

17^e CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES



17^e CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

(1983)

COMPTES RENDUS

Édité par le BIPM, Pavillon de Breteuil, F-92310 SÈVRES, France

ISBN 92-822-2084-2

COMPTES RENDUS DES SÉANCES DE LA 17^e CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

Réunie à Paris en octobre 1983 sous la présidence de

Mr JEAN BERNARD

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

Président par délégation

Mr ANDRÉ BLANC-LAPIERRE

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

Mesdames, Messieurs les 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

G. HEYMANN, Vice-Président du Council for Scientific and Industrial Research (CSIR), Pretoria.

J. S. V. VAN ZIJL, Directeur en Chef, National Physical Research Laboratory (NPRL), CSIR, Pretoria.

R. TURNER, Head of National Measuring Standards and Metrology Division, NPRL, CSIR, Pretoria.

J. A. BRINK, Conseiller Scientifique d'Ambassade, Paris.

H. A. HANEKOM, Conseiller d'Ambassade, Paris.

Allemagne (République Fédérale d')

*D. KIND, Président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig. Vice-Président du Comité International des Poids et Mesures.

H.-J. SCHRADER, Vice-Président de la PTB, Braunschweig.

S. GERMAN, Membre du Comité directeur de la PTB, Braunschweig.

Allemande (République Démocratique)

L. WERNER, Vice-Président de l'Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung (ASMW), Berlin.

W. SCHLESOK, Directeur Scientifique de l'ASMW, Berlin.

Amérique (États-Unis d')

*E. AMBLER, Directeur du National Bureau of Standards, Washington.

E. L. BRADY, Associate Director for International Affairs, NBS, Washington.

F. S. LANCETTI, Agency Directorate for Science and Technology, Department of State, Washington.

Argentine (République)

*R. STEINBERG, Chef du Département de Physique, Instituto Nacional de Tecnología Industrial, Buenos Aires.

Mme I. DI GIOVAN, Premier Secrétaire d'Ambassade, Paris.

Australie

*W. R. BLEVIN, Directeur Adjoint de la Division de Physique Appliquée, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Lindfield (Sydney).

Autriche

F. BERNHARDT, Directeur au Bundesministerium für Bauten und Technik, Wien.

F. ROTTER, Président du Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Wien.

Belgique

Mme M.-L. HENRION, Inspecteur Général, Service de la Métrologie du Ministère des Affaires économiques, Bruxelles.

Brésil

W. DOS SANTOS, Président de l'Institut National de Métrologie, Normalisation et Qualité industrielle (INMETRO), Rio de Janeiro.

*L. CINTRA DO PRADO, Professeur à l'Université, São Paulo (excusé).

J. V. DE SÁ PIMENTEL, Conseiller économique d'Ambassade, Paris.

Bulgarie

P. N. ZLATAREV, Directeur Général du Centre National de Métrologie,
Comité d'État pour la Science et le Progrès Technique, Sofia.

Mme B. G. VELITCHKOVA, Expert à la Direction de la Coopération
internationale du Comité d'État pour la Science et le Progrès
Technique, Sofia.

Cameroun

N.

Canada

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

H. R. D. BECKMAN, Directeur exécutif, Commission du Système Métrique,
Ottawa.

Chili

N.

Chine (République Populaire de)

LU Shaozeng, Sous-Directeur du Bureau d'État de Métrologie, Beijing.

*WANG Daheng, Conseiller du Bureau d'État de Métrologie, Directeur
de la section des Sciences techniques, Academia Sinica, Beijing.

Mme WEI Hong, Interprète, Section des Affaires Étrangères du Bureau
d'État de Métrologie, Beijing.

Corée (République de)

AHN Kwang-Kwoo, Directeur Général du Bureau of Standards,
Industrial Advancement Administration, Séoul.

YOON Jin, Chief of Precision Measurement Division, Department of
Metrology, National Industrial Research Institute, Séoul.

Mme CHUNG Kwang-Hua, Chef du Laboratoire des Étalons de Masse,
Korea Standards Research Institute, Séoul.

Corée (République Populaire Démocratique de)

PAK Tchang Sik, Deuxième Secrétaire de la Délégation Permanente
auprès de l'UNESCO, Paris.

RI Heung Sik, Troisième Secrétaire de la Délégation Permanente auprès
de l'UNESCO, Paris.

Danemark

- *H. H. JENSEN, Professeur à l'Université, Copenhague. Secrétaire-Adjoint du Comité International des Poids et Mesures.
- P. BENNICH, Chef de Section, Danish Council of Metrology, Université Technique, Copenhague.
- J. KAAVÉ, Chef du Secrétariat de Métrologie, National Agency of Metrology, Copenhague.

Dominicaine (République)

N.

Égypte

- A. F. DAWOUD, Directeur du National Institute for Standards, Le Caire.
- A. SAAD ZAGLOUL, Directeur de l'Assay and Weights Administration, Le Caire.
- Mme F. SOLIMAN, Chercheur au National Institute of Standards, Le Caire.

Espagne

- J. L. FLORES-CALDERÓN ALVAREZ, Secrétaire de la Commission Nationale de Métrologie, Madrid.
- M. RODRIGUEZ DE ARAGÓN, Président de la Sous-Commission Technique de la Commission Nationale de Métrologie, Madrid.

Finlande

- Mme U. LÄHTENMÄKI, Directeur du Département de Métrologie à la Division d'Inspection Technique, Helsinki.
- P. KARP, Chef du Bureau des Services de Mesure, Division d'Inspection Technique, Helsinki.

France

- P. GRIVET, Président de la Commission Scientifique du Bureau National de Métrologie, Paris.
- A. ALLISY, Directeur de l'Institut National de Métrologie du CNAM, Paris.
- J. BLOUET, Secrétaire Général du Bureau National de Métrologie, Paris.
- *B. GUINOT, Directeur du Bureau International de l'Heure, Paris.
- A. LE BOUCH, Ingénieur Général du Service des Instruments de Mesure, Paris.
- G. MEUNIER, Conseiller au Ministère des Relations Extérieures, Paris.

Hongrie

M. GÁCSI, Président de l'Office National des Mesures, Budapest.
K. ZSÁNDZKY, Vice-Président de l'Office National des Mesures, Budapest.

Inde

S. R. DAS, Sous-Directeur du National Physical Laboratory of India,
New Delhi.

Indonésie

N.

Iran

N.

Irlande

L. MACGABHANN, Assistant Principal de la Section de Métrologie
Légale, Department of Trade, Commerce and Tourism, Dublin.
M. HYNES, Chef du Département de Métrologie, Institute for Industrial
Research and Standards, Dublin.

Italie

*A. BRAY, Directeur de l'Institut de Métrologie G. Colonnetti, Turin.
C. EGIDI, Professeur à l'École Polytechnique (IENGF), Turin.
G. ZINGALES, Professeur à l'Université, Padoue.
F. PACIFICO, Directeur au Ministère de l'Industrie, du Commerce et de
l'Artisanat, Rome.
C. AMODEO, Chef du Bureau Central Métrique, Rome.

Japon

*M. KAWATA, Directeur Général de l'Agency of Industrial Science and
Technology, Tokyo.
H. WATANABE, Chercheur Principal au National Research Laboratory
of Metrology, Ibaraki.
M. OBARA, Premier Secrétaire d'Ambassade, Paris.

Mexique

N.

Norvège

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

Pakistan

N.

Pays-Bas

*J. DE BOER, Secrétaire du Comité International des Poids et Mesures, Amsterdam.

J. M. DE WOLF, Directeur Général du Service de la Métrologie, Delft.

Pologne

T. PODGÓRSKI, Vice-Président du Comité Polonais de Normalisation, des Mesures et de la Qualité, Varsovie.

T. OLESZKIEWICZ, Deuxième Secrétaire d'Ambassade, Paris.

Z. PESTRAKIEWICZ, Expert en Chef du Comité Polonais de Normalisation, des Mesures et de la Qualité, Varsovie.

*T. PLEBANSKI, Directeur, Research and Development Centre for Standard Reference Materials « Wzormat », Varsovie.

Portugal

J. PAIVA BOLÉO TOMÉ, Directeur Général adjoint, Direction de la Qualité, Ministère de l'Industrie et de l'Énergie, Lisbonne.

A. CRUZ, Directeur du Service de Métrologie, Ministère de l'Industrie et de l'Énergie, Lisbonne.

Mme M. FIGUEIREDO, Deuxième Secrétaire d'Ambassade, Paris.

Roumanie

G. COSTEA, Inspecteur Général d'État pour le Contrôle de la Qualité des Produits, Bucarest.

I. ISCRULESCU, Directeur à l'Institut National de la Métrologie, Bucarest.

Royaume-Uni

P. DEAN, Directeur du National Physical Laboratory (NPL), Teddington.

R. K. BARTLETT, Technical Aide to Director, NPL, Teddington.

G. SQUCH, Directeur du National Weights and Measures Laboratory, Department of Trade, London.

Suède

*K. SIEGBAHN, Directeur de l'Institut de Physique de l'Université, Uppsala.

R. OHLON, Ingénieur en Chef, Statens Provningsanstalt, Båras.

O. MATHIESEN, Ingénieur en Chef, Statens Provningsanstalt, Båras.

A. J. THOR, Commission de la Normalisation, Secrétaire de l'ISO/TC 12, Stockholm.

Suisse

*A. PERLSTAIN, Directeur de l'Office Fédéral de Métrologie, Wabern.
H. HOFFMANN, Conseiller d'Ambassade, Paris.

Tchécoslovaquie

T. HILL, Président de l'Office de Normalisation et des Mesures, Prague.
*J. SKÁKALA, Professeur à l'Université Technique, Bratislava.

Thaïlande

C. CHUTHARATKUL, Directeur Général du Département de l'Enregistrement Commercial du Ministère du Commerce, Bangkok.
Mme W. INTARAPRASIT, Conseiller d'Ambassade, Paris.
V. VISUTTHATHAM, Service des Poids et Mesures, Département de l'Enregistrement Commercial du Ministère du Commerce, Bangkok.

Turquie

I. ÜNLÜ, Conseiller Commercial d'Ambassade, Paris.

U.R.S.S.

*V. I. KIPARENKO, Vice-Président du Comité d'État de l'U.R.S.S. pour les Normes, Moscou.
V. K. AVRAMOV, Troisième Secrétaire du Ministère des Affaires Étrangères, Moscou.
A. S. OBOUKHOV, Chef de Section à l'Institut des Mesures Physico-techniques et Radiotechniques, Moscou.

Uruguay

P. SADER, Deuxième Secrétaire d'Ambassade, Paris.

Venezuela

H. REYES CABRERA, Directeur du Service National de Métrologie, Caracas.
L. A. VELASQUEZ, Deuxième Secrétaire d'Ambassade, Paris.

Yougoslavie

M. VOJČIČ, Directeur du Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade.
N. BEVK, Directeur adjoint du Bureau Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, Belgrade.
D. POPOVIČ, Conseiller Économique d'Ambassade, Paris.

Assistent à la Conférence

*J. V. DUNWORTH, Président du Comité International des Poids et Mesures.

P. GIACOMO, Directeur du Bureau International des Poids et Mesures (BIPM),
Sèvres.

T. J. QUINN, Sous-Directeur du BIPM, Sèvres.

J. TERRIEN, Directeur honoraire du BIPM.

H. MOREAU, Métrologiste honoraire du BIPM.

Les représentants des Organisations Internationales suivantes :

Organisation Internationale de Métrologie Légale, Paris (B. ATHANÉ,
Directeur du Bureau International de Métrologie Légale, et F. PETIK,
adjoint au Directeur du BIML).

UNESCO, Paris (M. FREDERIKSEN, Division de la Recherche et de
l'Enseignement Supérieur Technologiques).

L'Agence Internationale de l'Énergie Atomique (Wien), invitée, s'est fait
excuser.

Le personnel scientifique du Bureau International des Poids et Mesures.

CONVOCATION

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures
est convoquée pour le lundi 17 octobre 1983

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 Relations Extérieures de France
avec interprétation simultanée en français, anglais et russe.

Première	séance, lundi 17 octobre 1983	à 10 h.
Deuxième	séance, lundi 17 octobre 1983	à 15 h.
Troisième	séance, mercredi 19 octobre 1983	à 15 h.
Quatrième	séance, jeudi 20 octobre 1983	à 15 h.
Cinquième	séance, vendredi 21 octobre 1983	à 10 h.
Sixième	séance, vendredi 21 octobre 1983	à 15 h.

Une visite du Bureau International, suivie d'une réception au Pavillon de Breteuil, aura lieu le mardi 18 octobre 1983 à 15 h.

PROGRAMME PROVISOIRE

1. Ouverture de la Conférence.
Discours de Son Excellence Mr le Ministre des Relations Extérieures 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 accréditant 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. Définition du mètre.
 8. Masse et grandeurs apparentées.
 9. Seconde et échelle de Temps Atomique International.
 10. Étalons électriques.
 11. Échelle Internationale Pratique de Température.
 12. Photométrie, radiométrie.
 13. Rayonnements ionisants.
 14. Système International d'Unités.
 15. Programme des travaux futurs.
 16. Rapport du Groupe de travail *ad hoc* de la 16^e Conférence Générale.
 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.
-

COMMENTAIRES SUR LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DU PROGRAMME

1. Ouverture de la Conférence

La date d'ouverture de la Dix-septième Conférence Générale se situe quatre ans après l'ouverture de la Conférence précédente; cet intervalle de temps paraît convenable à notre époque où la science, et en particulier la métrologie, évolue rapidement.

2. Présentation des titres accréditant les Délégués

Pour la bonne organisation de la Conférence, il est souhaitable que la composition de chaque Délégation soit communiquée au Bureau International des Poids et Mesures au plus tard quinze jours avant l'ouverture de la Conférence.

A leur arrivée, MM. les Délégués seront priés de présenter les titres accréditant leur Délégation au secrétariat de la Conférence.

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. Définition du mètre

Le mètre avait été défini par la Première Conférence Générale, en 1889, comme la longueur du Prototype International en platine iridié déposé au Pavillon de Breteuil.

En 1960, la Onzième Conférence Générale a adopté, dans sa Résolution 6, une nouvelle définition du mètre fondée sur la longueur d'onde de la radiation orangée émise par l'atome de krypton 86. Cette définition, toujours en vigueur, permettait une réalisation plus précise de l'unité de longueur à l'aide d'un étalon naturel et universel. Conformément aux directives de la même Conférence Générale (Résolution 7) le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) a établi les instructions pour la mise en pratique de cette définition et a choisi des étalons secondaires de longueur d'onde pour les mesures interférentielles de longueur.

Depuis 1960, les travaux sur l'asservissement des lasers, sur la mesure de leur fréquence et sur la mesure de leur longueur d'onde ont abouti à des résultats remarquables. A la suite de ces travaux, la Quinzième Conférence Générale (1975) a recommandé dans sa Résolution 2 une valeur pour la vitesse de la lumière. Elle a aussi, dans sa Résolution 1, recommandé aux laboratoires nationaux et au Bureau International des Poids et Mesures de poursuivre dans ce domaine des travaux coordonnés par le CIPM.

Il avait en effet été reconnu, dès cette époque, que les lasers asservis fournissent 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.

Les progrès enregistrés depuis ont été décisifs.

Le CIPM, assisté de ses Comités Consultatifs, a étudié sous tous ses aspects la question d'une nouvelle définition du mètre. Son Comité Consultatif pour la Définition du Mètre et son Comité Consultatif des Unités ont examiné attentivement toutes les données scientifiques sur lesquelles on peut fonder une telle proposition. Ils ont discuté conjointement la forme à donner à la nouvelle définition. Ils ont envisagé aussi les

conséquences pratiques du changement proposé. Ils ont conclu qu'une définition fondée sur la vitesse de la lumière apportera dès maintenant une amélioration appréciable dans la pratique des mesures de longueur les plus précises, sans apporter une gêne quelconque ailleurs.

Le CIPM a constaté que la nouvelle définition proposée est parfaitement satisfaisante du point de vue pratique. Comparée aux autres définitions actuelles des unités de base du SI, elle présente le maximum de garanties de rester inchangée pendant de longues années.

En conséquence, le Comité International propose à la Conférence Générale le projet de résolution suivant :

Projet de résolution A

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

CONSIDÉRANT

que la définition actuelle ne permet pas une réalisation du mètre suffisamment précise pour tous les besoins;

que les progrès réalisés dans l'asservissement des lasers permettent d'obtenir des radiations plus reproductibles et plus faciles à utiliser que la radiation étalon émise par une lampe à krypton 86;

que les progrès réalisés dans la mesure des fréquences et des longueurs d'onde de ces radiations ont abouti à des déterminations concordantes de la vitesse de la lumière dont l'exactitude est limitée principalement par la réalisation du mètre dans sa définition actuelle;

que les valeurs des longueurs d'onde déterminées à partir de mesures de fréquence et d'une valeur donnée de la vitesse de la lumière ont une précision supérieure à celle qui peut être obtenue par comparaison avec la longueur d'onde de la radiation étalon du krypton 86;

qu'il y a avantage, notamment pour l'astronomie et la géodésie, à maintenir inchangée la valeur de la vitesse de la lumière recommandée en 1975 par la Quinzième Conférence Générale des Poids et Mesures, dans sa Résolution 2 ($c = 299\,792\,458$ m/s);

qu'une nouvelle définition du mètre a été envisagée sous diverses formes qui ont toutes pour effet de donner à la vitesse de la lumière une valeur exacte, égale à la valeur recommandée, et que cela n'introduit aucune discontinuité appréciable de l'unité de longueur, compte tenu de l'incertitude relative de $\pm 4 \times 10^{-9}$ des meilleures réalisations du mètre dans sa définition actuelle;

que ces diverses formes, faisant appel soit au trajet parcouru par la lumière dans un intervalle de temps spécifié, soit à la longueur d'onde d'une radiation de fréquence mesurée ou de fréquence spécifiée, ont fait l'objet de consultations et de discussions approfondies, qu'elles ont été reconnues équivalentes et qu'un consensus s'est dégagé en faveur de la première forme;

que le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre est dès maintenant en mesure de donner des instructions pour la mise en pratique d'une telle définition, instructions qui pourront inclure l'emploi de la radiation orangée du krypton 86 utilisée jusqu'ici comme étalon et qui pourront être complétées ou révisées par la suite;

DÉCIDE

1° Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,458$ de seconde.

2° La définition du mètre en vigueur depuis 1960, fondée sur la transition entre les niveaux $2p_{10}$ et $5d_5$ de l'atome de krypton 86, est abrogée.

Le Comité International estime en outre nécessaire de donner aux praticiens des indications sur les règles générales qu'il conviendra de suivre pour la mise en pratique de la nouvelle définition, afin d'en assurer l'uniformité, en particulier dans les laboratoires de métrologie des longueurs.

En conséquence, il propose à la Conférence Générale le projet de résolution suivant :

Projet de résolution B

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

INVITE le Comité International des Poids et Mesures

- à établir des instructions pour la mise en pratique de la nouvelle définition du mètre;
- à choisir des radiations qui puissent être recommandées comme étalons de longueur d'onde pour la mesure interférentielle des longueurs et à établir des instructions pour leur emploi;
- à poursuivre les études entreprises pour améliorer ces étalons.

8. Masse et grandeurs apparentées

La conservation du Prototype international du kilogramme, ou plus généralement des Prototypes du kilogramme en platine iridié, et l'exactitude des mesures de masse soulèvent des problèmes qui ont été soulignés par la Résolution 1 de la Seizième Conférence Générale (1979). Certains de ces problèmes doivent être résolus avant d'entreprendre la vérification des étalons nationaux de masse qui a été recommandée par la Quinzième Conférence Générale (1975) dans sa Résolution 1.

D'autres problèmes apparaissent pour la mesure des grandeurs directement dérivées de la masse telles que masse volumique, force ou pression.

Pour étudier les problèmes posés et les actions à entreprendre, le Comité International a créé un Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM).

Comme la Résolution 1 de 1979 l'a souligné, il convient d'apporter une attention accrue à la correction due à la poussée de l'air dans les comparaisons de masses. Cette correction fait appel à la masse volumique de l'air ambiant, masse volumique qui est le plus souvent calculée à partir de la pression, de la température et de l'état hygrométrique.

Le Comité International estime que l'on peut améliorer l'uniformité des mesures de masse, et même leur exactitude, en harmonisant le mode de calcul de la masse volumique de l'air dans les différents laboratoires.

En conséquence, il propose à la Conférence Générale le projet de résolution suivant :

Projet de résolution C

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

RAPPELANT la Résolution 1 de la Seizième Conférence Générale des Poids et Mesures (1979) relative aux mesures de masse

et CONSIDÉRANT

que la correction due à la poussée de l'air fait appel à la masse volumique de l'air ambiant, que l'on peut améliorer l'uniformité et l'exactitude des mesures de masse en incitant les laboratoires, lorsqu'ils ont à calculer la masse volumique de l'air à partir des conditions ambiantes, à utiliser pour ce calcul une formule unique, connue de tous et reconnue comme suffisamment exacte,

INVITE le Comité International des Poids et Mesures

- à établir et à recommander une telle formule,
- à poursuivre et coordonner les études entreprises ou à entreprendre pour améliorer la détermination expérimentale de la masse volumique de l'air et de la correction due à la poussée de l'air,
- à mettre à jour la formule recommandée lorsque de meilleures déterminations expérimentales le permettront.

9. Seconde et échelle de Temps Atomique International

Conformément aux directives données par la Quatorzième Conférence Générale (1971) dans sa Résolution 1, le BIPM collabore avec le Bureau International de l'Heure pour établir l'échelle de Temps Atomique International (TAI). La diffusion de cette échelle de temps doit permettre aux usagers d'avoir accès à une réalisation aussi exacte que possible du TAI fondé sur la seconde, unité de temps du SI.

Il est donc essentiel que le TAI soit piloté à partir des étalons primaires de fréquence à jet de césium qui réalisent avec la meilleure exactitude la définition de la seconde. Ces étalons sont actuellement en petit nombre. Les liaisons entre ces étalons primaires, le TAI et les échelles de temps établies dans la plupart des pays constituent un autre élément essentiel de la diffusion de la seconde du SI.

La Conférence Générale entendra un rapport sur les progrès concernant la réalisation de la seconde et sa diffusion par l'intermédiaire du TAI.

10. Étalons électriques

La Seizième Conférence Générale (1979) a recommandé, dans sa Résolution 6, que les travaux en vue d'une réalisation plus exacte des unités électriques soient poursuivis activement.

Une nouvelle méthode de conservation de l'ohm, méthode qui fait appel à l'effet Hall quantifié, permet d'espérer de nouveaux progrès dans ce domaine. Si ces espoirs se confirment, il serait souhaitable que le BIPM puisse mettre en œuvre cette méthode nouvelle pour la conservation de l'ohm, comme il met en œuvre l'effet Josephson pour la conservation du volt. L'ampère serait ainsi conservé avec les meilleures garanties de stabilité à long terme.

