12} , <i>trillion</i> pour 10^{18} , etc., <i>milliard</i> signifiant 10^9	88
Discussion des projets de résolutions proposant l'adoption des noms spéciaux <i>becquerel</i> et <i>gray</i> pour les unités SI d'activité et de dose absorbée et des préfixes SI <i>peta</i> (10^{15}) et <i>exa</i> (10^{18}) (Opposition de la délégation du Danemark à l'adoption du becquerel; commentaires des délégations de la Pologne, de la République Fédérale d'Allemagne, du Royaume-Uni et de la France. Le projet de résolution concernant le becquerel et le gray est finalement scindé en deux projets distincts et la suite de la discussion est reportée à la 4 ^e séance (voir p. 93))	89
Adoption des deux nouveaux préfixes SI <i>peta</i> et <i>exa</i> (Résolution 10, p. 106)	90
Réception des délégations au Ministère des Affaires Étrangères, dans le Salon de l'Horloge où fut signée la Convention du Mètre en 1875	90
Manifestations diverses	90
Quatrième séance, lundi 2 juin 1975	91
16. <i>Programme des travaux futurs du B.I.P.M.</i>	
17. <i>Dotations annuelles du B.I.P.M. pour la période 1977-1980.</i>	
Le document « Programme de travail et budget du B.I.P.M. dans les quatre années 1977-1980 » ne fait l'objet d'aucun commentaire	91
Exposé au sujet de la fixation du montant des dotations financières annuelles allouées au B.I.P.M. Présentation du projet de résolution fixant les dotations pour 1977-1980. . .	91
Adoption sans avis contraire (8 abstentions: Chili, Indonésie, Italie, Pologne, Roumanie, Tchécoslovaquie, Thaïlande, U.R.S.S.) des dotations annuelles du B.I.P.M. pour la période 1977-1980 (Résolution 11, p. 106)	93
Observation de la délégation de l'U.R.S.S. concernant son abstention. La délégation du Chili demande que le taux minimal de 0,5 pour cent soit abaissé. La délégation de l'Espagne approuve la demande du Chili et souhaite un accroissement du nombre des États membres de la Convention du Mètre. Réponse du vice-président du C.I.P.M. à la demande du Chili . . .	93
15. <i>Système International d'Unités</i> (suite)	93
Suite de la discussion du projet de résolution proposant l'adoption du nom spécial d'unité <i>gray</i> (La délégation de la Pologne renouvelle sa demande pour que l'unité « gray par seconde » soit aussi mentionnée dans ce projet; retrait de cette demande après la réponse de Mr de Boer. La délégation de la Belgique demande que l'on indique à quelle grandeur se rapporte l'unité gray; réponses du vice-président du C.I.P.M. et de la délégation de la République Fédérale d'Allemagne).....	93
Adoption à l'unanimité du nom spécial <i>gray</i> comme unité SI pour les rayonnements ionisants (Résolution 9, p. 105)	94
Suite de la discussion du projet de résolution proposant l'adoption du nom spécial <i>becquerel</i> pour l'unité SI d'activité (La délégation du Danemark expose sa position défavorable à l'adoption du becquerel. Réponse de Mr de Boer. Avis favorable de la délégation de la France. Position de la délégation de la Suède)	95
Adoption (1 voix contre: Danemark, 1 abstention: Inde) du nom spécial <i>becquerel</i> pour l'unité SI d'activité (Résolution 8, p. 105)	97
Déclaration de la délégation de la Suède à la suite de ce vote. Remarque de Mr de Boer . . .	97
20. <i>Renouvellement par moitié du C.I.P.M.</i>	
Les neuf membres sortants sont réélus	98

18. <i>Progrès du Système métrique et diffusion du Système International d'Unités.</i>	
Rapport du B.I.P.M. (voir l'Annexe 1, p. 197)	99
Exposé de Mr Roberts sur la situation métrique aux États-Unis	99
19. <i>Propositions des Délégations.</i>	
La délégation de la Pologne demande que le C.I.P.M. organise, avec les organisations internationales intéressées, une discussion pour obtenir une uniformité des recommandations internationales concernant l'usage des unités hors SI	100
La délégation de l'Indonésie souhaite que la conversion métrique et la diffusion du SI se développent et signale les efforts faits dans ce sens en Indonésie	100
21. <i>Questions diverses.</i>	
A l'occasion du centenaire de la Convention du Mètre, le représentant de l'Unesco rappelle la contribution que cette Organisation apporte à ses membres dans le domaine de la métrologie	100
La délégation du Brésil exprime ses remerciements aux Autorités françaises, au bureau de la Conférence et au B.I.P.M. pour le déroulement de cette 15 ^e Conférence Générale, et rend hommage au président du C.I.P.M.	101
Remerciements du vice-président du C.I.P.M.	102

Textes des Résolutions adoptées

— Définition du mètre (maintien de la définition actuelle; poursuite des recherches) : <i>Résolution 1</i>	103
— Vitesse de la lumière (valeur recommandée) : <i>Résolution 2</i>	103
— Étalons du kilogramme (poursuite des études pour améliorer la précision des comparaisons) : <i>Résolution 3</i>	103
— Temps Atomique International (relations du B.I.H. avec le C.I.P.M. et le B.I.P.M.) : <i>Résolution 4</i>	104
— Temps Universel Coordonné (emploi recommandé) : <i>Résolution 5</i>	104
— Étalons électriques (poursuite des recherches pour améliorer l'exactitude de la réalisation des unités) : <i>Résolution 6</i>	104
— Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 (Édition amendée de 1975) : <i>Résolution 7</i>	105
— <i>Système International d'Unités</i> :	
— Adoption du nom « becquerel » : <i>Résolution 8</i>	105
— Adoption du nom « gray » : <i>Résolution 9</i>	105
— Adoption des préfixes SI « peta » et « exa » : <i>Résolution 10</i>	106
— Dotations du B.I.P.M. pour la période 1977-1980 : <i>Résolution 11</i>	106

ANNEXES

1. <i>Les récents progrès du Système Métrique</i> , par H. MOREAU	107
2. <i>Échelle Internationale Pratique de Température de 1968, édition amendée de 1975.</i>	A 1

IMPRIMERIE DURAND

28600 LUISANT (FRANCE)

Dépôt légal, Imprimeur, 1976, n° 378

ISBN 92-822-2034-6

ACHEVÉ D'IMPRIMER LE 1976-03-12

Imprimé en France