Cependant, tout comme l'effet Josephson pour la conservation du volt fait intervenir la constante e/h , cette méthode nouvelle fait intervenir la constante e^2/h . Les valeurs de ces constantes ne sont pas connues jusqu'ici avec une exactitude suffisante pour conduire à des déterminations exactes du volt ou de l'ohm.

Le condensateur calculable, avec l'aide de la valeur de la vitesse de la lumière, permet une réalisation du farad. La comparaison du farad à l'ohm devrait permettre de déterminer la valeur de la constante e^2/h avec une incertitude qui n'excède pas quelques cent-millionièmes.

D'autres méthodes pour la réalisation d'une autre unité électrique restent nécessaires. Certaines sont à l'étude dans quelques laboratoires.

La Conférence Générale entendra un rapport sur l'état d'avancement de ces travaux.

11. Échelle Internationale Pratique de Température

Les études en vue de la révision de l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 (EIP-68) se poursuivent. Elles sont coordonnées par le Comité Consultatif de Thermométrie (CCT) du CIPM.

Des améliorations significatives ont été obtenues dans la détermination des températures thermodynamiques. Cela permettra de réduire l'écart entre la température thermodynamique et la nouvelle Échelle dont le CCT espère pouvoir préciser les grandes lignes en 1987. Les températures de plusieurs points fixes ont été déterminées avec une meilleure exactitude. Les instruments d'interpolation entre ces points fixes font l'objet d'études comparatives dans le but d'améliorer la reproductibilité des mesures et d'établir des fonctions d'interpolation plus exactes.

La Conférence Générale entendra un rapport sur l'état d'avancement de ces travaux et sur les projets du CCT.

12. Photométrie, radiométrie

Les laboratoires nationaux ont répondu de façon très positive à la prise de position de la Seizième Conférence Générale (1979) qui les invitait, dans sa Résolution 4, à intensifier leur activité en vue de la réalisation de la candela suivant la nouvelle définition (Résolution 3). A la dixième session du Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR) en septembre 1982, seize laboratoires ont présenté des rapports décrivant des réalisations de la nouvelle définition.

De nombreux laboratoires ont aussi mis au point des goniophotomètres pour dériver le lumen de la candela.

Le CCPR a organisé des comparaisons de mesures d'intensité lumineuse et de flux lumineux, conformément au vœu de la Seizième Conférence Générale (Résolution 4).

Des progrès importants en radiométrie et en spectroradiométrie sont en cours. Les photodiodes au silicium d'efficacité quantique calculable avec exactitude, les radiomètres fonctionnant à très basse température et calibrés par chauffage au moyen d'un courant électrique, le rayonnement de synchrotron et les lasers asservis en intensité sont de plus en plus utilisés.

La Conférence Générale entendra un rapport sur l'état d'avancement des travaux coordonnés par le CCPR.

13. Rayonnements ionisants

L'amélioration de l'uniformité des mesures constitue l'une des conditions essentielles du développement des applications des rayonnements ionisants. Qu'il s'agisse d'applications industrielles ou médicales ou de la protection des personnes, le progrès doit pouvoir s'appuyer sur des mesures significatives.

L'uniformité des mesures dans ces domaines s'est considérablement améliorée au cours des vingt dernières années, sous l'impulsion du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants et grâce aux travaux menés à bien par le BIPM : étude des méthodes et des instruments de mesure, conservation de références, comparaisons internationales, distribution de sources étalonnées, diffusion du Système International d'Unités dans les milieux intéressés, etc.

Un rapport sur les progrès récents dans ces domaines sera présenté à la Conférence Générale.

14. Système International d'Unités

Le Comité Consultatif des Unités examine régulièrement les mesures à prendre pour améliorer l'efficacité du Système International d'Unités (SI), pour l'adapter aux domaines nouveaux ou au progrès des connaissances et des techniques, tout en maintenant la cohérence, la simplicité et la continuité indispensables. Il est ainsi amené à étudier les nombreuses propositions émanant d'organismes nationaux ou internationaux, ou même de personnes isolées, suggérant des extensions ou des modifications du SI. Même si elles ne sont pas finalement retenues, ces suggestions font toujours l'objet de discussions attentives.

Le Comité Consultatif des Unités a étudié, en particulier, conjointement avec le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, les conséquences éventuelles d'un changement de la définition de l'unité de longueur. En l'occurrence, il s'est spécialement préoccupé de sauvegarder la continuité et la cohérence du SI.

La rédaction du projet de résolution A proposé à la Dix-septième Conférence Générale

est issue de ces discussions. Le Comité Consultatif des Unités en a approuvé la forme aussi bien que le fond.

La Conférence Générale entendra un rapport sur ces travaux.

15. Programme des travaux futurs

Une description détaillée du programme de travail proposé par le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) pour les années 1985 à 1988 sera donnée dans le document annexe intitulé « Programme de travail et budget du Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) pour les quatre années 1985-1988 » qui sera envoyé en complément à la présente Convocation.

16. Rapport du Groupe de travail *ad hoc* de la 16^e Conférence Générale

Le Groupe de travail *ad hoc*, constitué par la Seizième Conférence Générale et comprenant des Délégués de la République Fédérale d'Allemagne, de la République Démocratique Allemande, des États-Unis d'Amérique, du Brésil, de la Bulgarie, de la République Populaire de Chine, de l'Espagne, de la France, de l'Italie, du Japon, de la Norvège, du Royaume-Uni et de l'U.R.S.S., s'est réuni au Pavillon de Breteuil du 14 au 16 octobre 1980. Il a tenu six séances. Le rapport sur cette réunion a été envoyé aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre ainsi qu'au Comité International afin que celui-ci puisse donner son avis.

Le Comité International approuve la conclusion du Groupe de travail de ne pas augmenter le nombre de sièges au Comité International. Il continuera, comme par le passé, de porter une attention particulière à la distribution appropriée de ces sièges entre les États membres de la Convention du Mètre. Il a pris bonne note de la conclusion du Groupe de travail concernant les relations entre les membres du Comité International et leur Gouvernement; il confirme que, lors des élections provisoires au Comité International et conformément à l'usage établi, il s'assurera que les candidats sont agréés par les autorités de leur pays.

Le Comité International est d'accord de ne rien changer dans les modalités d'approbation du budget prescrites dans la Convention du Mètre.

Le Comité International est d'accord avec la conclusion du Groupe de travail de maintenir le *statu quo* concernant les modalités de répartition de la contribution entre les États membres de la Convention du Mètre.

Le Comité International approuve aussi la conclusion finale de la grande majorité des Pays représentés dans le Groupe de travail, conclusion qui n'est pas en faveur d'une étude sur une mise à jour de la Convention du Mètre.

Le Groupe de travail *ad hoc* a étudié en outre quelques autres propositions qui n'entraînent pas une modification de la Convention du Mètre :

a) Compte tenu de la fréquence actuelle des réunions de la Conférence Générale, le Groupe de travail demande au Comité International de donner davantage de détails dans le Rapport Annuel.

Le Comité International fait observer que chaque année les Procès-Verbaux de ses séances donnent de nombreux détails sur la direction scientifique du Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) et sur l'exécution du budget. Ils contiennent aussi un Rapport du Directeur très détaillé concernant les travaux du BIPM. Toutes les discussions sur l'avenir du BIPM et sur ses travaux y sont publiées. En outre, les rapports des Comités Consultatifs donnent beaucoup d'informations concernant les problèmes et l'avancement des travaux scientifiques du BIPM.

Le Comité International admet cependant qu'il conviendrait d'utiliser encore plus les possibilités du Rapport Annuel aux Gouvernements et il a décidé de donner aux Gouvernements plus de détails dans ce Rapport Annuel.

b) Lors de ses réunions en 1981 et 1982, le Comité International a discuté de façon approfondie la présentation du budget en francs-or. Afin d'éviter toute confusion, il a décidé d'utiliser dans la présentation du budget (Rapport Annuel et Notification) une seule définition du franc-or, à savoir la dernière définition connue par rapport au franc français, qui est 1 franc-or = 1,814 52 franc français.

c) En ce qui concerne la conclusion du Groupe de travail de demander au Comité International d'établir un Règlement administratif et financier, le Comité International a reconnu l'utilité d'un tel Règlement. Il a suivi l'avis du Groupe de travail et il a adopté, à sa session d'octobre 1981, un Règlement administratif et financier qui est publié dans les Procès-Verbaux de la 70^e session du CIPM (1981).

17. Dotation annuelle du Bureau International

Les estimations financières seront développées dans le document « Programme de travail et budget du Bureau International des Poids et Mesures pour les quatre années 1985-1988 ». On peut en résumer les conclusions comme suit.

La dotation annuelle votée par la Seizième Conférence Générale pour les années 1981-1984 prévoyait, pour assurer le fonctionnement du Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) à un niveau constant d'activité une augmentation annuelle de la dotation de 12 %. Le même taux d'augmentation avait été retenu précédemment par les 14^e et 15^e Conférences Générales, pour les années 1973-1976 et 1977-1980.

La parité du franc-or avec le franc français étant restée inchangée durant toute cette période à 1 franc-or = 1,814 52 franc français, l'évolution des moyens financiers réels du BIPM résulte de l'évolution de la dotation et de celle des prix en France. Compte tenu de ces deux évolutions, l'augmentation annuelle de la dotation de 12 % étant compensée par une augmentation des prix en France tout à fait comparable, on constate que le niveau réel de financement du BIPM, de 1974 à 1982, est resté pratiquement constant pendant les dernières huit années et n'a pas même été suffisant pour assurer l'avancement normal du personnel dont l'âge moyen est passé de 41 à 45 ans durant la même période.

L'adhésion de la République Populaire de Chine en 1977, en ajoutant 8,32 % à la dotation, a apporté en 1978 et 1979 une amélioration temporaire. Cette amélioration a été de courte durée car le coefficient de contribution de cet État a été réduit à 2,27 % en 1980. Elle a cependant permis de remédier à quelques lacunes parmi les plus urgentes. Dès 1980, le niveau réel de financement du BIPM est retombé à une valeur très voisine de celle de 1974.

Depuis une dizaine d'années, le BIPM se trouve ainsi confronté à des difficultés croissantes. En effet, pendant que ses moyens financiers réels restaient constants, la variété et la complexité des moyens matériels à mettre en œuvre n'ont pas cessé de se développer. Comme on peut en juger d'après le programme de travail prévu pour les années 1985-1988, l'évolution à venir des besoins de la métrologie ne se ralentit pas. Cela correspond, à un besoin croissant d'exactitude dans tous les domaines de la mesure, et dans des domaines de plus en plus variés. Qu'il s'agisse de l'industrie, des communications, de la santé, de l'agriculture ou de la protection des personnes, l'exactitude des mesures est l'une des bases de la qualité. C'est justement le rôle du BIPM de fournir un point de départ commun à toutes les mesures, condition nécessaire à leur exactitude.

Le Comité International estime donc que le maintien prolongé du financement réel du BIPM à un niveau constant met en danger son activité. Le BIPM pourrait se trouver progressivement dans l'impossibilité de rendre les services qu'on attend de lui.

Les quelques développements prévus au programme de travail constituent le minimum indispensable pour ne pas accumuler un retard excessif. Pour assurer le maintien de l'activité du BIPM à un niveau constant, son financement réel devrait augmenter d'au moins 6 % par an : 4 % pour l'avancement et l'augmentation de qualification du personnel ainsi que pour l'accroissement normal de complexité du matériel nécessaire, sans innovation essentielle, et au moins 2 % de plus pour la mise en œuvre de méthodes et de techniques déjà éprouvées dans plusieurs laboratoires nationaux, nouvelles pour le BIPM et nécessaires pour son maintien à un niveau constant, c'est-à-dire comparable à celui de ces laboratoires nationaux.

D'autre part, le Comité International est bien conscient des difficultés économiques de la plupart des pays. Il a donc décidé, en tenant compte de la situation économique mondiale ainsi que de l'accroissement continu des prix en France, et malgré les dangers indiqués ci-dessus du maintien prolongé du financement réel à un niveau constant, de limiter l'augmentation de la dotation du BIPM qu'il propose à la 17^e Conférence Générale à 12 % par an.

En prenant pour base de départ le total des contributions appelées en 1984, soit 12 058 800 francs-or, le Comité International demandera en conséquence à la 17^e Conférence Générale de fixer la dotation du BIPM pour les années à venir aux valeurs suivantes :

pour 1985 : 13 510 000 francs-or

pour 1986 : 15 130 000 francs-or

pour 1987 : 16 940 000 francs-or

pour 1988 : 18 970 000 francs-or

Étant donné la modicité des sommes mises en jeu et l'importance fondamentale des services rendus par le BIPM à tous les pays, le Comité International reste convaincu que la dotation du BIPM est pour tous un investissement exceptionnellement productif. En assurant l'uniformité des mesures et leur permanence, le BIPM évite à l'économie mondiale un gaspillage de moyens qui serait sans commune mesure avec sa dotation.

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

Quelques membres du CIPM donneront un rapport sur l'état d'avancement de la conversion métrique dans leur région du monde et sur les problèmes rencontrés.

Afin de maintenir à jour sa documentation, le BIPM 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

Les délégations des États sont priées de faire connaître les vœux ou propositions qu'elles désirent soumettre à la Dix-septième Conférence Générale, en les envoyant au Comité International des Poids et Mesures dans le délai le plus court, et en tout cas au moins six mois avant la Conférence (décision de la 7^e Conférence Générale, 1927). Conformément à la Résolution 10 de la 9^e Conférence Générale (1948), « les vœux ou propositions ainsi déposés seront transmis par le bureau du Comité à tous les États adhérents à la Convention, au moins quatre mois avant l'ouverture de la Conférence, afin que MM. les Délégués puissent recevoir les instructions et pouvoirs nécessaires. Tout autre vœu ou proposition ne sera présenté à la Conférence qu'à la condition que le Comité ait eu le temps nécessaire de l'étudier et l'aura approuvé ».

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 Comité International. 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.

Décembre 1982

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

Le Secrétaire,

J. DE BOER

Le Président,

J. V. DUNWORTH

ORDRE DU JOUR DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE

17^e Session — 1983

Le « Programme provisoire » (*voir* p. 12) a été adopté comme
Ordre du jour définitif.

PREMIÈRE SÉANCE
DE LA 17^e CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS
ET MESURES

tenue le lundi 17 octobre 1983, à 10 h

Mr Laurent FABIUS, ministre de l'Industrie et de la Recherche, accompagné de Mr T. LAJOIE, Chef de Cabinet, ouvre la séance inaugurale de la Conférence en prononçant l'allocution suivante :

« MONSIEUR le PRÉSIDENT,
« MESDAMES,
« MESSIEURS LES DÉLÉGUÉS,

« J'ai le grand honneur, au nom du Gouvernement de la République Française de vous accueillir aujourd'hui et je voudrais tout d'abord souligner combien cette tâche m'est agréable. J'ai ressenti, en approchant le monde de la métrologie qui est le vôtre, la rigueur et la sérénité qui émanent de votre assemblée. Elle les doit à une longue tradition au service des hommes et de la société qui au moment voulu, vous amène à vous détacher des contraintes éphémères de l'actualité pour mieux prendre des décisions qui serviront l'ensemble de la communauté internationale. Je ne saurais pénétrer très avant dans votre domaine d'expert, d'autant plus que je pourrais commettre quelques inexactitudes, ce qui ne serait guère convenable, vous en conviendrez, devant une assemblée de métrologues. Je voudrais, toutefois, vous faire part de quelques réflexions que suggèrent les travaux de votre assemblée.

« L'on ne saurait parler du Système International sans évoquer son aspect universel. « A tous les peuples » avait-il été dit pour le système métrique et toujours vous avez eu le souci d'améliorer ce langage commun en manifestant une volonté de compréhension mutuelle et d'accord. Quelles meilleures bases peut-on souhaiter pour une coopération internationale dont, je le sais, nous n'avons qu'à nous féliciter.

« L'un des aspects les plus marquants de votre activité souvent masqué au profane qui aurait trop tendance à placer les instances métrologiques sur un mont Olympe loin des réalités, est la remarquable faculté d'adaptation de la métrologie aux progrès des sciences et des techniques et aux besoins de la société.

« On peut illustrer ce propos par un rapide survol qui montre comment, par une remise en cause permanente, vous êtes arrivés sans heurts ni bouleversements véritables pour les utilisateurs, à faire évoluer la conception d'une unité pour l'adapter aux possibilités et aux besoins.

« Les mesures de longueurs ont existé de tout temps et les premiers étalons étaient de façon naturelle, souvent liés à l'homme lui-même. Le nom des unités le montre assez clairement : citons la brasse, la coudée, le pan, le pied, le pouce entre autres. Chacun disposait donc des références métrologiques qui lui étaient nécessaires. Toutefois, quoique égaux entre eux, les hommes étant divers, la dispersion était telle qu'il apparût rapidement qu'il fallait par convention choisir un étalon, une représentation matérielle particulière à ces unités.

« Ceci constituait un premier pas vers une amélioration de la précision ; toutefois, les conventions retenues pour exprimer des longueurs, par exemple, différant de région à région et même de corporation à corporation, l'unité de longueur des drapiers n'étant pas la même que celle des maçons, cela a entraîné un foisonnement considérable d'unités de mesure diverses qui rendaient extrêmement complexes les échanges commerciaux.

« Une première tentative de rationalisation a consisté à mettre à la disposition des usagers d'instruments de mesure des références auxquelles ils pouvaient eux-mêmes comparer leurs propres instruments ; telle cette célèbre toise scellée au Grand Châtelet à Paris, qui était munie de deux extrémités en retour d'équerre à l'intérieur desquelles les possesseurs d'instruments pouvaient insérer leur toise pour en vérifier la concordance avec celle de référence mise ainsi à la disposition du public. La limitation qui intervint ensuite provint de l'insuffisance de précision de cette référence ; en effet, les fabricants d'instruments de physique furent bientôt capables de réaliser des règles pouvant être comparées entre elles avec une précision supérieure à la comparaison de chacune de ces règles à la référence ; de plus, l'utilisation répétée de la référence entraîna une usure des extrémités, faisant que la longueur variait avec le temps.

« C'est ainsi que, pour assurer à la fois l'universalité des mesures et pour répondre aux besoins de précision manifestés par les physiciens, l'Assemblée Nationale adopta, avec le système métrique en 1791, la définition suivante : « le mètre est la dix-millionième partie du quart du méridien terrestre ».

« C'était déjà un progrès considérable et sa mise en œuvre ne put se faire qu'avec un travail acharné des personnes à qui nous nous devons de rendre hommage ici. Il fallut, quand cela s'avérait nécessaire, beaucoup d'audace pour changer les habitudes. La décimalisation en est un bon exemple qui, malgré les difficultés, a fait progresser de façon décisive le système métrique. Comme il fallut ensuite beaucoup de sagesse et de prudence pour améliorer constamment sans bouleverser.

« A partir de la nouvelle définition du mètre, on fut amené à réaliser une règle à bouts, en platine. Et le cycle recommençant, bientôt les possibilités de la technique contraignirent les scientifiques à sacrifier le caractère naturel et universel de la référence terrestre pour ne s'appuyer que sur l'étalon matériel, le célèbre « mètre en platine iridié » permettant des mesures plus précises.

« Mais ce retour à l'étalon n'était qu'une adaptation, une transition, permettant de rendre de meilleurs services en particulier à une industrie naissante.

« Je passe sur les améliorations constantes de cet étalon pour souligner ce qui caractérise bien les métrologues dans leur démarche, le souci d'allier un meilleur service rendu par une meilleure précision des mesures à une universalité des références. Après de nombreuses recherches, une nouvelle définition du mètre fut adoptée reliant le mètre à un nombre de longueurs d'onde d'une radiation de l'atome de krypton 86. Le caractère naturel et universel était retrouvé et la précision passait de quelques dixièmes de micromètre à quelques nanomètres.

« Et j'ai découvert le futur dans votre ordre du jour ayant à examiner l'adoption d'une nouvelle définition permettant d'aller encore plus loin dans la précision en reliant le mètre à la seconde sans pour autant remettre en cause la structure du système.

« Je viens de parler d'adaptation aux progrès et aux besoins ; elle ne va pas sans une longue expérience ; la métrologie est une science très ancienne. Elle a dû plus que toutes autres, tenir compte des besoins commerciaux et industriels. Elle a dû toujours être à l'écoute de ces besoins et avec le développement industriel les précéder. Elle est tellement imbriquée dans la société moderne — les mesures sont partout — que peu de personnes sont conscientes de son apport constant. Cela est dû à la complexité de la chaîne qui relie la réalisation industrielle, pièce usinée avec une grande précision par exemple, à un étalon dont la définition peut paraître assez ésotérique, mais qui permet par un cheminement rigoureux d'atteindre la précision désirée.

« Je voudrais, pour terminer, vous faire part d'une dernière réflexion que m'inspirent votre activité et votre assemblée. L'erreur est humaine et la métrologie, comme toute activité humaine, est entachée d'imperfection ; mais la noblesse du métrologue réside précisément dans cette recherche lucide et sans complaisance qu'il mène pour évaluer les erreurs qu'il commet. Il est peu d'exemples dans lesquels la rigueur et l'honnêteté intellectuelle aient à se manifester avec autant d'évidence.

« Monsieur le Président, Mesdames, Messieurs les délégués, en pénétrant dans le monde de la métrologie et dans ce rapide contact avec votre assemblée, j'ai pu ressentir ces quelques traits dont je vous ai fait part. Ils sont à la fois ceux de l'âge mûr avec la sagesse, l'expérience, la lucidité et ceux de la jeunesse avec la remise en cause permanente, l'adaptation, l'audace ; qu'ils vous aident dans votre tâche et assurent un plein succès à votre Conférence Générale, et vous permettent d'améliorer un Système dont le caractère universel en fait un langage commun à tous les peuples ».

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

« Cela a été pour nous, Monsieur le Ministre, un grand honneur de vous avoir ici aujourd'hui pour inaugurer de la 17^e Conférence Générale. Le Gouvernement français a toujours manifesté un profond intérêt pour les affaires de la Convention du Mètre qui a été signée à Paris en 1875 et je suis certain que ce fait a beaucoup contribué à assurer le succès toujours confirmé des activités qui ont découlé de ce traité. Cette fois-ci, ainsi que vous l'avez mentionné, Monsieur le Ministre, la Conférence va devoir prendre une décision sur une nouvelle définition du mètre ; c'est un projet qui est à l'étude depuis plus d'une décennie et qui avait été envisagé depuis bien plus longtemps encore. On dit souvent qu'une semaine représente une longue durée en politique. C'est une durée plutôt brève en métrologie. Nous vous remercions sincèrement, Monsieur le Ministre, de votre chaleureux accueil de ce matin ».

Mr J. B. BERNARD, président de la Conférence, prononce l'allocution suivante :

« MONSIEUR le MINISTRE,
« MESDAMES, MESSIEURS,

« Les *Philosophical Transactions*, organe glorieux de la Royal Society of London publiait en septembre 1674 une importante lettre d'Antony Van Leeuwenhoek, datée du 1^{er} juin.

« Antony Van Leeuwenhoek, commis drapier à Delft aux Pays-Bas, a fabriqué lui-même son microscope. Il a examiné au microscope son propre sang. Il a, le premier, découvert et décrit les globules rouges de l'homme. Non seulement il les découvre, les décrit, mais il les mesure.

« Le sang, écrit-il, est composé de particules extrêmement petites, appelées globules qui, pour la plupart des animaux, sont de couleur rouge et baignent dans un liquide nommé par les médecins sérum. Les globules sont si petits que cent d'entre eux, placés côte à côte, atteignent à peine le diamètre d'un grain de sable commun. En conséquence le volume d'un globule rouge représente la millionième partie du volume d'un grain de sable ».

« Dans des textes ultérieurs, Leeuwenhoek précise le volume du grain de sable pris pour référence. Le volume du globule rouge qu'il a apprécié, est très proche de celui que nous mesurons aujourd'hui.

« Cette longue citation, ce rappel de la première mesure microscopique, cette allusion à ma discipline, l'étude du sang, traduisent mon embarras. L'embarras d'un biologiste mesurant si peu et si mal, appelé à présider vos travaux ou tout au moins à les ouvrir.

« Embarras que je ne suis pas le premier, que je ne serai sans doute pas le dernier, à éprouver. Embarras en quelque sorte chronique, chronologique. L'Académie des Sciences de l'Institut de France comprend deux divisions. La première assemble mathématiciens, physiciens, astronomes ; la seconde chimistes et biologistes. Le président de l'Académie appartient tantôt à la première, tantôt à la seconde division, par alternance. La fréquence de votre Conférence Générale et notre actuelle chronologie vous conduisent, vous condamnent à la présidence d'un chimiste ou d'un biologiste ou pis encore, cette année, à la présidence d'un biologiste médecin.

« Biologiste médecin qui vous est doublement reconnaissant. En premier lieu de l'honneur que vous lui faites, ensuite de l'occasion, que vous lui avez offerte, de renouveler sa réflexion sur la relation de la mesure avec sa discipline, l'hématologie, de la mesure avec la cellule du corps de l'homme.

« Cette naissance de l'hématologie quantitative, cette rencontre de la cellule et du nombre s'inscrivent dans un plus vaste cycle, une histoire qui a commencé à l'origine même des mathématiques et aux premiers temps de la médecine.

« Lent cheminement de deux disciplines souvent éloignées et dont les rapprochements ont rarement été heureux, depuis le premier moment, quand Pythagore enfermait une des Grandes Écoles de l'Antiquité dans le mysticisme des chiffres.

« Deux mouvements peuvent dans le temps être distingués : l'histoire des mesures biologiques et l'histoire des concepts mathématiques appliqués aux sciences de la vie. La première est pragmatique. Elle dépend souvent d'un appareil ou conduit à sa construction ; elle est presque toujours heureuse. La seconde fait appel à la théorie, cherche à lier des phénomènes très différents. Elle sera longtemps vaine (dans les deux sens en français du mot, échec et vanité). Elle finira par un grand succès en donnant à la génétique moderne son langage.

« C'est à Alexandrie, au IV^e siècle avant notre ère, qu'Hérophile ouvre le chapitre des mesures biologiques en comptant le pouls avec une clepsydre. Un siècle plus tard, Erasistrate pèse un animal avant et après un jeûne. A partir du XV^e siècle, les efforts de Nicolas de Cusa, Léonard de Vinci, Santorio, Rey, Harvey, Borelli, Hals, et bien d'autres, permettent les premières mesures du poids, du pouls, de la température, des degrés hygrométriques et des pressions sanguines.

« Parallèlement, simultanément les mêmes tentent d'appliquer l'outil mathématique aux phénomènes vitaux. Des Pythagoriciens à Roger Bacon, à Francis Bacon et à Descartes, on en vient aux Iatrophysiciens du XVII^e siècle qui adaptent la mécanique de leur temps à la physiologie humaine. Leur échec ne sera pas oublié et la médecine du XIX^e siècle, la cytologie du XX^e siècle se refuseront longtemps à toute mesure.

« En fait, dans l'histoire de ma discipline (on me pardonnera d'y trouver mes exemples) trois périodes se sont succédées :

- 1) Une période purement descriptive.
- 2) Une période de gloire, de règne souverain de la mesure.
- 3) Une période où viennent les questions sur la signification, la légitimité de la mesure.

« What to measure and why? Que mesurer et pourquoi? Tel était le titre d'un symposium important rassemblant les hématologues en 1980.

« Les conclusions de ces débats, les sentiments que reflètent ces conclusions illustrent assez bien les relations à la fois intimes et encore ambiguës de la biologie avec la mesure.

« C'est d'abord la gratitude. Les méthodes étant ici plus concernées que la mesure elle-même. L'entrée depuis dix ans dans les laboratoires de biologie clinique de l'automatisation a apporté la sécurité, évitant les erreurs humaines dues par exemple à la fatigue des laborantines, erreurs parfois fatales au sens strict quand il s'agissait de grands malades.

« C'est en deuxième lieu, la méfiance persistante. Le médecin ne doit pas se laisser mesmeriser par la magie des nombres, écrit un grand savant américain, évoquant le premier Mesmer.

« C'est ensuite un effort pour fixer les domaines de la mesure en biologie, pour reconnaître ses limites. La formule célèbre « Il n'est de science que du mesurable » est inspirée par une définition restreinte du mot science. La recherche biologique est certes fondée sur la mesure. Elle forme des mesureurs et elle en utilise beaucoup. Des armées de mesureurs dirigées par des entrepreneurs de recherche mesurent tout ce qui peut être mesuré. Mais les grands hommes de science sont ceux qui savent ce qu'il faut mesurer. Le grand homme de science est à la fois un mesureur et un créateur. Comme mesureur il est entouré de considération, de sécurité. Comme créateur, il est incertain de tout, prend des risques et comme G. Apollinaire « combat toujours aux frontières de l'illimité et de l'avenir ».

« C'est enfin la nostalgie de la mesure car l'homme est contradiction, a dit un philosophe et homme politique chinois contemporain.

« La nostalgie de la quantification souvent si longtemps retardée. L'anatomie de la cellule grâce aux méthodes de la remarquable cytologie quantitative peut être exactement mesurée. La physiologie de la cellule est encore plus souvent décrite que mesurée. Ainsi le globule blanc, maître de l'état civil et maître des armées, a comme fonction majeure la définition du soi et du non-soi, la défense du soi contre le non-soi, contre l'étranger. Il emploie à cette fin des méthodes variées. Il peut dévorer l'étranger, c'est la phagocytose décrite au début de ce siècle par Metchnikoff. Il peut le fusiller à distance par les anticorps qu'il fabrique. Il peut le poignarder (c'est le globule blanc « killer » — tueur — des anglo-saxons). Il peut le désespérer par des médisances, des calomnies, chuchotées en langage moléculaire de cellule en cellule.

« Nous ne savons pas encore mesurer correctement cette digestion, cette fusillade, ce meurtre, cette médisance.

« Nous espérons, sans en être sûrs, pouvoir un jour, mesurer ces phénomènes.

« Sans en être sûrs.

« Pourra-t-on un jour proposer de mesurer Mona Lisa, de remplacer la Joconde par un équivalent chiffré de densités optiques, de longueurs d'ondes ? La réponse des philosophes, des hommes de science est généralement négative.

« Faut-il, pour la biologie, pour la vie, admettre le même échec ? Ou peut-on penser que les progrès des méthodes de mesure, des concepts de mesure apporteront la solution ?

« Tels sont, gratitude, méfiance, limitation, nostalgie, espérance, incertitude, les sentiments qui inspirent la relation de la biologie avec la mesure.

« Pardonnez-moi de vous les avoir exprimés avec sincérité mais aussi avec modestie.

« Permettez-moi de joindre à ces remarques introductives les vœux très vifs que, au nom de l'Académie des Sciences, je forme pour le succès de vos travaux ».

*
* *

Après une interruption de 20 minutes environ, la Conférence aborde les autres points de l'ordre du jour sous la présidence de Mr A. BLANC-LAPIERRE, Vice-Président de l'Académie des Sciences, remplaçant par délégation le Président J. BERNARD, retenu par d'autres obligations. Mr BLANC-LAPIERRE considère comme un plaisir et un honneur la tâche qui lui incombe de présider la suite des travaux de la Conférence, en l'absence de Mr J. BERNARD.

2, 3, 4. Sur proposition de Mr BLANC-LAPIERRE, l'ensemble de la Conférence approuve par applaudissements la désignation de Mr J. DE BOER, secrétaire du CIPM, comme secrétaire de la Conférence.

Les titres accréditant les délégués lui ayant été préalablement remis, le Secrétaire procède à l'établissement de la liste des délégués chargés du vote par État. Cette liste s'établit ainsi :

Afrique du Sud	MM.	HEYMANN
Allemagne (Rép. Fédérale)		KIND
Allemande (Rép. Démocratique) ...		WERNER
Amérique (États-Unis d')		AMBLER
Argentine (Rép.)		STEINBERG
Australie		BLEVIN
Autriche		BERNHARDT
Belgique	Mme	HENRION
Brésil	MM.	DOS SANTOS
Bulgarie		ZLATAREV
Canada		PRESTON-THOMAS
Chine (Rép. Pop. de)		LU

Corée (Rép. de).....	AHN
Corée (Rép. Pop. Dém. de).....	PAK
Danemark.....	JENSEN
Égypte.....	DAWOUD
Espagne.....	FLORES-CALDERON ALVAREZ
Finlande.....	Mme LÄHTEENMÄKI
France.....	MM. BLOUET
Hongrie.....	GÁCSI
Inde.....	DAS
Irlande.....	MACGABHANN
Italie.....	BRAY
Japon.....	KAWATA
Norvège.....	BIRKELAND
Pays-Bas.....	DE BOER
Pologne.....	PODGÓRSKI
Portugal.....	BOLÉO TOMÉ
Roumanie.....	COSTEA
Royaume-Uni.....	DEAN
Suède.....	SIEGBAHN
Suisse.....	PERLSTAIN
Tchécoslovaquie.....	HILL
Thaïlande.....	CHUTHARATKUL
Turquie.....	ÜNLÜ
U.R.S.S.	KIPARENKO
Uruguay.....	SADER
Venezuela.....	REYES CABRERA
Yougoslavie.....	VOJČIĆ

Sur les quarante-six États signataires de la Convention du Mètre, trente-neuf sont représentés à la Conférence.

5. Approbation de l'Ordre du jour

Le programme provisoire proposé dans la Convocation (p. 12) est adopté sans changement comme Ordre du jour définitif.

6. Le PRÉSIDENT donne la parole à Mr DUNWORTH, président du CIPM, pour la présentation de son rapport.

Rapport du Président du Comité International sur les travaux accomplis depuis la 16^e Conférence Générale (octobre 1979 - octobre 1983)

Conformément à l'Article 7 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, j'ai le plaisir de présenter devant cette 17^e Conférence Générale, mon rapport de Président

du Comité International sur les travaux accomplis depuis la 16^e Conférence Générale. Ce rapport couvre la période des quatre années écoulées depuis octobre 1979.

Ces quatre années ont été une période active et productive pour le Comité International, ses Comités Consultatifs et le Bureau International. Il convient de signaler en particulier que le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre et le Comité Consultatif des Unités ont travaillé en étroite collaboration pour vous présenter la proposition d'une nouvelle définition du mètre ; ce n'est que le deuxième changement de cette définition depuis la première Conférence Générale des Poids et Mesures (1889) et c'est certainement celui dont les conséquences auront la plus grande portée. Il est également important de mentionner la création d'un nouveau Comité Consultatif, le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées.

En 1980, après avoir examiné les installations qui existent à Sèvres, le Comité International s'est rendu à l'évidence que de nouveaux laboratoires pour la section des lasers étaient absolument nécessaires, par suite de l'importance prise par les lasers dans les domaines particuliers des mesures de temps et de longueur. La décision a été prise d'utiliser un espace voisin de l'entrée principale sur lequel s'élevait un petit bâtiment ancien qui servait de menuiserie et qui avait besoin de réparations urgentes et coûteuses. Le Comité tient à rendre hommage à la rapidité avec laquelle l'administration française a bien voulu donner son accord pour la rénovation de ce bâtiment et la proposition de réaménagement de cet espace.

Le Comité a également établi des projets à long terme pour des constructions ultérieures dont il estime qu'elles seront nécessaires pour réaliser son programme de travaux scientifiques. Il m'a demandé d'informer la présente CGPM qu'une demande officielle de fonds à cet effet serait selon toute vraisemblance soumise à la 18^e CGPM.

Bien qu'il soit prématuré pour moi de donner maintenant des précisions sur ce qui sera proposé, j'aimerais cependant attirer votre attention sur ce qui suit. Les bâtiments qui existent actuellement au BIPM comprennent 1° le bâtiment historique du Pavillon de Breteuil, 2° l'Observatoire construit en 1878 auquel une modeste extension a été ajoutée en 1929, grâce à la Fondation Rockefeller, et 3° un bâtiment construit il y a une vingtaine d'années à la suite de la décision prise par la 11^e CGPM d'étendre la compétence du BIPM aux rayonnements ionisants, bâtiment qui comprend des laboratoires et des bureaux ainsi que des installations pour les travaux sur les neutrons. Le nouveau laboratoire pour les lasers, actuellement en construction, viendra prochainement s'ajouter à cette liste. Il convient sans doute de rappeler que le Pavillon de Breteuil et l'Observatoire, qui jusqu'en 1949 abritaient moins de quatorze personnes, sont maintenant occupés par 42 personnes avec tout l'équipement moderne et les installations auxiliaires. Treize personnes travaillent dans les bâtiments de la section des rayonnements ionisants.

La métrologie moderne exige beaucoup plus d'espace qu'autrefois et un contrôle beaucoup plus rigoureux des conditions ambiantes. Il incombe au Comité International de veiller à ce que les laboratoires et les installations du BIPM soient en conformité avec les exigences modernes. C'est avec la conscience de cette responsabilité et après une étude minutieuse des besoins actuels et futurs en surface de laboratoires, compte tenu aussi du manque d'une bibliothèque convenable et de l'exiguïté des locaux dont dispose l'atelier de mécanique, que le Comité a pris la décision d'agir.

Les États membres seront informés dès que possible du montant éventuel de toute proposition et le détail des projets du Comité sera porté à la connaissance du Gouvernement français. Nous collaborerons aussi étroitement que possible avec les

services administratifs français compétents pour toutes les questions d'architecture et d'environnement.

En réponse à une proposition faite par la délégation espagnole et aux discussions qui s'en sont suivies en séance, la 16^e CGPM a créé un Groupe de travail *ad hoc* comprenant 14 États pour étudier le fonctionnement actuel de la Convention du Mètre. Ce Groupe de travail s'est réuni au Pavillon de Breteuil sous la présidence du Secrétaire du Comité International en octobre 1980. Le rapport de ce Groupe de travail a été envoyé aux États membres le 8 avril 1981. A une forte majorité, le Groupe de travail a été d'avis qu'il ne fallait apporter aucune modification formelle au texte de la Convention du Mètre mais qu'il fallait officialiser certaines règles d'usage. Celles-ci concernent principalement l'élection de nouveaux membres au Comité International et le Règlement financier du Bureau International. Comme il en avait été convenu lors de la 16^e Conférence Générale, le Comité International a pris les mesures nécessaires pour donner suite à ces propositions, suivant les grandes lignes qui figurent dans la Convocation de cette Conférence, au point 16 de l'Ordre du jour.

La création du Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM) porte à huit le nombre des Comités Consultatifs. Ce nouveau Comité, déjà envisagé à la 16^e Conférence Générale, a été créé pour répondre aux demandes croissantes des laboratoires nationaux et à une nécessité évidente perçue par le Comité International de pouvoir être conseillé avec compétence sur ces questions. Ce nouveau Comité Consultatif a tenu sa première session au Pavillon de Breteuil en juin 1981.

L'un des rôles essentiels du Bureau International est d'assurer le secrétariat de la Conférence Générale, du Comité International et de ses Comités Consultatifs. La création d'un nouveau Comité Consultatif, avec ses nombreux Groupes* de travail, accroît encore la charge déjà lourde qui repose sur le personnel du Bureau International, charge qui est toujours assumée avec efficacité et patience. Ces tâches de secrétariat assurées par le personnel du Bureau demandent souvent un haut niveau de compétence scientifique. Par exemple, le texte et le contenu des propositions relatives à la nouvelle définition du mètre sont fondés sur des études critiques et des calculs effectués pour une large part par le personnel du Bureau. Sans cette compétence scientifique au sein du Bureau, un bon nombre des activités des organes de la Convention du Mètre seraient bien moins efficaces ou demanderaient bien davantage de travail de la part des membres des Comités Consultatifs, souvent pour de simples questions de détail.

J'en viens maintenant à la composition du *Comité International*. J'ai d'abord le triste devoir de vous informer du décès de Peter HONTI. Il avait été élu membre du Comité International en 1969 et Vice-Président de ce Comité en 1976. Avant son départ en retraite, il était Vice-Président de l'Office National des Mesures à Budapest. Ses sages conseils tant au Comité qu'au bureau du Comité nous feront grandement défaut. Nous avons été avisés du décès de quatre membres honoraires de ce Comité, ceux de R. H. FIELD en 1979 (membre du Comité de 1951 à 1954), G. D. BOURDOUN en 1980 (membre du Comité de 1954 à 1966), N. A. ESSERMAN en 1982 (membre du Comité de 1954 à 1962) et J. M. OTERO en 1983. J. M. OTERO avait été élu au Comité en 1954 ; il en devint le Vice-Président en 1964 et le Président en 1968 ; des raisons de santé l'avaient amené à se démettre de sa charge en 1975. Il présida le Comité Consultatif de Photométrie de 1954 à 1969 et le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre de 1969 à 1975. A sa démission en 1980, il fut nommé membre honoraire en reconnaissance des services éminents qu'il avait si longtemps rendus au Comité. Comme Peter HONTI, il alliait la sagesse et les connaissances scientifiques à un profond sens de l'humour.

Le Comité a enregistré trois autres démissions, celles de F. J. LEHANY, Y. SAKURAI et A. R. VERMA. Tous ont apporté une importante contribution aux travaux de ce Comité.

Je dois rendre un hommage tout particulier à F. J. LEHANY, qui présida pendant de nombreuses années et de façon remarquable le Comité Consultatif d'Électricité. Il a été nommé membre honoraire par le Comité en octobre 1980. Je suis certain que vous approuverez que soit mentionnée dans les Comptes rendus de la présente Conférence l'expression des meilleurs vœux et des remerciements que nous lui adressons ainsi qu'aux autres anciens membres du Comité.

Le Comité International a pourvu les cinq sièges vacants en cooptant les cinq personnalités suivantes : MM. J. SKÁKALA (septembre 1980), M. KAWATA (avril 1981), A. BRAY (mai 1981), W. R. BLEVIN (février 1982) et T. PLEBANSKI (juillet 1983). Aux termes de l'Article 8 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre, ces élections sont maintenant soumises à la ratification de la Conférence Générale. Les noms de quatre autres membres du Comité, tirés au sort, portent à neuf le nombre total des membres à élire ou à réélire par la Conférence Générale.

C'est un grand plaisir pour moi d'attirer votre attention sur la distinction du Prix Nobel de Physique qui a été attribuée à un membre du Comité International, Mr Kai SIEGBAHN. C'est la sixième fois qu'un membre du Comité International ou un Directeur du Bureau International est ainsi honoré par l'attribution d'un Prix Nobel.

Depuis la dernière Conférence Générale, dix-sept réunions de Comités Consultatifs ont eu lieu : les Comités Consultatifs des Unités, de Thermométrie, pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants, ce dernier avec ses trois sections, se sont tous réunis deux fois ; les Comités Consultatifs pour la Définition de la Seconde, pour la Définition du Mètre, de Photométrie et Radiométrie, d'Électricité, pour la Masse et les grandeurs apparentées se sont tous réunis une fois. De plus, les Groupes de travail « Force » du CCM, sur les Grandeurs aux radiofréquences du CCE et le Groupe de travail commun CCDM/CCU sur la nouvelle définition du mètre, ainsi que le Groupe de travail sur l'expression des incertitudes se sont tous réunis une fois. Avec le Groupe de travail *ad hoc* de la Conférence Générale et la session annuelle du Comité International on arrive, pour le nombre de réunions qui se sont tenues au Pavillon de Breteuil au cours de ces quatre années, à un total de vingt-six, nombre encore jamais atteint sur une telle période.

Bien que chaque président fasse un rapport sur les activités de son Comité Consultatif, j'aimerais, en guise d'introduction à mon rapport sur les travaux effectués dans les laboratoires du Bureau International, passer très brièvement en revue les travaux de chacun des Comités Consultatifs.

En étroite collaboration avec le Comité Consultatif des Unités et après de longues discussions ainsi que de larges enquêtes auprès des autres organismes intéressés et dans la presse scientifique, le *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre* a finalement pris à l'unanimité, en juin 1982, la décision de proposer une nouvelle définition du mètre au Comité International. Cette nouvelle définition a été approuvée par le Comité International lors de sa réunion en octobre 1982, ainsi que le détail de sa mise en pratique. Elle vous est soumise aujourd'hui pour approbation. Le Président du CCDM exposera avec davantage de détails les travaux qui ont conduit à cette proposition d'une nouvelle définition et l'évolution des opinions qui a abouti à la forme de définition finalement choisie. Si, comme je l'espère, la Conférence Générale adopte cette nouvelle définition, la décision constituera un pas très important

dans l'évolution de la métrologie. Elle permettra non seulement une amélioration immédiate de l'exactitude et de la facilité avec laquelle on peut faire des mesures de longueur, mais elle ouvrira la voie aux progrès qui ne manqueront pas de résulter des découvertes à venir en physique des lasers. La généralité de la nouvelle définition permettra aussi aux petits laboratoires de métrologie, aussi bien qu'aux grands, de disposer d'une bonne réalisation de la définition pour un minimum de dépenses et de difficultés.

Après des enquêtes approfondies, le nouveau *Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées* a décidé de créer un certain nombre de Groupes de travail pour étudier les différents problèmes posés par les étalons de masse et les mesures de masse volumique, de force et de pression. Ce Comité s'est d'abord occupé des nombreux problèmes liés au calcul et à la mesure de la masse volumique de l'air. Celle-ci intervient dans les comparaisons d'étalons de masse faits de matériaux dont la masse volumique est différente; une nouvelle formule pour son calcul a été proposée.

Le *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde* continue de superviser l'établissement et la stabilité du Temps Atomique International (TAI) et sa liaison d'une part avec la définition de la seconde, d'autre part avec le Temps Universel Coordonné (UTC). J'aimerais à cette occasion attirer votre attention sur la satisfaction générale qui se manifeste à l'égard du travail effectué par le Bureau International de l'Heure (BIH) pour établir et entretenir le TAI et l'UTC. Cela a été souligné dans une déclaration récente du Comité Consultatif International des Radiocommunications qui nous a été communiquée. Sur le plan scientifique, cependant, il est préoccupant de constater que le TAI est toujours fondé sur trois horloges primaires seulement, bien que le nombre d'horloges secondaires qui contribuent au TAI soit maintenant supérieur à 120.

Le *Comité Consultatif de Thermométrie* a travaillé activement à une révision de l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968. Il est actuellement prévu de soumettre le résultat de ce travail à l'approbation de la 18^e Conférence Générale en 1987, mais un certain nombre de problèmes techniques ne sont pas encore résolus et il sera peut-être nécessaire de repousser cette échéance.

Le *Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie* a été témoin d'un regain important d'intérêt et d'activité au cours des dernières années, particulièrement en radiométrie et surtout en spectroradiométrie. Il a insisté fortement pour que, dans son activité, le BIPM augmente la part actuellement très réduite qui est consacrée à la radiométrie. A la suite de la redéfinition de la candela par la 16^e Conférence Générale, des comparaisons internationales d'étalons photométriques ont été entreprises.

Le *Comité Consultatif d'Électricité* se préoccupe depuis longtemps d'introduire de nouvelles méthodes pour la conservation des unités électriques, comme les méthodes fondées sur l'effet Josephson pour le volt ou sur le condensateur calculable pour l'ohm. Récemment, l'attention s'est concentrée sur la possibilité très intéressante d'utiliser l'effet Hall quantique pour conserver l'ohm. La mise au point de meilleurs étalons de transfert, en particulier pour le volt, reste cependant la nécessité première pour la comparaison des unités électriques au niveau international.

Le *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants* et ses trois Sections (Rayons X et γ , électrons; Mesure des radionucléides; Mesures neutroniques) œuvre toujours à l'introduction du SI dans le domaine des mesures de rayonnements ionisants liées à la radiothérapie et à la radioprotection. Ce Comité

continue d'organiser minutieusement et d'étudier dans le détail les diverses mesures et comparaisons internationales se rapportant à ce domaine. Il a également eu une activité importante dans l'étude des comparaisons et des mesures dans les domaines des radionucléides et des neutrons. C'est avec regret, et pour des raisons financières, que le projet d'installer au BIPM une source intense de neutrons de 14,8 MeV n'a pas pu être retenu; des dispositions sont actuellement prises pour permettre de poursuivre les travaux de recherche correspondants dans les laboratoires nationaux.

Le *Comité Consultatif des Unités* a préparé une nouvelle édition de la brochure sur le SI. Cette édition, la quatrième, a été publiée par le BIPM en 1981. Une activité importante et essentielle du Comité Consultatif des Unités a été son étroite collaboration avec le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre pour formuler la nouvelle définition du mètre tout en gardant bien présente à l'esprit la nécessité de respecter la cohérence et l'élégance du SI.

Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)

J'en viens maintenant au rapport résumé, préparé par le Directeur du Bureau International, sur les travaux effectués dans les laboratoires au Pavillon de Breteuil depuis la 16^e Conférence Générale en 1979.

1. Longueurs

Étalons à traits. — La comparaison internationale d'étalons à traits qui avait commencé en 1976 s'est poursuivie par deux autres cycles de mesures dans les laboratoires nationaux. Deux règles (l'une de 1 m, l'autre de 500 mm) ont participé au premier circuit qui comprenait quatre laboratoires nationaux et qui s'est achevé en 1978. Pour le second et le troisième cycles de mesures, seule la règle de 1 m a circulé; la règle de 500 mm a été jugée inutilisable compte tenu de la dispersion excessive des résultats obtenus avec cette règle lors du premier circuit. Les laboratoires qui ont participé au second cycle de mesures sont ceux de la République Démocratique Allemande, de la République Fédérale d'Allemagne, du Royaume-Uni et de l'URSS, et au troisième cycle ceux de l'Australie, de l'Italie, de la République Populaire de Chine, et de la Suisse. Les mesures faites au BIPM en 1976, 1978 et 1980 font apparaître un allongement graduel de la règle de 0,04 μm par an. Les résultats définitifs de l'ensemble de la comparaison ne sont pas encore connus puisque le troisième cycle de mesures vient seulement de se terminer. Néanmoins, il est possible de tirer des conclusions provisoires; l'ensemble des résultats apparaît satisfaisant avec une dispersion des valeurs mesurées n'excédant pas quelques dixièmes de micromètre, mais des problèmes subsistent quant à la manière dont les traits eux-mêmes apparaissent sur la surface de la règle. Afin d'étudier ce problème plus en détail nous avons fait construire une règle de 100 mm qui porte quatre séries intercalées de traits de différentes largeurs. Les résultats d'une étude préliminaire montrent non seulement que la largeur du trait influe sur la précision des mesures, comme on peut s'y attendre, mais que les positions relatives apparentes des traits de différentes largeurs dépendent énormément des conditions optiques d'observation. On ne s'attendait pas à un effet aussi important.

Étalons à bouts. — Nous avons utilisé notre interféromètre Tsugami pour étalonner des étalons à bouts pour l'Afrique du Sud, l'Autriche et la Suisse. Une comparaison approfondie avec un interféromètre identique en France nous a permis, en 1980, de

découvrir une erreur dans nos mesures qui pouvait atteindre 6 nm. Il s'est avéré que cette erreur était due à un léger défaut de linéarité du système utilisé pour déterminer la partie fractionnaire par interpolation entre les franges. Une série d'étalons à bouts, de longueurs comprises entre 600 mm et 1 000 mm, a été mesurée pour la Tchécoslovaquie à l'aide du comparateur photoélectrique et interférentiel.

Base géodésique. — Malgré l'emploi croissant des dispositifs électromagnétiques de mesure des distances, il subsiste de la part des laboratoires nationaux un courant croissant de demandes de fabrication et d'étalonnage de rubans et de fils en invar. Depuis 1979, nous avons recuit plus de 500 kg d'alliage et déterminé le coefficient de dilatation de trente-neuf instruments de 24 m. De plus, nous avons traité par la méthode classique de « battage » environ cent soixante fils de 24 m. Nous avons étalonné des rubans de 24 m et des fils de longueurs comprises entre 8 m et 24 m pour la République Démocratique Allemande, la France, la Norvège et la Yougoslavie.

Lasers. — La période de quatre années depuis la dernière Conférence Générale a été très active dans le domaine de la métrologie des lasers. Cela se traduit par un accroissement significatif des demandes de comparaisons de lasers, comparaisons qui s'accompagnent d'études annexes de stabilité. Des comparaisons internationales de fréquence de lasers asservis sur l'iode ou sur le méthane ont été faites avec la République Populaire de Chine, l'Italie et la Tchécoslovaquie à $\lambda = 633$ nm, avec l'Italie à $\lambda = 612$ nm, avec la France et l'Italie à $\lambda = 3,39$ μ m. L'une des plus importantes conclusions que l'on peut tirer de ces comparaisons et des précédentes, dont le nombre s'élève maintenant à vingt, est que c'est la cellule d'absorption qui est à l'origine de la plus grosse partie des différences de fréquence que l'on observe entre différents lasers. Des recherches faites au BIPM et dans d'autres laboratoires ont confirmé que c'est bien le cas et nous avons maintenant effectué des comparaisons internationales de cellules à iode avec l'Italie, la République Populaire de Chine, le Royaume-Uni et la Tchécoslovaquie. Nous avons fait des progrès considérables dans la construction d'un laser à He-Ne asservi sur l'iode, à 612 nm, dont la cellule d'absorption se trouve dans une cavité résonante de Perot-Fabry située à l'extérieur de la cavité du laser. Ainsi que cela avait été déjà constaté dans d'autres laboratoires, une disposition de ce genre donne une amélioration de la stabilité de la fréquence. De plus, l'absorption à 612 nm est bien plus grande qu'à 633 nm. En utilisant un laser à He-Ne asservi sur le méthane à 3,39 μ m, nous avons étudié l'effet des variations dans la composition du gaz de remplissage du tube laser afin de déterminer la composition correspondant au gain optimal. On a fabriqué un certain nombre de tubes avec des diamètres de capillaires différents afin de choisir le meilleur compromis entre la puissance et le bruit, lorsque le laser fonctionne en monomode et que la raie d'absorption est située au centre de la courbe de gain. D'autres recherches sur les effets de diffraction et sur l'influence de la convergence du gaz sur la stabilité de la fréquence sont en bonne voie.

Des efforts considérables ont été consacrés par le personnel de la section des longueurs à la préparation initiale et à la rédaction finale des différents documents complémentaires qui accompagnent la nouvelle définition du mètre. Je pense en particulier aux règles de mise en pratique, qui devront être recommandées par le CIPM, ainsi qu'à la liste des radiations recommandées donnant les valeurs numériques de leur fréquence et de leur longueur d'onde, avec leurs incertitudes, ainsi que les références et les données utilisées pour l'établissement de cette liste. J'aimerais vous rappeler encore une fois que, sans la compétence scientifique du personnel du BIPM, la préparation d'un document aussi complexe, rassemblant comme il le fait les résultats provenant de nombreux laboratoires nationaux, se serait révélée beaucoup plus ardue.

L'intention première concrétisée par la Convention du Mètre était de faire du BIPM une institution scientifique, elle était pleinement justifiée en 1875, elle demeure pleinement justifiée de nos jours.

Interférométrie. — La comparaison des fréquences de lasers par mesure de la fréquence des battements n'est possible que pour des fréquences de battement inférieures à quelques gigahertz. Lorsque leur différence de fréquence est supérieure, les radiations de lasers ne peuvent à l'heure actuelle être comparées que par le truchement de comparaisons de longueurs d'onde, par interférométrie. L'interféromètre de Michelson du BIPM, construit à l'origine par A. A. Michelson lui-même aux environs de 1892 (bien que profondément modifié depuis lors), a été utilisé pour faire des comparaisons de longueurs d'onde de lasers asservis sur l'iode à 633 nm, 612 nm et 515 nm. L'écart-type de la composante aléatoire de l'incertitude de ces comparaisons était d'environ 2×10^{-10} . Cela représente la limite avec laquelle on peut effectuer de telles comparaisons de longueur d'onde en utilisant cet interféromètre. Une conséquence de la nouvelle définition du mètre sera un accroissement de la demande de mesures plus exactes de la longueur d'onde des radiations émises par les lasers. Il paraît souhaitable de trouver le moyen d'équiper le BIPM d'un nouvel interféromètre avec lequel on puisse obtenir une meilleure exactitude, comme cela s'est déjà fait dans certains laboratoires nationaux.

2. Masses

Étalons de masse. — Le kilogramme reste défini comme la masse du Kilogramme Prototype International déposé à Sèvres. Il continuera vraisemblablement d'en être ainsi dans l'avenir prévisible. Bien que la plupart des étalons de travail de masse soient maintenant en acier inoxydable, les étalons primaires continuent à être fabriqués en platine allié à 10 % d'iridium. La stabilité de la masse des étalons en platine iridié est supérieure à celle des étalons en acier inoxydable ou en tout autre alliage. C'est la raison pour laquelle les pays membres de la Convention du Mètre demandent de temps en temps au BIPM de leur fournir de nouveaux prototypes en platine iridié. Au cours des dernières années, la mise au point au BIPM d'une technique pour usiner et ajuster les étalons en platine iridié à l'aide d'un outil à pointe de diamant constitue un succès important. Cette mise au point a été précédée de discussions avec le fabricant de l'alliage, Johnson-Matthey à Londres, et le National Physical Laboratory, discussions qui ont conduit à modifier la façon dont est préparé le lingot d'alliage. La nouvelle méthode donne un lingot qui a un grain très fin et une porosité négligeable. En l'usinant à l'outil au diamant, il est maintenant possible de fabriquer un Kilogramme prototype en platine iridié dont la masse est de 1 kg à 200 µg près. Les recherches se poursuivent pour étudier la stabilité à long terme des kilogrammes fabriqués selon cette méthode. Nous avons étalonné des étalons de masse pour l'Afrique du Sud, l'Australie, la Belgique, la Bulgarie, les États-Unis d'Amérique, la France, l'Irak, Israël, le Japon, la République Démocratique Allemande, la République Populaire de Chine, la République de Corée, la Roumanie, le Royaume-Uni et la Tchécoslovaquie.

Balances. — Nous avons étudié le comportement de nos balances afin d'en améliorer le fonctionnement. En particulier, la balance Rueprecht de 1 kg à bras égaux a été entièrement révisée par Chyo Balance Co. (Japon) et modifiée pour permettre des pesées par substitution. Des dispositions ont été prises pour ajouter un asservissement au fléau de la balance. La balance la plus précise du BIPM, la balance NBS-2 à un

seul plateau, a continué d'être utilisée pour toutes les comparaisons d'étalons du kilogramme en platine iridié. Nous avons, cependant, découvert que cette balance, et probablement toutes les balances à couteaux qui ne sont pas asservies, présente une incertitude systématique qui s'élève à quelques millièmes de la différence entre les masses que l'on compare. Il est presque certain que cela est dû à la perturbation du contact entre le couteau et son plan de support lorsque le fléau prend une nouvelle position d'équilibre. D'autres recherches sont en cours pour élucider l'origine de ce problème. Pour remplacer la balance à couteaux, des recherches sont faites sur un nouveau type de balance à suspension flexible pour comparer les étalons de 1 kg.

Masse volumique. — Dans le cadre des travaux, coordonnés par le nouveau CCM, sur le calcul et la mesure de la masse volumique de l'air, on a comparé au BIPM, au Japon et en Australie des étalons de masse de 1 kg en platine iridié et en acier inoxydable. Les résultats ont été très satisfaisants et ont confirmé l'exactitude de la nouvelle formule pour le calcul de la masse volumique de l'air récemment adoptée par le CIPM. On envisage de faire d'autres comparaisons de ce type avec des laboratoires situés dans d'autres pays. On a effectué des mesures sur la variation de la masse volumique de l'eau en fonction de la quantité d'air dissous, dans le domaine de température compris entre 4 °C et 22 °C. Ces travaux se font en liaison étroite avec les travaux sur la mesure absolue de la masse volumique de l'eau qui sont effectués au Japon et en Australie.

3. Température

On a étalonné des thermomètres à résistance de platine et des thermocouples pour l'Afrique du Sud, la Belgique, le Danemark, la Finlande, la Hongrie, la Norvège, les Pays-Bas, la République Fédérale d'Allemagne, la République Populaire de Chine, la Suède et la Suisse. On a fait des mesures de la température du point triple du gallium (voisine de 30 °C) avec trois échantillons de métal d'origines différentes. Dans les limites des incertitudes de mesure qui approchent le dixième de millikelvin, nous n'avons trouvé aucune différence. Un bon accord a été également trouvé lors de mesures comparatives avec le National Physical Laboratory (Royaume-Uni). La température du point triple de l'eau réalisé dans des cellules de différentes origines est un facteur important pour la réalisation du kelvin et de l'EIPT. Nous avons maintenant fait des mesures comparatives sur des cellules à point triple de l'eau en provenance des États-Unis d'Amérique, d'Italie, de République Démocratique Allemande, de République Fédérale d'Allemagne, de République Populaire de Chine et du Royaume-Uni. Les différences entre cellules excèdent rarement un dixième de millikelvin, dans la plupart des cas les différences sont de quelques centièmes de millikelvin. Dans le cadre des recherches effectuées à l'échelle mondiale et visant à donner une meilleure connaissance des différences entre l'EIPT-68 et la température thermodynamique, des mesures radiométriques sont faites actuellement dans le domaine de 419 °C à 630 °C. Un système entièrement automatique a été installé; il permet d'obtenir, à une longueur d'onde voisine de 1 μm , le rapport des luminances spectrales de deux corps noirs à des températures comprises dans ce domaine. Toutefois, il subsiste des problèmes liés à la stabilité des thermomètres à résistance de platine que l'on utilise pour obtenir T_{68} à l'intérieur des corps noirs. En préparation de mesures qui vont être faites avec de nouveaux thermomètres à résistance de platine à température élevée, nous avons construit une série de fours pour réaliser les points fixes de divers métaux. Nous disposons maintenant d'un point triple du gallium (ainsi qu'il a déjà été dit) et des points de congélation de l'étain, du zinc, de l'aluminium, de l'argent et de l'or. De plus, on a construit un four spécial pour recuire les

thermomètres après utilisation à température élevée et avant mesure au point triple de l'eau. Dans le domaine des basses températures, nous avons participé à une comparaison internationale par circulation de cellules scellées à point triple. Cette comparaison était organisée par un laboratoire italien sous les auspices du CCT et nous avons fourni des cellules contenant de l'argon ou du méthane. Les résultats de cette comparaison ont été excellents et il est presque certain qu'ils auront une influence majeure sur la façon dont sera conçue la partie se rapportant aux basses températures dans la prochaine EIPT.

4. Étalons électriques

Tension. — Depuis que le BIPM travaille sur l'effet Josephson et s'est doté d'une tension de référence fondée sur cet effet, connue comme V_{76-BI} , l'ensemble des installations de comparaison de tensions et de conservation de piles étalons a été entièrement révisé. Cela a eu pour conséquence d'améliorer nettement l'exactitude et la reproductibilité de notre équipement. Nous sommes maintenant en mesure de conserver notre tension de référence dans les intervalles entre nos mesures de l'effet Josephson, qui sont faites environ six fois par an, et d'étalonner des piles par rapport au volt obtenu au moyen de l'effet Josephson avec une incertitude globale inférieure à 10 nV.

L'obtention de cette exactitude a été grandement facilitée par l'introduction de mini-ordinateurs pour l'enregistrement et le traitement de tous les résultats. De plus, on construit actuellement un système entièrement automatisé, piloté par ordinateur, pour effectuer les étalonnages de routine. L'exactitude de ce système pour les comparaisons approche 10 nV. Pour atteindre de telles exactitudes dans la conservation d'une tension de référence au moyen de piles étalons, entre les mesures de l'effet Josephson, il est nécessaire de maintenir constante la température des piles. Bien qu'il ne nous soit pas nécessaire de connaître la valeur de la température dans l'EIPT-68, il faut être certain que la dérive de la température reste nettement inférieure à 0,1 mK par jour, et bien veiller à éliminer toute interférence électrique. Nous avons des groupes de piles qui sont conservées dans ces conditions depuis bientôt quatre ans. Elles présentent une dérive moyenne, linéaire et stable de 6 nV par mois par rapport à la tension de référence Josephson. On a comparé V_{76-BI} à l'aide de piles étalons de transfert, avec les tensions de référence de l'Afrique du Sud, de la Bulgarie, du Canada, de la France, de la Hongrie, de l'Italie, de la Norvège, des Pays-Bas, de la République Populaire de Chine, de la Roumanie et de l'URSS. L'exactitude avec laquelle on peut effectuer ces comparaisons internationales est sérieusement limitée par le manque de stabilité des piles étalons lors du transport. D'après notre expérience, l'incertitude totale des comparaisons faites ainsi, en utilisant des piles étalons qui sont transportées dans des enceintes thermorégulées, est à peine inférieure à 0,5 μ V. Avec beaucoup de soin on pourrait peut-être réduire cette incertitude, mais de toute évidence le besoin d'un meilleur étalon de transfert de tension est maintenant pressant.

Résistance. — Nous travaillons actuellement à la modernisation et à l'amélioration de l'exactitude de tous nos étalons de résistance et des installations de comparaison. Cela devient urgent en raison du développement extrêmement rapide de l'application de l'effet Hall quantique aux mesures d'étalons de résistance : il sera probablement nécessaire d'installer un système de ce genre au BIPM dans l'avenir. Nous avons fait des mesures du coefficient de pression de nos principaux étalons de référence de 1 Ω ; nous avons constaté ainsi que certains d'entre eux ont des coefficients de pression suffisamment élevés pour qu'on doive tenir compte des variations de la pression

atmosphérique par une correction appropriée si l'on veut atteindre une exactitude de $10^{-8} \Omega$. Un pont cryogénique utilisant un détecteur SQUID pour comparer des étalons de résistance de 1Ω est en cours de construction ; on procède actuellement à l'étude de ses performances. Nous avons effectué des comparaisons de résistances de 1Ω ou de $10^4 \Omega$ pour la Bulgarie, le Canada, le Danemark, les États-Unis d'Amérique, la France, l'Italie, le Japon, la Norvège, les Pays-Bas, la Pologne, le Royaume-Uni et l'URSS.

Capacité. — L'unité de capacité est conservée au BIPM au moyen de quatre condensateurs étalons de 10 pF maintenus à 25°C dans un bain d'huile. Ces condensateurs ont été comparés à des étalons voyageurs en provenance du NBS et du NPL, deux laboratoires qui sont équipés de condensateurs calculables avec lesquels on peut réaliser l'ohm.

5. Étalons photométriques et radiométriques

Dans les domaines de la photométrie et de la radiométrie, nos activités sont restées à un niveau réduit depuis la dernière Conférence Générale. En dépit d'une demande expresse du CCPR et du CIPM pour un effort accru dans ces domaines, il s'est avéré impossible de dégager le personnel et les ressources nécessaires pour entreprendre des travaux au cours des quatre années écoulées. Grâce à un don généreux de l'Afrique du Sud, nous avons maintenant un radiomètre absolu. Il a été utilisé, avec un filtre $V(\lambda)$, pour effectuer des mesures de lampes étalons photométriques. Des comparaisons ont été faites entre les étalons du BIPM et des étalons d'intensité lumineuse et de flux lumineux provenant d'Autriche, de Belgique, de Bulgarie, de Pologne, de Suède, de Suisse et de Tchécoslovaquie. Nous avons aussi participé à une comparaison internationale de récepteurs $V(\lambda)$ organisée par le PTB (République Fédérale d'Allemagne) et à une comparaison d'un nouveau type de lampe photométrique organisée par le NPL (Royaume-Uni). Une comparaison internationale doit commencer prochainement, sous les auspices du CCPR ; elle portera sur des étalons d'intensité et de flux lumineux et n'intéressera pas moins de douze pays.

6. Étalons de pression

Les travaux effectués dans la section de thermométrie sur le point triple de l'argon ont conduit à la mise au point au BIPM d'un étalon de transfert de pression très fiable constitué par une cellule scellée utilisant ce point triple comme point fixe de pression.

Lorsque l'argon est refroidi à une température qui correspond à son point triple, température voisine de 84 K , la pression de vapeur saturante se fixe au voisinage de 69 kPa ; la reproductibilité de la pression paraît être de quelques dixièmes de pascal. L'appareil a circulé dans des laboratoires en France, en Italie et au Royaume-Uni, et des comparaisons ont été faites avec des baromètres primaires à colonne de mercure. Le manobaromètre primaire du BIPM, à colonne de mercure, continue d'être une référence essentielle, en particulier pour la section des masses où l'on a besoin de mesures de pression meilleures que ce que peuvent donner la plupart des instruments de mesure de pression que l'on trouve dans le commerce.

7. Gravimétrie

Le gravimètre absolu transportable fondé sur une méthode de mesure, dite à stations multiples, a été achevé et la première série de mesures a été faite. Ce nouveau

gravimètre a été construit en collaboration avec les Ets Jaeger (France) en vue de remplacer le gravimètre absolu original qui a commencé à fonctionner au BIPM en 1967. Le principe de ce nouvel instrument consiste à lancer dans le vide un trièdre rétroréfléchissant selon une trajectoire verticale atteignant une hauteur d'environ 40 cm comme dans notre gravimètre précédent ; un interféromètre optique et un chronomètre servent à enregistrer les instants de passage à plus de cinq cents positions précises, contre deux positions pour la précédente installation. Les résultats enregistrés permettent d'effectuer un ajustement, par la méthode des moindres carrés, des paramètres d'une loi de mouvement idéale, d'où l'on peut déduire la valeur de g . Le microprocesseur utilisé pour cet ajustement permet d'y inclure, par exemple, le coefficient de freinage par l'air résiduel ou la variation de g avec l'altitude; il fournit rapidement une courbe des écarts résiduels. Cette nouvelle façon de traiter les résultats conduit à des améliorations considérables de notre connaissance du comportement détaillé de l'instrument.

Les premières comparaisons internationales de gravimètres absolus ont eu lieu au BIPM en 1981 et en 1982 sous les auspices de l'Association Internationale de Géodésie. Des gravimètres absolus en provenance des États-Unis d'Amérique, d'Italie et d'URSS y ont pris part.

8. Rayons X, rayons γ et électrons

Dans le domaine des rayons X, des comparaisons directes d'étalons d'exposition ont été faites avec l'Espagne, dans le domaine de 10 kV à 50 kV, et des comparaisons indirectes utilisant des chambres d'ionisation comme étalons de transfert dans le domaine de 100 à 250 kV avec l'Autriche et le Royaume-Uni. On a également étalonné des étalons secondaires dans le domaine de 10 à 50 kV pour la Norvège et la Suède et dans le domaine de 100 à 250 kV pour le Danemark, l'Espagne et la Suède. On a calculé les valeurs du kerma dans l'air et du kerma dans l'eau d'après des mesures d'exposition. Différentes améliorations et modifications ont été apportées au circuit de mesure du courant du tube à rayons X à 300 kV du BIPM.

Dans le domaine des rayons γ , des chambres d'ionisation destinées à constituer soit des étalons d'exposition soit des étalons secondaires d'exposition ou de dose absorbée dans le graphite ont été mesurées au BIPM pour l'Autriche, le Danemark, l'Espagne, la Norvège, le Royaume-Uni et la Suède. On a fait des calculs théoriques des facteurs de correction pour la chambre d'ionisation du BIPM qui est utilisée pour la mesure de la dose absorbée dans le graphite. Le BIPM a entrepris l'irradiation d'échantillons de sulfate ferreux pour les laboratoires qui ont participé à la comparaison internationale de dosimètres chimiques organisée sous les auspices du CCEMRI. Pour cette comparaison, la valeur de la dose absorbée dans l'eau a été fournie par le BIPM à partir de calculs permettant de passer de la dose absorbée dans le graphite à la dose absorbée dans l'eau.

Dans le domaine des électrons, nos efforts ont été consacrés à la construction d'appareils avec lesquels nous avons l'intention de mesurer le rapport des énergies d'ionisation W dans le gaz équivalent au tissu et dans l'air. La plus grosse partie de cet équipement est maintenant montée et les différents éléments sont actuellement soumis à des essais.

9. Radionucléides

Différentes difficultés surgissent pour établir et conserver des étalons d'activité ; elles sont dues essentiellement à la variété et à la complexité considérable des schémas de

désintégration des radionucléides. Toutefois, il est possible d'imaginer en détail ce que pourraient être une méthode de mesure absolue et un étalon idéal. Le rôle du BIPM dans ce domaine consiste par conséquent à mettre au point ou à améliorer les techniques de mesure, à comparer et à conserver les résultats et à les incorporer éventuellement dans le Système international de référence pour la mesure de l'activité d'émetteurs de rayons γ . De plus, l'organisation ou la coordination par le BIPM de comparaisons internationales de mesures d'activité n'ont rien perdu de leur importance. Depuis la dernière Conférence Générale, il y a eu des comparaisons de trois radionucléides entre des groupes de laboratoires qui comprenaient de 6 à 20 participants.

Après sept ans de fonctionnement, le Système international de référence comprend à ce jour environ 250 résultats, se rapportant à des échantillons de quarante-deux radionucléides, fournis par vingt laboratoires. Les cinq sources de radium de référence sont contrôlées tous les mois et comparées avec deux sources récemment acquises ; ces dernières sources contiennent du radium datant de 1912 qui se trouve par conséquent dans l'état d'équilibre radioactif le meilleur possible. Quinze autres laboratoires ont acheté aussi des sources de ce type. On peut maintenant effectuer les contrôles nécessaires de la pureté des échantillons reçus au moyen du spectromètre à rayons γ , nouvellement installé, qui utilise un détecteur à germanium compensé au lithium.

Un important progrès a été fait dans les mesures d'activité par l'invention, au BIPM, de la méthode dite d'échantillonnage sélectif. Comme la méthode par coïncidences, elle peut s'appliquer aux radionucléides qui se désintègrent par l'émission simultanée de particules ou de rayonnements multiples. Elle diffère de la méthode par coïncidences en ce qu'elle permet une mesure directe de l'efficacité de l'un des détecteurs sans avoir recours à un circuit de coïncidences. Elle peut être utilisée avec une bonne exactitude pour les mesures à taux de comptage élevé, domaine où la méthode traditionnelle par coïncidences devient d'une utilisation difficile. On peut l'utiliser aussi avec certains nucléides dont la désintégration passe par un état métastable des noyaux de la substance fille. Cette nouvelle méthode fait maintenant l'objet d'études de détail, aussi bien au BIPM que dans plusieurs autres laboratoires, pour vérifier expérimentalement ses possibilités.

10. Neutrons

Dans le domaine des neutrons, nous avons participé à une comparaison internationale du taux d'émission d'une source de ^{252}Cf entre douze laboratoires, et à une comparaison de débit de fluence entre onze laboratoires. Un laboratoire de la Commission des Communautés Européennes a joué le rôle de coordonnateur pour chaque instrument de transfert utilisé dans la comparaison de débit de fluence. En vue de futures comparaisons internationales de dosimètres neutroniques, nous avons entrepris l'étude de différents types de chambres d'ionisation équivalentes au tissu. Le but est d'en choisir certaines comme instruments de transfert et de référence. La Section III du CCEMRI a demandé au BIPM d'organiser une comparaison internationale en faisant circuler les instruments de transfert entre les participants. Il est prévu que cette comparaison commence en 1984. Des essais préliminaires ont été faits en utilisant la source de ^{60}Co et la source de neutrons de 14,7 MeV du BIPM. Parmi les principaux domaines d'activité expérimentale, il faut mentionner la mesure de la sensibilité neutronique à 14,61 MeV de notre long compteur, dans le but de l'utiliser pour mesurer le débit de fluence de neutrons, la mesure de la sensibilité aux neutrons et aux rayons γ du compteur Geiger-Müller, afin de séparer les deux composantes

(neutrons et photons) dans le champ neutronique, et la mesure du débit de fluence en utilisant le système niobium/zirconium comme instrument de transfert, méthode qui a été étudiée par le NPL (Royaume-Uni).

11. *Temps Atomique International*

Cela fait maintenant plus de dix ans que le Comité International a commencé à collaborer avec le Bureau International de l'Heure pour établir et conserver le Temps Atomique International (TAI) et suivre le Temps Universel Coordonné (UTC), conformément à la Résolution 2 de la Quatorzième Conférence Générale (1971) qui fut reprise par la Résolution 4 de la Quinzième Conférence Générale (1975). Dans ces Résolutions, la Conférence Générale exprimait clairement que le Comité International devait prendre toutes les mesures nécessaires pour collaborer avec le BIH pour assurer le bon fonctionnement du TAI. Dans la pratique, cela s'est traduit par la participation d'un membre du personnel du Bureau International à la mise au point et au fonctionnement quotidien du TAI. Avec l'accroissement de l'exactitude que les communications par satellite permettent pour les comparaisons d'horloges, nous avons constaté que l'établissement du TAI devient une tâche de plus en plus complexe. Il est par conséquent vraisemblable que la participation du Bureau International aux activités liées au TAI augmentera aussi. Il y a maintenant environ cent vingt horloges qui participent à l'établissement du TAI, dont seul un très petit nombre, trois ou moins, sont des étalons primaires indépendants. La grande majorité est constituée d'horloges à césium commerciales. Au cours des dernières années, de gros efforts ont été consacrés à étudier les résultats des comparaisons d'horloges, dont la plupart ont été faites au moyen des liaisons radio à basse fréquence du Loran-C ou par l'intermédiaire des réseaux de télévision. Pendant les quatre dernières années, cependant, nous avons participé aux premières comparaisons directes utilisant des liaisons par satellite; il est évident que cette méthode permet d'obtenir une grande amélioration de l'exactitude. Le stockage et l'utilisation de l'ensemble des données qui servent à l'établissement du TAI a été aussi pour nous un sujet de préoccupation; un gros effort a été fait pour faciliter l'accès à ces données. Après une première période de grande activité pendant laquelle le TAI a été établi, on assiste maintenant à une période de consolidation. La possibilité de communiquer par satellite ouvre une nouvelle période de grande activité dans le domaine des comparaisons d'horloges et il ne fait aucun doute que des améliorations importantes sont possibles dans de nombreux domaines liés au TAI.

12. *Publications du BIPM*

Depuis octobre 1979, le BIPM a publié :

- *Comptes rendus des séances de la 16^e Conférence Générale* (1979), 136 pages.
- *Procès-verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures* : Tomes 47 (68^e session, 1979), 146 pages, 48 (69^e session, 1980), 190 pages, 49 (70^e session, 1981), 192 pages, 50 (71^e session, 1982), 153 pages.
- *Comité Consultatif d'Électricité*, 15^e session (1978), 124 pages.
- *Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie* : 10^e session (1982), 114 pages.
- *Comité Consultatif de Thermométrie* : 12^e session (1978), 180 pages, 13^e session (1980), 128 pages, 14^e session (1982), 151 pages.
- *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre* : 6^e session (1979), 68 pages, 7^e session (1982), 153 pages.
- *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde* : 9^e session (1980), 27 pages.

- *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants* : 8^e session (1979), 52 pages, 9^e session (1981), 34 pages.
 - Section I (Rayons X et γ , électrons), 5^e réunion (1979), 18 pages, 6^e réunion (1981), 42 pages.
 - Section II (Mesure des radionucléides), 5^e réunion (1979), 14 pages, 6^e réunion (1981), 30 pages.
 - Section III (Mesures neutroniques), 4^e réunion (1979), 14 pages, 5^e réunion (1981), 30 pages.
- *Comité Consultatif des Unités* : 7^e session (1980), 30 pages, 8^e session (1982), 42 pages.
- *Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées* : 1^{re} session (1981), 54 pages.
- *Recueil de Travaux du BIPM* : Vol. 7 (1979-1980), 46 articles.
- *Le Système International d'Unités (SI)*, 4^e édition (1981), 50 pages.

En plus de ces publications, il y a eu 42 rapports BIPM ou Monographies, dont on peut obtenir les titres et des copies auprès du BIPM. En 1980, Mr H. Preston-Thomas, membre du Comité International, s'est démis de sa charge de rédacteur en chef de la revue scientifique *Metrologia* après en avoir assumé la responsabilité pendant plus de dix ans avec une grande compétence. La responsabilité de la rédaction a été confiée depuis lors au BIPM, où elle est prise en charge par Mr R.P. Hudson, qui a travaillé précédemment pendant de nombreuses années au National Bureau of Standards, à Washington. Il est raisonnable que *Metrologia* soit édité à partir du BIPM puisque cette revue est la seule revue internationale de métrologie scientifique, et qu'elle fut créée et publiée par Springer-Verlag sous les auspices du CIPM. Depuis la création de *Metrologia* en 1965, le Directeur du BIPM prépare un résumé annuel des activités de notre organisation sous le titre « News from the BIPM ». Ce résumé, ou des extraits, peuvent être repris librement dans toute revue nationale de métrologie.

13. Conclusion

Dans tous les domaines de la métrologie fondamentale, les travaux du BIPM restent, après plus de cent ans, essentiels pour assurer l'uniformité mondiale des mesures physiques pour la science, l'industrie et le commerce international. Avec un budget très modeste, nous entretenons un laboratoire et un personnel scientifique dont l'efficacité et la compétence sont universellement reconnues. Une aide importante nous est apportée par les grands laboratoires nationaux sous forme d'assistance technique et même matérielle ; pour tout cela je tiens à leur exprimer mes remerciements ainsi que ceux du directeur et du personnel du Bureau International. En discutant des importantes questions relatives au budget du Bureau, nous ne devons pas perdre de vue les buts en vue desquels nous votons les moyens financiers. Il s'agit d'entretenir le BIPM comme une institution scientifique afin qu'elle puisse continuer à assumer le rôle fondamental qui lui a été assigné par la Convention du Mètre et qui a été confirmé par les Conférences Générales successives.

Le PRÉSIDENT remercie Mr DUNWORTH pour la clarté de son rapport. Cet exposé de synthèse ne donne pas lieu à discussions ; celles-ci viendront ultérieurement après la présentation de chacun des rapports des Comités Consultatifs auprès du CIPM, Comités qui sont précisément chargés d'étudier des problèmes techniques et scientifiques.

Suivant l'usage maintenant établi, le CIPM a suggéré que la Conférence constitue un « Groupe de travail pour la dotation du BIPM pour les quatre années 1985-1988 ». Mr BLANC-LAPIERRE propose que la présidence de ce Groupe de travail soit confiée à Mr KIND, Vice-Président du CIPM, proposition qui est adoptée par applaudissements. Il passe ensuite la parole à Mr DE BOER pour la constitution du Groupe de travail. Celui-ci rappelle la composition du Groupe de travail analogue constitué à l'occasion de la 16^e CGPM et propose de conserver à très peu près la même composition ; il suggère de remplacer le Brésil par l'Argentine. La liste proposée comprend donc des représentants des douze États suivants : Allemagne (Rép. Féd. d'), Amérique (États-Unis d'), Argentine (Rép.), Bulgarie, Chine (Rép. Pop. de), Espagne, France, Italie, Japon, Roumanie, Royaume-Uni, U.R.S.S.

Aucune remarque ni demande d'adjonction n'étant faite, la proposition est acceptée.

La séance est levée à 12 h 35 min.

DEUXIÈME SÉANCE

DE LA 17^e CONFÉRENCE GÉNÉRALE

DES POIDS ET MESURES

tenue le lundi 17 octobre 1983, à 15 heures

Le PRÉSIDENT indique que l'Ordre du jour appelle la présentation des rapports préparés par les présidents des huit Comités Consultatifs. Le texte de ces rapports a été distribué aux participants. Ces rapports seront soumis à discussion ; en revanche, il est convenu que le vote des projets de résolutions en liaison avec les travaux de l'un ou l'autre de ces Comités est reporté à la quatrième séance (p. 81) le jeudi 20 octobre.

7. Définition du mètre

La parole est donnée à Mr D. KIND, président du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM), qui présente son rapport sur les principales questions traitées par ce Comité :

A la 16^e Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM), les pays membres de la Convention du Mètre ont été informés que les activités à long terme conduisant à une nouvelle définition du mètre s'étaient intensifiées. Une nouvelle définition a été envisagée par le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM) en 1979 ; elle était déjà fondée sur une valeur admise par convention pour la vitesse de la lumière dans le vide. Depuis lors, les travaux du CCDM se sont concentrés sur ce sujet de la plus haute importance. Cet effort a abouti à la rédaction des projets de résolutions A et B qui sont soumis à la présente CGPM et qui, nous l'espérons, seront approuvés.

Puisqu'il était devenu évident qu'une nouvelle définition serait d'une importance fondamentale pour le SI, le CIPM, lors de sa session de 1980, avait demandé aux présidents du Comité Consultatif des Unités (CCU) et du CCDM de réunir un Groupe de travail *ad hoc* comportant des physiciens de ces deux Comités. Cette réunion s'est tenue en avril 1981 ; elle a conduit à un accord général sur le contenu physique de la nouvelle définition du mètre envisagée.

En conséquence, lors de sa réunion de juin 1982, le CCDM a mis au point la rédaction de la future définition ; il a aussi préparé un projet contenant des indications sur la mise en pratique de l'unité de longueur selon cette même définition. Cela a été rendu possible grâce à des mesures précises de fréquences optiques, effectuées

récemment dans certains laboratoires. En 1982, le CIPM a accepté la proposition du CCDM et a décidé de la soumettre à l'approbation de la présente Conférence Générale.

Bien évidemment, au cours des quatre dernières années, le CCDM s'est aussi occupé d'autres questions, comme on peut le voir d'après les rapports rédigés par W.R.C. Rowley. Mais on ne parlera ici en détail que des travaux du CCDM relatifs à la nouvelle définition du mètre.

Groupe de travail ad hoc CCDM/CCU, 28-29 avril 1981

La réunion a été présidée par le Prof. J. de Boer, président du CCU. Il incombait à ce Groupe de travail d'étudier les diverses rédactions possibles d'une nouvelle définition du mètre fondée sur la valeur 299 792 458 m/s admise par convention pour la vitesse de la lumière.

Quatre propositions principales ont été étudiées :

- (1) Le mètre est la longueur égale à $9\,192\,631\,770/299\,792\,458$ longueurs d'onde dans le vide de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133.
- (2) Le mètre est la longueur égale à $f/299\,792\,458$ longueurs d'onde dans le vide d'une onde électromagnétique plane infinie de fréquence f hertz.
- (3) Le mètre est la longueur égale à la longueur d'onde dans le vide d'une onde électromagnétique plane infinie de fréquence 299 792 458 hertz.
- (4) Le mètre est la longueur égale au trajet parcouru dans le vide par des ondes électromagnétiques planes infinies pendant une durée de $1/299\,792\,458$ de seconde.

De nombreux commentaires ont été discutés, tant par correspondance que lors de la réunion. On est parvenu à la conclusion que les différences entre les rédactions étaient essentiellement formelles et que le problème du choix d'une rédaction ne devait pas constituer une raison pour retarder la décision.

Les différents arguments avancés par les participants et dans les documents de travail ont été classés en trois groupes :

- généralité, simplicité et clarté, du point de vue scientifique;
- perturbation minimale apportée au SI;
- lien avec la mise en pratique.

Après des discussions prolongées et approfondies, la majorité des opinions exprimées en réunion étaient en faveur de la formulation (4), qui définit le mètre comme la longueur parcourue dans le vide par des ondes électromagnétiques planes dans un intervalle de temps donné. Toutefois, il restait à apprécier l'opportunité de la mise en vigueur de cette définition, suivant les progrès des mesures de fréquence des ondes électromagnétiques dans le domaine du visible ; l'appréciation de cette opportunité devait par conséquent être laissée à la discrétion du CCDM.

7^e session du CCDM, 3-4 juin 1982

Le Comité a tout d'abord discuté des progrès réalisés depuis sa 6^e session, en 1979, dans les mesures de la fréquence, de la longueur d'onde et de la reproductibilité des lasers asservis. La plupart des mesures de fréquence dont il a été question se rapportaient à la radiation du laser à He-Ne, asservi sur l'absorption saturée du méthane, à une longueur d'onde de 3,39 μm . L'incertitude relative obtenue par rapport

à l'étalon à césium était estimée meilleure que 2×10^{-10} . Plusieurs laboratoires avaient également fait des mesures de fréquence de radiations de lasers à dioxyde de carbone, correspondant à des longueurs d'onde voisines de $10 \mu\text{m}$. Le National Bureau of Standards a rendu compte de mesures particulièrement significatives : en utilisant exclusivement des mesures de fréquence, la fréquence de deux radiations visibles de lasers asservis (longueurs d'onde 576 nm et 633 nm) a été déterminée avec une incertitude relative estimée à $1,5 \times 10^{-10}$. Plusieurs laboratoires nationaux ont aussi rendu compte de nouvelles mesures interférentielles de rapports de longueurs d'onde, avec des précisions élevées. Ces rapports ont été aussi utilisés pour déterminer la fréquence des radiations de lasers asservis. Les incertitudes relatives estimées sur les rapports de longueurs d'onde allaient de 1×10^{-10} à 3×10^{-10} pour les comparaisons entre radiations dans le domaine du visible ; mais pour les comparaisons de radiations visibles à des radiations infrarouges, les incertitudes se situaient entre 2×10^{-10} et 2×10^{-9} . On a été d'accord pour estimer qu'en pratique, avec des lasers asservis, la reproductibilité de fréquence que l'on peut atteindre à l'heure actuelle est de l'ordre de 10^{-10} à 10^{-11} .

Au vu des progrès dont il a été rendu compte, les participants ont eu à répondre aux questions fondamentales suivantes :

Les travaux effectués jusqu'ici et les exactitudes actuellement atteintes sont-ils suffisants pour que les avantages d'une nouvelle définition soient effectifs ?

Un accord est-il maintenant possible sur le détail des moyens à recommander et des spécifications pour la mise en pratique d'une nouvelle définition ?

Le moment est-il venu de recommander une nouvelle définition du mètre ?

Sans réserve, chaque participant a répondu par l'affirmative à ces questions.

A ce stade, on a discuté dans le détail la formulation proposée par le Groupe de travail *ad hoc* CCDM/CCU. Une recommandation, pratiquement identique au projet de résolution A qui figure à la page 14 (document de convocation de cette Conférence) a été adoptée à l'unanimité.

Dès le début des discussions sur la proposition d'une nouvelle définition du mètre, il est apparu clairement que le problème de sa mise en pratique serait d'une importance majeure. Dans cette optique, le CCDM a préparé un projet d'instructions pour la mise en pratique ; ces instructions comportent, entre autres, une liste de radiations recommandées. Comme cette liste devra être complétée et améliorée de temps en temps, selon les progrès réalisés, le document de convocation de la présente Conférence contient le projet d'une résolution assez générale à l'intention du CIPM (projet de résolution B, page 15).

Le CCDM pense avoir montré que le temps est venu de promulguer une nouvelle définition du mètre, unité de longueur et l'une des unités de base du SI. Au nom des membres de ce Comité Consultatif, j'appuie fortement les projets de résolutions A et B proposés par le CIPM à la 17^e CGPM. Le CCDM est convaincu que cette nouvelle définition ouvrira la voie à de nouveaux progrès en métrologie scientifique et qu'elle contribuera aussi à améliorer les possibilités des mesures pratiques de longueur de grande précision.

Le PRÉSIDENT remercie Mr Kind pour son rapport et l'ensemble du CCDM pour le travail accompli. Il ouvre ensuite la discussion.

Mr GRIVET (France) félicite Mr Kind pour le fait, à son avis fort important, que la définition proposée est ouverte sur l'avenir.

Mr ROTTER (Autriche) observe que, dans la définition, on parle de lumière alors que, dans le projet de recommandation pour la mise en pratique, on parle d'ondes électromagnétiques. Cela lui semble peu cohérent. Le terme « ondes électromagnétiques » lui semble préférable.

Mr KIND répond que la définition proposée est claire. Elle fait appel à la vitesse de la lumière. Le CCDM a estimé qu'il était préférable de se référer à la vitesse de la lumière plutôt qu'à la vitesse des ondes électromagnétiques. Ce faisant, on se libère de considérations secondaires. Il s'agit là d'un choix de termes délibéré, mûrement réfléchi. Le Comité Consultatif a cherché pour la définition une formulation aisément compréhensible par tout le monde, même en dehors des milieux scientifiques. De plus, il ne faut pas confondre la formulation de la définition elle-même et les conditions de mise en pratique. Pour l'instant il ne s'agit que de la définition.

Mr EGIDI (Italie) critique l'expression « une valeur exacte » s'appliquant à la vitesse de la lumière dans le 6^e considérant du projet de résolution A. Il lui préférerait l'expression « une valeur fixée ».

Le Secrétaire de la Conférence, Mr de BOER, intervient pour rappeler aux délégués que la discussion doit porter exclusivement sur le texte français. C'est le texte français qui fera foi, après qu'il aura été approuvé par la Conférence.

Mr TERRIEN, directeur honoraire du BIPM, exprime son approbation enthousiaste de la définition proposée. Il répond à la question de l'Autriche en indiquant que les ambiguïtés qui peuvent subsister dans la nouvelle définition seront effacées par les règles de mise en pratique. Celles-ci ne sont certes pas incluses dans la définition mais elles sont aussi importantes que la définition elle-même. Enfin il insiste sur l'avantage que représente pour l'astronomie et la géophysique le fait que la valeur de la vitesse de la lumière se trouve ainsi maintenant fixée.

Répondant à Mr Egidi, Mr GIACOMO précise qu'il y a d'une part la définition qui s'adresse à tout le monde, y compris aux enfants des écoles, et la mise en pratique qui s'adresse aux spécialistes. La langue à utiliser dans l'un ou l'autre cas n'est pas la même. Il pense que le CCDM a bien eu l'intention de parler d'une « valeur exacte », c'est-à-dire une valeur numérique qui n'est pas approximative. La valeur que l'on donne pour la vitesse de la lumière est une valeur exacte. Dans ces conditions, il serait redondant de parler de valeur « fixée ».

Mr EGIDI propose de dire : « fixer une valeur exacte ». Mr GIACOMO estime que ce serait trop dogmatique. Il s'agit là de prudence. En « donnant » une valeur et en ne la « fixant » pas, on ne préjuge rien de la vitesse de la lumière.

Mr GRIVET suggère de remplacer le verbe donner par « convenir ».

Mr EGIDI souhaiterait que l'on écrive « donner une valeur exacte par convention ».

Mr WERNER (Rép. Dém. Allemande) estime que la définition est excellente parce qu'elle est simple, compréhensible et correcte sur le plan scientifique ; elle s'ouvre sur l'avenir. Il l'approuve totalement.

8. Masse et grandeurs apparentées

Mr PERLSTAIN, président du Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM) présente le rapport suivant :

Création d'un nouveau Comité Consultatif

L'unité de masse est de toute évidence l'une des unités les plus utilisées dans le monde entier. Sa définition est toujours celle qu'en a donnée la Première Conférence Générale en 1889. En effet, ayant sanctionné le Prototype du kilogramme adopté par le Comité International, la Conférence avait alors déclaré que « Ce prototype sera considéré désormais comme unité de masse ».

Les améliorations apportées aux instruments de pesage permettent aujourd'hui de déterminer un kilogramme avec une précision de quelques microgrammes. Cela a incité le BIPM, conscient des problèmes posés dans ce domaine de la métrologie, à procéder auprès des différents laboratoires spécialisés à une enquête détaillée. Après avoir analysé toutes les réponses reçues, le BIPM a convoqué à Sèvres, en 1976, une réunion d'experts. Devant la diversité et la complexité des problèmes soulevés, trois Groupes de travail ont été constitués et chargés respectivement d'étudier :

- une formule, que tous les laboratoires pourraient utiliser, pour la détermination de la masse volumique de l'air humide;
- les étalons de masse en acier inoxydable;
- la conservation des étalons de masse.

Cette initiative reçut l'approbation du CIPM. Puis, en 1979, la 16^e Conférence Générale a voté une Résolution visant à faire progresser les recherches concernant les étalons de masse. Cette Résolution attirait l'attention sur la nécessité d'étudier :

- la conservation des étalons du kilogramme et en particulier l'influence des conditions ambiantes sur ces étalons;
- de meilleures déterminations de la correction de la poussée de l'air.

Lors de sa session de 1980, le CIPM a décidé de créer un Comité Consultatif pour l'informer et le conseiller sur toutes les questions concernant les mesures de masse et de grandeurs dérivées immédiatement de la masse telles que masse volumique, force ou pression.

Première session du CCM

Ce nouveau Comité Consultatif a tenu sa première session en 1981. Il a décidé :

- que sa dénomination serait « Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées » et que son sigle serait CCM;
- qu'il coordonnerait les activités des Groupes de travail constitués au cours des années 1976 à 1981 et chargés d'inventorier les problèmes posés par les mesures de masse, de force et de pression.

Comparaison des étalons de masse

La comparaison, avec une grande précision, des étalons de masse exige une connaissance approfondie des conditions dans lesquelles ces mesures sont effectuées. La masse volumique de l'air ambiant est l'un des facteurs qui interviennent dans ce type de mesure et dont l'influence est particulièrement importante. On peut connaître cette masse volumique de deux façons, soit par mesure directe, soit en partant des mesures de température, de pression, d'humidité, de teneur en gaz carbonique et en effectuant des calculs complexes, fondés sur la théorie des gaz.

Un Groupe de travail avait été chargé d'étudier le mode de calcul utilisé dans les divers laboratoires pour déterminer la masse volumique de l'air humide et de rechercher un accord sur une formule et un mode de calcul uniques qui pourraient être utilisés par tous les laboratoires d'étalonnage. Cette étude a abouti à la rédaction d'un document qui comporte une formule pour le calcul de la masse volumique de l'air humide. Reprenant à son compte ce travail, le CCM a exprimé, dans une Recommandation au CIPM, le souhait de voir l'emploi de cette formule se généraliser. Cette Recommandation a été approuvée par le CIPM.

Étant donné l'intérêt que présente cette question pour l'unification des mesures de masse dans le monde, le CIPM a décidé de soumettre au vote de la présente Conférence Générale le projet de résolution C.

Étalons en acier inoxydable

Une enquête sur les étalons de masse, auprès des laboratoires nationaux, a fait apparaître que les étalons en acier inoxydable prennent une importance croissante. À cet égard des questions précises se posent :

- Faut-il que le matériau dont sont faits ces étalons ait une masse volumique voisine de la valeur de référence, soit $8\,000\text{ kg/m}^3$?
- Quel est le matériau le plus approprié ?
- Quelles sont les exigences relatives à l'état de surface des étalons ?

Le CCM a été informé des études actuellement en cours sur des aciers austénitiques, inoxydables et pratiquement non magnétiques. Le surfaçage au tour, à l'aide d'outils à pastille de diamant ou par la méthode dite de « laser glazing », permet d'éviter l'incrustation d'impuretés. Pour des raisons qui sont plutôt du domaine de la métrologie légale, une masse volumique de $8\,000\text{ kg/m}^3$ pour le matériau de construction des étalons reste préférable ; d'un point de vue purement scientifique cette valeur ne joue qu'un rôle mineur.

Conservation des étalons et balances

Les modifications et les améliorations apportées aux balances prototypes ont permis de réduire les écarts-types des pesées à $1\text{ }\mu\text{g}$ pour une charge maximale de 1 kg , ce qui laisse à penser, pour autant qu'on puisse le prévoir, que la définition actuelle de l'unité de masse, fondée sur le Prototype international, ne risque pas d'être détrônée avant longtemps.

Au fur et à mesure que la précision des balances augmente, les problèmes posés par le nettoyage et la conservation des étalons de masse prennent de l'importance.

Mesures directes de la masse volumique de l'eau et de l'air

Les mesures directes de la masse volumique de l'air ont permis de constater des effets superficiels, inconnus jusqu'ici. Les meilleurs résultats donnent une incertitude globale (3σ) de $3,5 \times 10^{-5} \text{ kg/m}^3$.

Des recherches sur les mesures de la masse volumique de l'eau et de différents corps solides sont actuellement en cours dans plusieurs laboratoires. La valeur absolue de la masse volumique de l'eau entre 0°C et 44°C , et en particulier sa valeur maximale à $3,989^\circ\text{C}$, a été déterminée de nouveau récemment.

Force

Les mesures de force les plus précises sont toujours ramenées à la force exercée par la pesanteur sur une masse. Le CCM a abordé quelques-uns des problèmes posés par les mesures dans ce domaine. Les délégués du CCM ont estimé que les mesures de force nécessaires pour les besoins industriels incombent aux laboratoires nationaux. Ceux-ci, très intéressés par l'organisation de comparaisons internationales, aimeraient voir traiter ce domaine par le CCM.

Un programme de comparaison de machines de mesure de force est entrepris actuellement entre certains laboratoires de la Communauté Économique Européenne.

Le CCM envisage d'organiser une comparaison étendue à tous les laboratoires intéressés lorsque l'étude des résultats des comparaisons restreintes aura permis de préciser le meilleur mode opératoire.

Pression

Quatre Groupes de travail avaient été créés en 1979 et ont déjà envisagé des comparaisons dans les différents domaines des mesures de pression. Dans le domaine des hautes pressions (20-100 MPa), la première phase d'une comparaison, à laquelle ont participé cinq laboratoires, est terminée. Dans le domaine des pressions moyennes, on estime actuellement qu'une balance de pression (jauge à piston) constitue le meilleur étalon de transfert. Dans les domaines des basses et très basses pressions, les Groupes de travail n'ont entrepris jusqu'ici que des travaux exploratoires.

En conclusion de sa première réunion, le CCM, considérant :

— « les besoins métrologiques exprimés par les représentants de laboratoires nationaux »,

— « l'ampleur des travaux à effectuer dans les différents domaines des mesures de masse, de masse volumique, de force et de pression », a recommandé que « les laboratoires nationaux poursuivent et intensifient leurs travaux métrologiques dans ces différents domaines ».

Pour l'aider dans les tâches, complexes et variées, qui sont les siennes, le CCM a créé neuf Groupes de travail chargés respectivement de la « Mesure directe de la masse volumique de l'air », de la « Conservation des étalons de masse », des « Étalons de masse en acier inoxydable », de la « Masse volumique de liquides et solides », de la « Force », des « Hautes pressions », des « Moyennes pressions », des « Basses pressions » et des « Très basses pressions ».

Le PRÉSIDENT remercie Mr Perlstain ainsi que l'ensemble du CCM pour les travaux effectués. Il ouvre la discussion par une question sur la formule

donnant la masse volumique de l'air en fonction des conditions ambiantes. La formule doit-elle être considérée comme parfaite ?

Mr GIACOMO (BIPM) répond que la formule recommandée ne prétend pas être parfaite. A son avis l'important c'est avant tout l'uniformité. Il ne faut pas attendre un état idéal. Il est préférable d'avoir une formule dont on sait qu'elle n'est pas parfaite plutôt que de laisser à chacun le soin de choisir entre diverses variantes de ladite formule, variantes présentant chacune des imperfections d'importance comparable.

9. Seconde et échelle de Temps Atomique International

Mr GUINOT, président du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (CCDS) présente le rapport suivant :

Depuis la 16^e Conférence Générale des Poids et Mesures, il y a eu une réunion du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (CCDS) en septembre 1980.

Définition et réalisation de la seconde

Dès 1955, les étalons atomiques de temps à jet de césium avaient montré leurs grandes possibilités d'exactitude. Depuis, bien des travaux ont porté sur divers types d'étalons de temps. Mais il est remarquable que l'étalon à césium, constamment amélioré, reste de loin le plus exact, c'est-à-dire celui qui permet d'accéder à la fréquence de la transition atomique en apportant le minimum d'erreurs systématiques résiduelles.

Les comparaisons très précises, utilisant des satellites artificiels, qui ont pu être faites entre les meilleurs étalons à césium construits par les laboratoires nationaux montrent que les désaccords entre ces étalons sont bien inférieurs à 1×10^{-13} en valeur relative : leur exactitude pourrait être de l'ordre de 1×10^{-14} (1σ). On a pu observer, par exemple, que les étalons à césium du Canada et de la République Fédérale d'Allemagne, complètement indépendants, n'ont jamais divergé de plus d'une microseconde de janvier 1981 à décembre 1982.

D'autre part, l'utilisateur de l'unité de temps ou de fréquence n'a pas de difficulté pour se procurer les étalons dont il a besoin. Il existe une diffusion bien coordonnée de fréquences étalons dont certaines sont exactes à 1×10^{-12} près. Il existe aussi une fabrication industrielle d'étalons à césium, fiables et pratiques, dont l'exactitude avoisine 1×10^{-12} .

Il n'y a donc pas lieu d'envisager un changement de la définition de la seconde dans un avenir proche.

Cependant, au plus haut niveau d'exactitude, la situation n'est pas entièrement satisfaisante, car il n'existe encore que deux laboratoires qui font fonctionner en permanence des étalons de temps primaires, c'est-à-dire des étalons dont les erreurs systématiques sont évaluées ou éliminées. Bien que l'un de ces laboratoires dispose de quatre étalons primaires et qu'il existe un troisième laboratoire qui fait fonctionner occasionnellement un étalon d'une exactitude comparable, cet ensemble est encore insuffisant. On aimerait, en particulier, avoir des étalons à césium fonctionnant sur la même transition, mais suivant des principes différents, afin d'être bien sûr qu'aucune cause d'erreur n'a pu échapper.

D'autre part, pour certains usages, la qualité des étalons de temps reste critique. C'est notamment le cas de la stabilité à court et moyen terme pour laquelle on peut faire appel à divers dispositifs dont le maser à hydrogène. Ce dernier, dont les instabilités peuvent être inférieures à 1×10^{-15} , est utilisé pour la radiointerférométrie astronomique et l'on envisage même d'en pourvoir certains satellites.

La nécessité de poursuivre et d'entreprendre des recherches sur les étalons de temps a fait l'objet de la Recommandation S2 (1980) du CCDS.

Le Temps Atomique International

Lorsqu'on se borne à considérer la mesure des intervalles de temps et des fréquences, la métrologie du temps est maintenant analogue à celle des autres grandeurs. Mais elle comporte un autre aspect : celui des échelles de temps. Il est, en effet, indispensable de disposer d'une référence temporelle unique à laquelle on peut rapporter l'ensemble des événements et observations. Cette référence doit aussi représenter au mieux le temps idéal qui figure dans les théories dynamiques.

Le choix d'une référence temporelle, même à l'époque où le temps était fourni par l'astronomie, exigeait des ententes et des conventions. Avec l'avènement du temps atomique, des problèmes nouveaux apparurent, car il y a une multitude d'horloges atomiques et la façon de traiter leurs données influe sur l'échelle de temps qu'on en déduit. Il a donc été décidé par la 14^e CGPM, en 1971, de définir le Temps Atomique International (TAI), comme l'échelle réalisée par un organisme particulier : le Bureau International de l'Heure (BIH). Dès lors, le CIPM avait le devoir de s'assurer que la qualité du TAI était convenablement maintenue ; il a, pour cela, étendu le rôle du CCDS au maintien du TAI. En outre, le BIPM a affecté un de ses physiciens à l'établissement du TAI, en coopération avec le BIH.

La métrologie du temps est devenue si précise qu'on ne peut plus ignorer les effets relativistes. Ainsi, une horloge élevée de 1 000 m montre un accroissement apparent de sa fréquence de l'ordre de 1×10^{-13} , ce qui est de 5 à 10 fois plus grand que les incertitudes des fréquences des meilleures horloges à césium. Les comparaisons à distance, soit par transport d'horloge, soit par signaux radioélectriques peuvent montrer des désaccords de plusieurs dizaines ou même plusieurs centaines de nanosecondes, d'origine relativiste, selon la manière dont on a procédé. Il était indispensable, tant pour traiter ces désaccords que pour utiliser correctement le TAI en dynamique céleste, de le définir précisément vis-à-vis des théories relativistes. Le CCDS s'est préoccupé de ce problème en 1980. Il a donné une définition, dans le cadre de la Relativité Générale, qui a été choisie de telle façon que les horloges fixes par rapport à la Terre et au niveau du géoïde (niveau de la mer) ne reçoivent aucune correction relativiste pour contribuer au TAI.

Un sujet préoccupant est la sensibilité des échelles de temps atomique au choix des algorithmes qui permettent de les établir. Cela a été clairement montré au BIH par des traitements de données simulées et réelles et l'on a pu voir qu'elle était principalement due aux comportements non aléatoires : dérive de fréquence des horloges atomiques, fluctuations saisonnières de la marche des horloges et des comparaisons à distance. Les effets saisonniers, bien qu'ils n'apportent qu'une onde annuelle d'une amplitude totale inférieure à 1 μ s dans le TAI, nuisent considérablement à la statistique et ne permettent pas l'utilisation optimale de la stabilité et de l'exactitude des étalons de temps. Il reste donc d'importantes recherches à faire sur les algorithmes ; le CCDS a recommandé qu'on les entreprenne activement [Recommandation S1 (1980)].

Le système du Temps Universel Coordonné (UTC) qui permet de diffuser à la fois le temps atomique avec toute la précision techniquement possible et une approximation du temps universel suffisante pour les besoins courants, en particulier pour la navigation astronomique, continue à donner toute satisfaction. A la suite de la recommandation faite par la 15^e CGPM (1975), plusieurs pays ont légalement fondé l'heure à usage public sur l'UTC augmenté ou diminué d'un nombre entier d'heures. Depuis que ce système, sous sa forme présente, a été instauré, en 1971, le jour de temps universel a excédé de 2 à 3 millisecondes le jour de TAI (c'est-à-dire la durée de 86 400 s du SI). Il a donc été nécessaire d'ajouter environ une fois par an une seconde intercalaire dans la séquence des secondes du UTC.

Activités futures du CCDS

On peut estimer que les prochains progrès dans l'établissement du TAI seront dus à l'extension des liaisons horaires par satellites qui apportent une meilleure précision, qui assurent en permanence l'exactitude (actuellement obtenue par des transports d'horloges occasionnels) et qui permettront la participation de nombreux laboratoires hors de la couverture des réseaux de comparaison actuels. La méthode la plus pratique consiste à utiliser le système de positionnement GPS des États-Unis d'Amérique. Mais comme il n'est pas sûr que ce système militaire restera accessible aux utilisateurs civils avec la précision requise pour la métrologie du temps, les responsables des laboratoires horaires hésitent à s'équiper de récepteurs coûteux. Les autres méthodes spatiales maintenant possibles sont très lourdes et conviennent mal pour un usage régulier et étendu. Ces considérations expliquent la lenteur du développement des liaisons horaires spatiales.

Toutefois, dès qu'elles seront largement employées, on devra affiner le traitement des données des horloges pour établir le TAI. La prochaine tâche du CCDS sera sans doute d'examiner les conséquences de ces liaisons horaires précises, exactes et globales.

Le PRÉSIDENT remercie Mr Guinot et exprime son admiration pour la précision dont on peut parler dans ce domaine. Il donne ensuite la parole à Mr Dunworth.

Mr DUNWORTH, président du CIPM, rappelle que Mr Guinot dirige le Bureau International de l'Heure (BIH) depuis vingt ans. Au début le temps n'était étudié que dans ses relations avec l'astronomie. C'est sous la direction de Mr Guinot qu'a été établie la première échelle de temps atomique, puis l'échelle actuelle appelée Temps Atomique International. Mr Guinot s'est consacré à cette nouvelle tâche avec beaucoup d'efficacité et de dévouement. D'ici un an Mr Guinot doit quitter la direction du BIH. Compte tenu de la part de responsabilité du BIPM en la matière, Mr Dunworth tient à saisir cette occasion pour rendre hommage au travail que Mr Guinot a accompli. L'ensemble de la Conférence s'associe à l'hommage de Mr Dunworth par des applaudissements nourris.

Mr GUINOT répond en remerciant le Président pour les paroles très aimables prononcées à son égard et en rappelant que la coopération du BIH avec les

organes de la Convention du Mètre a toujours été pour lui une source profonde de satisfaction.

Le rapport ne donne lieu à aucune discussion.

10. Étalons électriques

Mr SCHRADER, président par intérim du Comité Consultatif d'Électricité (CCE), donne lecture du rapport suivant :

Depuis la 16^e Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) en 1979 une réunion du Comité Consultatif d'Électricité (CCE) et du Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences s'est tenue en mars 1983.

Réalisation et conservation des unités électriques

En conformité avec les Recommandations E 3 (1975) et E 1 (1978), un certain nombre de laboratoires nationaux ont intensifié leurs recherches sur la réalisation directe ou indirecte du volt ou de l'ampère. Le CCE avait indiqué en 1972, dans sa déclaration E-72, pour la conservation du volt au moyen de l'effet Josephson, la valeur 483 594,0 GHz/V ; les résultats obtenus jusqu'à maintenant laissent à penser que cette valeur serait inexacte. Toutefois, l'exactitude de la réalisation actuelle du volt n'est pas encore suffisante pour que tous les laboratoires puissent adopter une nouvelle valeur.

Le CCE recommande que les laboratoires nationaux poursuivent activement les travaux en question sur la réalisation des unités et la détermination des constantes fondamentales. Il envisage de se réunir dans trois ans pour étudier à nouveau le problème, en vue d'adopter, pour le quotient de la fréquence par la tension, une nouvelle valeur qui devrait être utilisée par tous les laboratoires nationaux. De plus, jusqu'à ce qu'une nouvelle valeur de ce quotient soit adoptée, le CCE recommande que les laboratoires ne modifient pas la valeur qu'ils utilisent.

En 1980, deux ans après la précédente session du CCE, on a découvert l'effet Hall quantique. Cet effet permet de reproduire la valeur d'une résistance électrique avec une grande précision. Certains laboratoires se sont par conséquent équipés d'installations de mesure utilisant cet effet pour conserver l'ohm. Compte tenu des écarts entre les valeurs obtenues dans les différents laboratoires, le CCE recommande de poursuivre activement les recherches sur l'effet Hall quantique ; ces travaux devront être conduits en liaison étroite avec l'utilisation et le perfectionnement du condensateur calculable. De plus, il recommande que les propositions pour une valeur à retenir pour la résistance de l'effet Hall quantique soient envoyées au BIPM au plus tard en février 1986. Ces propositions pourront ainsi être discutées à la prochaine session du CCE, en vue de l'adoption d'une valeur qui puisse être utilisée par tous les laboratoires nationaux et qui soit en conformité avec le SI.

Activités du BIPM dans le domaine de l'électricité

Le CCE a estimé que les résultats des travaux effectués par le BIPM dans le domaine de l'électricité sont d'une importance mondiale pour la science, l'industrie et le commerce. Le CCE a également considéré que le programme de travail actuellement envisagé au BIPM pour les années 1985 à 1988 constitue le minimum nécessaire pour

répondre aux besoins, mais que le nombre de personnes qui y sont affectées actuellement est insuffisant pour le réaliser. Il recommande par conséquent que des mesures soient prises de toute urgence pour augmenter l'effectif du personnel et les ressources consacrés à la section d'électricité du BIPM.

Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences

La tâche principale de ce Groupe de travail consiste à organiser et contrôler les comparaisons internationales des divers étalons utilisés aux hautes fréquences. Au cours de la réunion on a passé en revue l'état d'avancement des comparaisons qui ont été décidées depuis 1972. Plusieurs d'entre elles ont été annulées conformément aux lignes directrices adoptées par ce Groupe de travail. Quatre nouvelles comparaisons ont été proposées.

Comparaisons internationales

On a discuté des comparaisons suivantes actuellement en cours :

- condensateurs de 10 pF,
- étalons de transfert courant alternatif/courant continu,
- étalons de puissance aux basses fréquences,
- étalons d'inductance.

Ces comparaisons vont se poursuivre à l'exception de la dernière. De plus, on a décidé de procéder à des comparaisons internationales de :

- résistances de 1 Ω et de 10 k Ω ,
- piles étalons dans des enceintes thermorégulées.

Publications des résultats

Le CCE recommande que les résultats des comparaisons internationales soient largement publiés dans les journaux scientifiques, y compris dans *Metrologia*, et que la référence de toute publication de résultats soit mentionnée dans *Metrologia*.

Le PRÉSIDENT remercie Mr Schrader et ouvre la discussion sur le rapport qui vient d'être présenté.

Mr GRIVET (France) demande quel est l'ordre de grandeur des erreurs signalées sur la valeur de la constante de l'effet Josephson.

Mr SCHRADER répond que, lorsque cette valeur a été recommandée en 1972, l'ensemble des intéressés étaient assez optimistes. Les recherches faites ultérieurement en utilisant les balances de courant ou les mesures de γ_p ont montré que les incertitudes avaient été sous-estimées et que la valeur exacte est probablement plus élevée de quelques millionièmes que la valeur adoptée alors. Toutefois, pour le moment, on ne peut parler que de résultats préliminaires. De nouveaux résultats sont attendus dans deux ans à la PTB (Rép. Féd. d'Allemagne) et au NPL (Grande-Bretagne). Dans trois ans, le CCE devrait pouvoir proposer une valeur plus exacte.

Le PRÉSIDENT demande à Mr Giacomo (BIPM) ce qu'il pense de l'invitation faite par ce Comité Consultatif à mettre davantage de moyens à la disposition de la section d'électricité. Faut-il voir dans cette demande un vœu pieux ou une volonté de porter remède à une situation difficile ?

Mr GIACOMO répond que la section d'électricité est celle que l'on a essayé de développer le plus rapidement et à laquelle on a affecté le plus de moyens supplémentaires au cours des dernières années. Malheureusement le BIPM fonctionne avec des moyens extrêmement limités. Cela est compensé partiellement par un rendement exceptionnellement élevé. On ne peut développer une section et l'adapter à une situation scientifique nouvelle que si le BIPM dispose de moyens supplémentaires à cet effet.

11. Échelle Internationale Pratique de Température

Mr PRESTON-THOMAS, président du Comité Consultatif de Thermométrie (CCT), présente le rapport suivant :

Jusqu'à maintenant, la Conférence Générale des Poids et Mesures a adopté successivement quatre échelles de température dont elle a recommandé l'emploi sur le plan international : l'Échelle Thermométrique Normale à Hydrogène en 1889, les Échelles Internationales de Température de 1927 et de 1948 et l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 (EIP-68).

En 1975, la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures a approuvé une version amendée de l'EIP-68. Elle a aussi demandé au CIPM de mettre au point une échelle révisée, plus exacte du point de vue thermodynamique, qui pourrait remplacer l'EIP-68.

En 1979, un programme provisoire de préparation d'une nouvelle EIP a été présenté à la 16^e Conférence Générale. Ce programme prévoyait l'approbation de la nouvelle échelle en 1987, à la condition que les travaux nécessaires de recherche et de mise au point se déroulent normalement. On indiquait que la partie de l'échelle couvrant les basses températures serait pour l'essentiel fondée sur l'Échelle Provisoire de Température de 1976 (EPT-76) adoptée récemment. Le rapport présenté à cette même Conférence Générale mentionnait aussi l'intention du CCT de préparer des listes de points fixes secondaires, un document fournissant des renseignements complémentaires à l'EIP-68 et à l'EPT-76, ainsi qu'un document sur les techniques de réalisation secondaires en thermométrie. On proposait de réviser périodiquement ces différents documents.

Depuis lors, le CCT s'est réuni deux fois, en 1980 et en 1982 ; ses quatre (antérieurement cinq) Groupes de travail ont tenu aussi un certain nombre de réunions ; des comptes rendus très détaillés de ces deux sessions du CCT peuvent être obtenus auprès du BIPM. Le programme indiqué plus haut a été largement suivi. En particulier, la première édition des Renseignements complémentaires à l'EIP a été publiée par le BIPM (juillet 1983) ; la structure générale de la nouvelle EIP a fait l'objet de discussions détaillées ; des progrès encourageants dans certaines mesures indispensables de températures thermodynamiques et dans la construction de thermomètres à résistance pour les hautes températures (jusqu'à 1 064 °C, point de congélation de l'or) ont été réalisés par plusieurs laboratoires nationaux ; de nouvelles équations reliant la température à la pression de vapeur de ⁴He et de ³He ont été recommandées pour remplacer celles qui avaient été adoptées en 1958 et 1962 ; il est à peu près certain que ces nouvelles équations seront incluses dans la nouvelle EIP. Toutefois, en dépit de ces progrès, il n'est pas sûr que la nouvelle EIP sera prête

en 1987. Cette date avait été choisie comme un objectif raisonnablement proche ; il se peut qu'elle soit respectée, mais un report à 1989 ou 1991 semble plus probable.

Le CCT continue de fonctionner comme il a commencé de le faire il y a maintenant 12 ans. Il constitue un groupe de discussion et d'échange d'informations pour les thermométristes ; il fixe directement les principes généraux et le mode de déroulement de ses projets soumis à l'approbation du CIPM. Toutefois, ce sont les quatre Groupes de travail qui prennent en charge le travail considérable de pourvoir au détail de ces projets ; les questions litigieuses leur sont soumises pour étude ; le CCT leur confie un grand nombre de tâches bien définies ; enfin ils préparent et présentent au CCT des rapports pour discussion ou approbation. Je tiens une fois de plus à exprimer combien j'apprécie le travail ardu, en grande partie anonyme, qui est effectué par les membres de ces Groupes de travail.

Le PRÉSIDENT remercie Mr Preston-Thomas, ainsi que le Comité Consultatif de Thermométrie et ses Groupes de travail. Il se dit impressionné par la complexité des tâches incombant à ce Comité et souhaite que lors de la prochaine Conférence Générale en 1987 ce Comité puisse déjà faire état de résultats dépassant les prévisions.

Le rapport ne donne lieu à aucun commentaire.

La séance est levée à 17 heures.

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

Mardi 18 octobre 1983, à 15 h

La visite des laboratoires du BIPM a permis aux délégués de voir les réalisations nouvelles ou en cours d'installation dans les diverses sections.

Les différents points d'intérêt marquants ont été en particulier :

- Le gravimètre transportable (salle 1) qui est maintenant en état de fonctionnement et a déjà servi à des mesures en dehors du BIPM.

- Le point triple de l'argon qui s'avère très prometteur comme instrument de transfert de pression, ainsi que le point triple du gallium particulièrement intéressant pour l'EIPT (salle 3).

- Les études sur les lasers qui sont en relation étroite avec la nouvelle définition du mètre (salles 103 et 104).

- La chaîne de mesure des étalons de force électromotrice (salle 4).

- Les mesures de masse ainsi que le prototype de la balance à suspension flexible (salles 5 et 105).

- La nouvelle installation permettant la comparaison automatique de piles étalons et la comparaison de résistances de 10 k Ω (salle 16).

- La mise en œuvre de la méthode d'échantillonnage sélectif.

- La présentation du « Système international de référence » pour la mesure d'activité d'émetteurs de rayons γ .

A 16 h 30 min a eu lieu la visite du Dépôt des Prototypes métriques (procès-verbal ci-dessous).

Une visite de la Manufacture Nationale de Porcelaine de Sèvres avait été organisée à l'intention des dames durant l'après-midi.

Ces visites ont été suivies, à 17 heures, d'une réception au Pavillon de Breteuil offerte par le Président du Comité International et le Directeur du Bureau International.

*

* *

PROCÈS-VERBAL
DE LA VISITE DU DÉPÔT DES PROTOTYPES MÉTRIQUES

Le 18 octobre 1983, à 16 h 30, en présence du Président du Comité International des Poids et Mesures, du Directeur du Bureau International des Poids et Mesures et du représentant des Archives de France, il a été procédé à la visite du Dépôt des Prototypes métriques internationaux du Pavillon de Breteuil.

On avait réuni les trois clés qui ouvrent le dépôt : celle qui est confiée au Directeur du Bureau, celle qui est déposée aux Archives Nationales, à Paris et que Madame J. Morin 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, on a constaté dans ce dernier la présence des Prototypes et de leurs témoins.

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

Température actuelle 22,4 °C
 maximale 22,4 °C
 minimale 20,2 °C
État hygrométrique 54 %

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

*Le Directeur
du Bureau,*
P. GIACOMO

*La Documentaliste au Secrétariat Général
des Archives de France,*
J. MORIN

*Le Président
du Comité,*
J. V. DUNWORTH

TROISIÈME SÉANCE
DE LA 17^e CONFÉRENCE GÉNÉRALE
DES POIDS ET MESURES

tenue le mercredi 19 octobre 1983, à 15 h

12. Photométrie, radiométrie

Le PRÉSIDENT donne la parole à Mr Blevin, président du Comité Consultatif de Photométrie et de Radiométrie (CCPR) pour la présentation de son rapport.

En 1979, la 16^e Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM) a adopté une nouvelle définition de la candela, unité de base du SI pour la photométrie. Elle a invité les laboratoires nationaux à intensifier les travaux destinés *a)* à la réalisation de la candela selon la nouvelle définition et *b)* à l'amélioration des procédés d'étalonnage photométrique et des méthodes de comparaison internationale. De plus, la CGPM a demandé que soient organisées des comparaisons internationales afin de contrôler l'uniformité des résultats des mesures photométriques obtenus à partir de cette nouvelle définition.

L'essentiel du présent rapport porte sur les suites données à ces résolutions par le CCPR et les laboratoires nationaux.

Depuis la 16^e CGPM, le CCPR a préparé la publication d'un document intitulé « Principes régissant la photométrie », qui introduit la nouvelle définition de la candela dans un résumé actualisé des grandeurs, unités et conventions photométriques les plus importantes. Le CCPR a tenu sa dixième session du 28 au 30 septembre 1982.

Réalisation de la candela

Les laboratoires nationaux ont répondu de façon très positive à l'invitation faite par la CGPM d'intensifier leurs travaux portant sur la réalisation de la candela. A la session de 1982 du CCPR, il s'est révélé que 16 laboratoires, soit avaient réalisé la candela selon la nouvelle définition, soit envisageaient de le faire. Ce nombre est à comparer à celui des 9 laboratoires qui, au total, réalisèrent la candela au cours des 33 années pendant lesquelles la précédente définition fut en vigueur. Il n'y a aucun doute que le changement de définition a stimulé un renouveau d'activité en photométrie.

Les définitions antérieures de la candela reposaient sur des types spécifiques de sources lumineuses et, pour réaliser l'unité, il n'y avait pas d'autre solution que de réaliser la source elle-même, appelée pour cette raison étalon primaire de lumière. En

revanche, la définition adoptée en 1979 rattache les unités photométriques directement à des unités bien établies et purement physiques et, en premier lieu, à l'unité de puissance, le watt. Il s'ensuit que l'on peut maintenant réaliser la candela, soit au moyen d'une source lumineuse dont on connaît la répartition spectrale d'énergie, soit au moyen d'un récepteur dont on connaît la sensibilité spectrale.

Dans la pratique, la majorité des laboratoires qui ont réalisé la candela selon la nouvelle définition ont utilisé des récepteurs plutôt que des sources. La plupart ont suivi les principes de la calorimétrie, en utilisant des radiomètres étalonnés électriquement pour comparer un flux énergétique à une puissance électrique que l'on peut mesurer facilement. Plusieurs laboratoires étudient aussi la possibilité de réaliser la candela à partir de certains types de photodiodes au silicium pour lesquels on a récemment montré qu'il était possible de calculer de façon précise les valeurs spectrales du rendement quantique. Quelques laboratoires continuent cependant à utiliser des sources corps noir à haute température, soit comme une méthode délibérément choisie pour réaliser la candela, soit comme moyen indépendant de contrôler les résultats des réalisations fondées sur des récepteurs.

La diversification des méthodes que l'on utilise actuellement pour réaliser la candela met la photométrie en relation plus étroite avec d'autres domaines de mesure, tels que la radiométrie météorologique, la radiométrie des lasers et la thermométrie. S'il s'avère que les diverses méthodes donnent des résultats qui sont en bon accord, alors la candela aura une base solide.

Comparaisons internationales de mesures photométriques

En réponse à la demande de la 16^e CGPM, le CCPR a organisé un programme de comparaisons internationales, qui s'étendront de 1983 à 1985, pour que les laboratoires nationaux puissent vérifier l'uniformité de leurs mesures d'intensité lumineuse et de flux lumineux. Le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) joue le rôle de laboratoire central pour ces comparaisons internationales ; les mesures effectuées par les participants doivent être faites en fonction de la définition de la candela de 1979. On sait cependant que, tout en ayant déjà réalisé la candela selon la nouvelle définition, certains laboratoires nationaux n'ont pas encore ajusté en conséquence les unités photométriques qu'ils « conservent » ; ces laboratoires ont été invités à donner deux séries de résultats.

Pour ces comparaisons internationales, on utilise comme instruments de transfert des lampes à filament de tungstène, remplies de gaz, fonctionnant à la température de répartition de 2 800 K environ. Bien que les lampes à vide soient plus stables, elles ont perdu de leur intérêt parce que *a)* elles ne sont plus nécessaires pour réaliser les unités photométriques et *b)* elles sont très différentes du point de vue spectral de la plupart des lampes utilisées dans la pratique. Il y a quelques années, le CCPR a étudié, à titre d'essai lors d'une comparaison internationale, la possibilité d'utiliser comme instruments de transfert des photodiodes au silicium à la place des lampes, mais les résultats n'ont pas été concluants ; il faut encore faire des recherches à cet égard.

Une difficulté rencontrée dans le passé, lors de l'utilisation de lampes remplies de gaz pour des comparaisons de mesures d'intensité lumineuse, venait de ce que l'on ne disposait pas de lampes suffisamment stables et robustes. Des comparaisons internationales d'essai, organisées par le CCPR, ont montré que des lampes plus satisfaisantes fournies par deux fabricants différents sont maintenant disponibles.

Lors des précédentes comparaisons internationales photométriques organisées par le CCPR, les différences entre les laboratoires nationaux pour les mesures de flux lumineux étaient peu semblables aux différences que l'on constatait entre eux pour les mesures d'intensité lumineuse ; cela laisse à penser que des erreurs très significatives existaient dans les réalisations de l'unité de flux lumineux, le lumen. De nombreux laboratoires nationaux ont récemment adopté des techniques modernes d'automatisation et d'acquisition de données et ont ainsi construit des goniophotomètres améliorés ; on peut par conséquent, pour la comparaison internationale en cours, espérer une plus grande uniformité dans la réalisation du lumen à partir de la candela.

Progrès de la radiométrie

La redéfinition de la candela en 1979 a conduit le CCPR à porter toute son attention, pour le moment, sur les questions de photométrie ; les laboratoires nationaux continuent cependant à progresser sérieusement en radiométrie. Les domaines dans lesquels des progrès notables ont été faits comprennent la détermination précise du rendement quantique spectral de certains types de photodiodes au silicium mentionnés plus haut, la mise au point de radiomètres très précis, étalonnés électriquement, qui fonctionnent à des températures cryogéniques, l'emploi de synchrotrons, d'anneaux de stockage d'électrons et d'arcs à plasma comme étalons de répartition énergétique spectrale dans l'ultraviolet, et l'emploi de lasers pour l'étalonnage des radiomètres.

Le CCPR s'est préoccupé de la nécessité de comparaisons internationales pour certaines mesures radiométriques, mais il a décidé de les remettre à plus tard et de concentrer l'effort actuel sur les comparaisons photométriques. Il a créé un groupe de travail pour déterminer si le CCPR devrait étendre ses travaux au domaine spectral de l'infrarouge lointain en liaison avec les programmes d'économie de l'énergie.

Photométrie et radiométrie au BIPM

Le CCPR est très préoccupé du faible niveau actuel des moyens en personnel consacrés par le BIPM à la photométrie et à la radiométrie, compte tenu en particulier de l'importance grandissante des industries électro-optiques dans le monde. Lors de sa session de 1982, le CCPR a recommandé au Comité International des Poids et Mesures (CIPM) de déployer un effort supplémentaire et ce, de façon urgente, dans les domaines de la photométrie et de la radiométrie. En octobre 1982, lors de sa 71^e session, le CIPM a approuvé le principe de cette recommandation, mais a reconnu qu'il faudra un certain temps pour remédier à la situation.

Collaboration avec la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE)

Le CCPR continue de collaborer étroitement avec les comités techniques concernés de la CIE ; on évite ainsi toute duplication de travail inutile. Il est intéressant de noter que la prochaine édition du Vocabulaire International de l'Éclairage tient compte de la Recommandation du CCPR de 1977 : les nouvelles grandeurs qui font intervenir des efficacités biologiques sont liées aux grandeurs physiques habituelles par des facteurs sans dimensions ; on a ainsi évité l'introduction de nouvelles unités spéciales.

Le CCPR suit avec intérêt les tentatives faites par la CIE pour mettre au point un modèle amélioré du phénomène de la vision. Ces recherches pourraient conduire à définir de nouvelles grandeurs qui donneraient une meilleure corrélation avec les effets visuels que ne le font les grandeurs photométriques actuelles.

Conclusion

Le CCPR poursuit un programme réaliste de travaux qui vise à obtenir une amélioration continue de l'uniformité des mesures photométriques et radiométriques dans le monde entier.

Le PRÉSIDENT remercie Mr Blevin pour la présentation de son exposé et ouvre la discussion par deux questions relatives à la précision des mesures d'intensité énergétique et de sensibilité spectrale dont il a été fait mention, ainsi qu'aux problèmes particuliers que peut poser l'emploi des synchrotrons à rayonnement pulsé.

A la première question Mr BLEVIN répond que cela dépend beaucoup de l'environnement dans lequel on effectue les mesures. Il y a quelques années on n'atteignait qu'une précision de 1 % mais aujourd'hui dans différents laboratoires, par exemple au NPL avec le radiomètre cryogénique sur lequel Mr Quinn a travaillé pour la mesure de la constante de Stefan-Boltzmann, on obtient des précisions de l'ordre de 10^{-4} . En ce qui concerne le rayonnement pulsé, cette méthode présente des avantages ; elle s'avère plus commode lorsque la fréquence est bien connue. Elle présente aussi des désavantages ; la linéarité de la réponse est moins bien comprise. Il faut toutefois noter le résultat remarquable obtenu au NBS où l'on a observé la lumière visible émise par un seul électron.

Mr GRIVET (France) demande où l'on pourra se procurer le document « Principes régissant la photométrie ».

Mr BLEVIN répond que ce document sera publié par le BIPM en janvier prochain, mais qu'il fera aussi l'objet d'une version abrégée dans le prochain numéro de *Metrologia*.

13. Rayonnements ionisants

Le PRÉSIDENT donne la parole à Mr Ambler, président du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI), pour une présentation abrégée du rapport suivant :

L'utilisation des rayonnements ionisants ne cesse de croître dans les domaines de la médecine (diagnostic et traitement), des réacteurs nucléaires et de l'industrie. Le besoin en étalons de mesure de rayonnements ionisants se manifeste pour des doses et débits de dose à des niveaux très différents : mesures concernant l'environnement, radioprotection, radiothérapie et usages industriels. Les grands écarts entre ces doses, la multiplicité des types de rayonnements utilisés et la complexité des interactions de ces rayonnements avec la matière requièrent des techniques très variées et une grande diversité d'étalons.

Des exactitudes d'environ 1 % sont nécessaires pour les étalons de mesure de neutrons, de rayons X et γ , et de radioactivité, pour l'établissement d'installations nucléaires et pour déterminer correctement les doses absorbées délivrées aux tumeurs en radiothérapie. Pour satisfaire ces besoins, les laboratoires primaires ont mis en route un programme intensif de comparaisons.

Le CCEMRI comporte actuellement trois sections : Section I, Rayons X et γ , électrons ; Section II, Mesure des radionucléides ; Section III, Mesures neutroniques. Dans la présentation de ce rapport, on considère successivement ces trois sections. Pour chacune d'elles on envisage :

A) Travaux accomplis pendant la période 1979-1983.

B) Programme des travaux futurs (1983-1987).

Les activités du BIPM qui sont directement en relation avec celles du CCEMRI sont mentionnées dans la section appropriée de ce rapport. Une discussion plus détaillée des activités et des projets du CCEMRI pendant cette période se trouve dans les rapports du président du CCEMRI au CIPM (années 1981 et 1983).

Section I. *Rayons X et γ , électrons*

A. Travaux accomplis pendant la période 1979-1983

Un groupe de travail pour le passage de l'exposition à la dose absorbée dans l'eau a effectué une analyse en profondeur des différents facteurs impliqués dans ce passage. Il est apparu que l'un de ces facteurs est encore entaché d'une incertitude relativement importante ; il s'agit du rapport des coefficients d'absorption énergétique de l'air et de l'eau quand l'énergie des photons est inférieure à 50 keV. En outre, certains facteurs dépendent de la chambre ; ils doivent donc être déterminés pour chaque type d'étalon secondaire. Ces études doivent être poursuivies à la fois pour les hautes et les basses énergies de photons si l'on veut atteindre des exactitudes comparables à celles des mesures d'exposition (1 à 2 %).

Un groupe de travail pour le passage de la dose absorbée dans le graphite à la dose absorbée dans l'eau a étudié diverses méthodes pour effectuer ce passage, en utilisant les informations fournies par plusieurs laboratoires nationaux. Il a conclu que ce passage est maintenant bien expliqué dans sa totalité et peut être effectué avec une exactitude satisfaisante pour le rayonnement γ du ^{60}Co . Certaines des méthodes proposées sont, en principe, valables pour des énergies plus élevées, mais elles n'ont pas encore été appliquées dans ce domaine.

On a effectué une comparaison de systèmes de dosimétrie chimique Fricke, en faisant circuler des échantillons constituant des références de facteur d'absorption et des ampoules irradiées au BIPM dans un fantôme d'eau avec un faisceau de rayons γ du ^{60}Co . Les résultats montrent que pour les meilleurs systèmes, en utilisant les mêmes constantes, on peut obtenir une dispersion inférieure à 1 %. On a ainsi prouvé que cette méthode de dosimétrie chimique est très utile quand il s'agit de comparer les doses absorbées dans l'eau entre des centres très éloignés les uns des autres, et on connaît mieux maintenant les précautions à prendre compte tenu des nécessités des voyages et des délais entre irradiations et mesures. Il est prévu de publier un rapport sur cette comparaison et on envisage d'en effectuer une autre avec de nouveaux participants.

De nombreuses comparaisons d'étalons nationaux d'exposition ont eu lieu depuis 1979, comparaisons au BIPM ou comparaisons bilatérales. Dans tous les cas, on a trouvé un accord satisfaisant. La plupart de ces comparaisons concernaient des débits d'exposition analogues à ceux de la radiothérapie pour les rayons X d'énergie faible ou moyenne et pour les rayons γ du ^{60}Co . Cependant deux programmes relatifs aux débits d'exposition rencontrés en radioprotection ont fait l'objet de rapports. L'un

concernait la comparaison directe des étalons de radioprotection du NPL, du RIV, et de la PTB, précédant une comparaison de dosimètres individuels provenant de 35 instituts de pays appartenant à la Communauté Européenne. L'autre, organisé par la Section I, concernait une comparaison de champs de rayonnement à faible débit d'exposition au moyen de capsules thermoluminescentes expédiées de Suède par voie postale et retournées ensuite dans ce pays pour y être mesurées : douze laboratoires nationaux ont participé à cette comparaison.

En ce qui concerne le débat sur les grandeurs et unités, les discussions ont surtout porté sur la spécification des champs de photons autres que ceux de la radiothérapie — pour la radiothérapie, la dose absorbée dans l'eau a été agréée comme grandeur de référence —. On a abouti à l'accord suivant : l'exposition, dont l'unité SI (le coulomb par kilogramme) est d'un emploi peu commode, peut être remplacée par l'une ou l'autre de deux grandeurs mesurées dans l'air. La première, le kerma dans l'air, peut être mesurée avec une bonne exactitude (1 à 2 %) ; la seconde, le kerma dans l'eau, est connue avec une moins bonne exactitude aux basses énergies, mais elle est plus directement applicable à la radiobiologie et à la radioprotection. Ces conclusions font l'objet de la Recommandation [R(I)—1 (1981)] qui a été approuvée par le CIPM au cours de sa 70^e session en 1981.

Les expositions les plus élevées sont utilisées dans les applications industrielles des rayonnements, par exemple pour la stérilisation des produits pharmaceutiques. Plusieurs laboratoires nationaux ont effectué des étalonnages dans ce domaine pour aider l'AIEA à évaluer l'intérêt des différents systèmes de référence utilisables pour la dosimétrie de ces rayonnements. Malgré l'absence au BIPM d'un irradiateur pour doses élevées, la Section I continue à s'intéresser à ce programme dans lequel elle pourrait éventuellement s'engager plus directement.

Afin de faire mieux connaître le travail et les recommandations de la Section I, son président a publié un article intitulé « Promulgation of the international measurement system for photon and electron irradiation. Report from the Consultative Committee on Standards for the Measurement of Ionizing Radiations (CCMRI), Section I, X Rays, Gamma Rays and Electrons », dans la littérature radiologique (*British Journal of Radiology*, **55**, 1982, pp. 691-694).

B. Programme des travaux futurs (1983-1987)

On continuera à comparer les étalons d'exposition, de kerma dans l'air et de dose absorbée, et on étudiera les problèmes qui apparaissent aux énergies plus élevées que celles des rayons γ du ^{60}Co .

On s'efforcera d'améliorer la détermination des facteurs nécessaires au passage de l'exposition à la dose absorbée et de ceux concernant le passage de la dose absorbée dans le graphite à la dose absorbée dans l'eau pour les rayonnements d'énergie supérieure à celle des rayons γ du ^{60}Co . Le problème particulier du changement des étalons nationaux d'exposition consécutif à la révision prévue des valeurs des rapports de pouvoirs de ralentissement sera discuté en vue de prendre une décision à la prochaine réunion de la Section I, au printemps 1985.

On a formé un groupe de travail chargé de rassembler et de faire circuler les estimations des incertitudes évaluées par les laboratoires membres de la Section, pour les chambres à parois d'air, les chambres à cavité en graphite et les calorimètres en graphite. Cette question sera aussi discutée à la prochaine réunion.

Parmi les autres domaines d'activité à considérer, citons :

- les conséquences de l'adoption des grandeurs kerma dans l'air ou kerma dans l'eau, en ce qui concerne l'étalonnage des instruments;
- les conséquences, pour ces mêmes étalonnages, de l'adoption de nouvelles grandeurs pour la radioprotection, conséquences qui découleront des recommandations de l'International Commission on Radiation Units and Measurements attendues pour 1983 ;
- les progrès accomplis par l'AIEA et par des laboratoires nationaux dans la mise en œuvre d'un service de référence pour les étalons de mesure des rayonnements à usage industriel ; il pourrait être nécessaire d'y impliquer directement le BIPM.

Section II. *Mesure des radionucléides*

A. *Travaux accomplis pendant la période 1979-1983*

1. *Comparaisons internationales.* — Le rapport final sur la comparaison à grande échelle du ^{134}Cs , effectuée en 1978, a été publié (Rapport BIPM-80/2). On a également fait paraître une version abrégée de ce rapport (A. Rytz, *Nucl. Instr. and Methods*, **192**, 1982, pp. 427-431).

Cette comparaison, comme les deux précédentes (^{60}Co et ^{139}Ce), a montré qu'on peut atteindre, par la méthode des coïncidences, une cohérence internationale des mesures d'activité tout à fait satisfaisante (dispersion de quelques millièmes). C'est pourquoi on a décidé de choisir, pour les futures comparaisons, des radionucléides dont la mesure présente davantage de difficultés. A la suite d'une comparaison de ^{134}Cs , on a mis en route une comparaison restreinte de ^{137}Cs dans laquelle on utilise le premier de ces isotopes comme indicateur d'efficacité pour le second. Dix laboratoires ont participé à la comparaison et ont soumis quinze résultats. L'écart-type, des résultats est 0,5 %. Le rapport concernant cette comparaison a été publié (Rapport BIPM-80/1).

A la même époque, une comparaison de ^{55}Fe , radionucléide à capture électronique pure, a été organisée par le NPL sous l'égide du BIPM. Onze laboratoires y ont participé en utilisant des méthodes très différentes. La dispersion totale des résultats atteint 5 %. Le rapport final a été publié (Rapport BIPM-82/2) et une version abrégée a paru dans *Nucl. Instr. and Methods*, **200**, 1982, pp. 383-387.

Dans la perspective d'une future comparaison à grande échelle de ^{133}Ba , radionucléide à capture électronique ayant un schéma de désintégration complexe, une comparaison restreinte de ce radionucléide a été mise en route à la fin de 1980, avec six participants. Bien que l'on ait utilisé des techniques éprouvées pour la préparation des sources et la mesure de leur activité, des écarts inhabituels sont apparus entre les résultats dont la dispersion totale est de 2,7 % (Rapport BIPM-81/4). Une deuxième comparaison restreinte de ce radionucléide fut effectuée à la fin de 1981, avec les mêmes participants. Malgré un certain progrès (dispersion totale 1,3 %), l'accord entre les résultats n'est pas encore satisfaisant. D'autres études sont donc nécessaires avant de lancer une comparaison à grande échelle.

A la réunion de la Section II de 1981, on avait décidé d'effectuer une comparaison à grande échelle de ^{137}Cs , en utilisant le ^{134}Cs comme indicateur d'efficacité. Jusqu'à maintenant, 19 laboratoires ont soumis leurs résultats. La dispersion totale atteint environ 2,4 %, mais on obtient un écart-type de 0,4 % seulement si l'on ne prend en compte que 16 résultats parmi les 19 obtenus par la méthode $4\pi\text{CP} - \gamma$.

Le Système international de référence pour les mesures d'activité d'émetteurs de rayons γ est maintenant bien établi. Il compte pour l'instant 247 résultats provenant des mesures de 345 ampoules de solutions de 42 radionucléides différents soumis par 20 laboratoires. Les valeurs moyennes des différents radionucléides ont permis d'établir la fonction d'efficacité de la chambre d'ionisation jusqu'à une énergie de 2,75 MeV.

Une nouvelle méthode de comptage absolu, appelée « échantillonnage sélectif », a été conçue et mise en œuvre par J. W. Müller, du BIPM. En mesurant directement les efficacités des détecteurs β ou γ , on élimine dans cette approche les problèmes liés aux coïncidences qui apparaissent surtout à des taux de comptage élevés ou dans le cas de transitions isomériques retardées. Cette nouvelle méthode a été décrite dans *Nucl. Instr. and Methods*, **189**, 1981, pp. 449-452.

2. *Monographies et bibliographies.* — Une monographie intitulée « The Application of Liquid-Scintillation Counting to Radionuclide Metrology » a été achevée et publiée sous forme de Monographie BIPM-3 (1980).

Une bibliographie sur les effets d'empilement des impulsions, comportant quelque 170 références, a été publiée sous forme de Rapport BIPM-81/10).

La bibliographie sur les effets de temps mort, éditée une première fois en 1975, a été mise à jour ; elle contient maintenant plus de 580 références. Elle a été publiée sous forme de Rapport BIPM-81/11.

B. Programme des travaux futurs (1983-1987)

Les comparaisons internationales futures concerneront des radionucléides exigeant des méthodes de mesure plus complexes ou nouvelles. On prévoit d'effectuer, dans le courant des deux prochaines années, une troisième comparaison restreinte de ^{133}Ba qui sera suivie d'une comparaison à grande échelle. De plus, une comparaison plus limitée de ^{109}Cd a été proposée lors de la réunion de 1981.

Une monographie concernant l'utilisation et le fonctionnement des chambres d'ionisation $4\pi\gamma$ sera discutée et achevée en vue d'une publication.

Section III. Mesures neutroniques

A. Travaux accomplis pendant la période 1979-1983

Le rapport final de la première comparaison internationale de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques, organisée sous les auspices du CCEMRI, a été publié : V. D. Huynh, « International Comparison of Flux Density Measurements for Monoenergetic Fast Neutrons », *Metrologia*, **16**, 1980, pp. 31-49. Cette comparaison concernait les énergies de neutrons suivantes : 250 keV, 565 keV, 2,2 MeV, 2,5 MeV et 14,8 MeV. Neuf laboratoires nationaux et internationaux y ont participé. L'écart-type des résultats est de 2 à 3,5 %. On a mis en évidence que la sphère de Bonner n'est pas utilisable comme instrument de transfert, à cause de sa sensibilité élevée aux neutrons diffusés. A 14,8 MeV, la méthode d'activation d'une feuille de fer s'est révélée simple et exacte.

1. *Comparaison internationale de mesures du taux d'émission d'une source de neutrons de ^{252}Cf (10^7 s^{-1}).* — Cette comparaison est importante parce que les sources de neutrons de ^{252}Cf sont très largement utilisées comme étalons de taux d'émission ou de débit de fluence et pour fournir des spectres de référence en énergie. Elle l'est aussi parce que plus de dix ans se sont écoulés depuis la dernière comparaison de

sources de neutrons effectuée pendant la période 1962-1965. Douze laboratoires ont participé aux mesures. Dix laboratoires ont utilisé la méthode du bain de manganèse, deux ont utilisé d'autres méthodes et un a utilisé la méthode du bain de manganèse et une autre méthode. Le BCMN, Geel, et le VGKRI, Leningrad, ont analysé des échantillons de solution de MnSO_4 pour la plupart des laboratoires. On a reçu les rapports de dix participants. L'analyse des résultats sera bientôt effectuée.

2. *Comparaison internationale de mesures du taux d'émission d'une source de neutrons de ^{252}Cf (10^9 s^{-1}).* — Le but de cette comparaison est de se rendre compte si les mesures absolues de taux d'émission de sources très intenses de neutrons obtenues par différentes méthodes sont en bon accord. Trois laboratoires nationaux y participent. La comparaison progresse assez lentement parce que, d'une part, la source est utilisée pour d'autres expériences et, d'autre part, des problèmes de protection se posent lors de la manipulation d'une source aussi intense. Les mesures devraient être terminées en 1983.

3. *Nouvelles comparaisons de débit de fluence de neutrons rapides.* — Une nouvelle série de comparaisons de débit de fluence de neutrons rapides est en cours. Le but de cette nouvelle série de comparaisons est double :

— expérimenter les méthodes de transfert qui consistent à expédier des feuilles pour activation ou à faire circuler un instrument de mesure, ce qui évite les frais de voyage du personnel et de transport de l'équipement occasionnés par l'emploi d'autres méthodes de transfert,

— expérimenter et améliorer des méthodes de mesure absolue des débits de fluence de neutrons dans les laboratoires primaires participants. Ces méthodes de mesure seront contrôlées pour cinq énergies de neutrons : 144 keV, 565 keV, 2,5 MeV, 5,0 MeV et 14,8 MeV.

Il y a quatre nouvelles comparaisons :

a) *Comparaison utilisant la réaction $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$ à 2,5, 5,0 et 14,8 MeV.* — Cette comparaison est fondée sur la détermination du rapport des taux de comptage γ du $^{115}\text{In}^m$ ($E_\gamma = 336 \text{ keV}$) produit par les neutrons rapides dans un échantillon d'indium, d'une part, et de sources de ^{51}Cr étalonnées ($E_\gamma = 320 \text{ keV}$), d'autre part. Onze laboratoires, y compris le BIPM, ont pris part à la comparaison. Bien que la discussion sur les incertitudes et leurs corrélations soit encore en cours, on peut tirer les conclusions suivantes : les résultats des mesures faites à 2,5 MeV et 5,0 MeV sont en général en accord entre eux ; ceux des mesures faites à 14,8 MeV présentent quelques désaccords. Comme la plupart des laboratoires ont aussi participé à la comparaison à 14 MeV utilisant la réaction $^{93}\text{Nb}(n,2n)$ — voir point b) ci-dessous — qui ne met pas en évidence de tels désaccords, on en conclut que cela est dû à des neutrons parasites d'énergie dégradée.

b) *Comparaison de fluence et d'énergie de neutrons d + T utilisant l'activation du niobium et du zirconium.* — Les fluences et énergies moyennes de champs de neutrons d + T de neuf laboratoires primaires ont été comparées en activant des échantillons de niobium et zirconium, et en utilisant les mesures des activités induites effectuées postérieurement au NPL. Les rapports de l'activité du niobium et de la fluence mesurée par chaque participant sont en général en accord. La comparaison a permis de contrôler la méthode Nb/Zr qui s'est avérée être d'une exactitude convenable. De plus, elle est peu coûteuse, demande un effort minime de la part des participants et semble préférable, à 14,8 MeV, à la méthode utilisant la réaction $^{115}\text{In}(n,n')$.

c) *Comparaison, à 144 et 565 keV, de mesures de débit de fluence de neutrons utilisant la réaction $^{115}\text{In}(n,\gamma)$.* — Cette méthode de transfert convient pour des énergies de neutrons dans le domaine des kiloélectronvolts. C'est une alternative possible à la méthode de la sphère de Bonner, dont les inconvénients se sont manifestés lors de la comparaison effectuée par V.D. Huynh, du BIPM. Les mesures, effectuées successivement par sept laboratoires, sont en cours.

d) *Comparaison de mesures de débit de fluence de neutrons rapides au moyen de chambres à fission comme instruments de transfert.* — Cette méthode de transfert est particulièrement intéressante puisqu'elle peut être utilisée à la fois avec les sources de neutrons monocinétiques (accélérateurs Van de Graaff) et celles à « spectre blanc » (accélérateurs linéaires). Ces dernières n'avaient pas été incluses dans les comparaisons précédentes. Deux chambres, l'une contenant du ^{235}U et l'autre des dépôts fissiles de ^{238}U , ont été construites. Bien que ces chambres soient essentiellement des instruments de transfert pour la comparaison, les mesures pourront être utilisées aussi pour déterminer les sections efficaces de fission du ^{235}U et du ^{238}U . Neuf laboratoires, y compris le BIPM, ont prévu de prendre part à la comparaison.

4. *Comparaison de dosimétrie neutronique.* — A la demande de la Section III, le NPL a organisé une comparaison de dosimétrie de neutrons rapides en utilisant son installation (neutrons d + T collimatés) qui produit un faisceau intense de neutrons de 14,7 MeV. C'est la première comparaison de dosimétrie neutronique effectuée sous les auspices du CCEMRI ; elle est importante car elle servira de base aux mesures concernant les essais cliniques de thérapie et de radiobiologie neutroniques. Cette comparaison présente aussi un intérêt pour la protection individuelle des travailleurs dans les industries nucléaires. Les mesures ont été effectuées en avril et mai 1983, et la préparation des rapports des participants est en cours. Sept groupes ont pris part à la comparaison, représentant à la fois les laboratoires nationaux, la communauté biomédicale et le BIPM. Il est prévu de préparer un rapport d'ensemble qui sera publié dans une revue.

5. *Programme concernant les étalons neutroniques du BIPM.* — L'orientation de ce programme a été modifiée : on s'intéresse maintenant non seulement aux mesures de fluence de neutrons, mais aussi à celle des grandeurs dosimétriques. Le financement de l'installation au BIPM d'une source intense de neutrons de 14,8 MeV n'ayant pas été obtenu, on a décidé qu'une comparaison dosimétrique serait effectuée au NPL (voir ci-dessus) et que le BIPM fournirait des chambres d'ionisation de très bonne qualité pour une comparaison dosimétrique à long terme qui aura lieu pendant les années à venir. Ceci a mis le programme neutronique du BIPM en relation plus étroite avec d'autres travaux qu'il effectue dans le domaine des rayonnements ionisants. Le BIPM a ainsi étudié soigneusement un certain nombre de types de chambres d'ionisation et a sélectionné une chambre d'ionisation de référence, ainsi qu'une chambre d'ionisation Mg/Ar, insensible aux neutrons, pour déterminer séparément la composante γ dans les champs neutroniques. Par ailleurs, le BIPM a participé à la comparaison de dosimétrie neutronique du NPL en utilisant ces instruments. Les mesures du débit de kerma dans les tissus irradiés par le faisceau actuel de 14,7 MeV du BIPM sont en cours. La valeur du débit de kerma fondée sur les mesures d'ionisation sera comparée à celle qui est obtenue par les mesures de débit de fluence. En définitive, la participation aux comparaisons internationales de débit de fluence et de débit de kerma constitue un rôle central important pour le groupe de mesures neutroniques du BIPM.

B. Programme des travaux futurs (1983-1987)

Pendant cette période, les efforts porteront sur l'achèvement, l'analyse, l'interprétation et la publication des résultats des nombreuses comparaisons en cours dans le domaine des mesures neutroniques. Les comparaisons de mesures d'activité continueront en ce qui concerne la source intense de neutrons de ^{252}Cf , les comparaisons $\text{In}(n,\gamma)$ à 144 et 565 keV, et les chambres à fission de ^{235}U et ^{238}U pour lesquelles les mesures débutent. Les comparaisons de mesures dosimétriques de neutrons rapides, organisées par le BIPM, commenceront en 1984 et il faut s'attendre à ce qu'elles se poursuivent pendant la période considérée.

Le PRÉSIDENT remercie Mr Ambler pour son exposé et le félicite ainsi que les différentes sections du CCEMRI pour les travaux effectués. Il lui demande si ces trois sections travaillent de façon indépendante alors qu'il y a manifestement des domaines d'interaction.

Mr AMBLER répond en donnant un exemple d'interaction. Pour les mesures neutroniques, il a mentionné la technique d'activation. Il s'agit de feuilles métalliques qui sont soumises à l'action d'un faisceau de neutrons. Il y a capture de neutrons avec une certaine durée de vie et émission de rayonnement γ , que l'on mesure. On utilise le même type de technique que dans les mesures de rayonnement γ dont est chargée la Section I du CCEMRI. Il y a donc travail en commun à ce niveau par exemple. La synthèse est faite par le Comité que Mr Ambler préside et qui réunit les présidents des différentes sections.

14. Système International d'Unités

Le PRÉSIDENT donne la parole à Mr DE BOER, président du Comité Consultatif des Unités (CCU), pour la présentation de son rapport :

Le développement du Système International d'Unités (SI) et la surveillance de son fonctionnement sont parmi les tâches les plus importantes du Comité International des Poids et Mesures (CIPM) et de la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM). Le SI est fondé sur des principes scientifiques, il constitue un système logique adapté aux besoins internationaux de la science et des techniques, et au développement de la compréhension entre tous les peuples du monde entier. Il incombe au Comité Consultatif des Unités (CCU) de conseiller le CIPM sur tout ce qui concerne le SI : les règles fondamentales du système, les définitions, les noms et les symboles des unités de base, les expressions et les symboles des unités dérivées, les symboles des préfixes.

Bien que, dans sa forme actuelle, le SI puisse paraître satisfaisant, le développement et les besoins de la science et des techniques exigent que l'on apporte de temps en temps des améliorations à ce système ; au cours de la présente CGPM, le CIPM a proposé une nouvelle définition du *mètre*, qui précisément est l'une des unités de base du SI. En raison de l'importance de cette proposition, le CCU a étudié le problème dès 1974, lors de ses réunions tenues régulièrement tous les deux ans. A l'époque, cherchant à maintenir une certaine continuité dans la forme, le CCU avait proposé une définition qui était encore fondée sur une longueur d'onde. Son choix s'était porté sur la longueur d'onde correspondant à la transition de l'atome de

césium 133 sur laquelle la définition de la seconde est déjà fondée. En revanche, le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM) a proposé en 1979 une définition qui est essentiellement celle du projet de résolution soumis à la présente Conférence Générale et qui est fondée sur le trajet parcouru par la lumière dans un intervalle de temps spécifié. Après de longues discussions au cours desquelles plusieurs autres définitions possibles ont aussi été étudiées, le CCDM et le CCU se sont mis d'accord sur le projet de résolution A, à cause de sa clarté et de sa simplicité.

Le BIPM a publié dès 1970 la brochure *Le Système International d'Unités (SI)* afin de promouvoir le plus possible l'introduction du Système International dans le monde. Cette brochure, qui est rédigée par le CCU, offre un exposé systématique du SI : définitions des unités de base, expressions et symboles des unités dérivées, symboles et règles d'emploi des préfixes SI en usage avec le SI. La brochure est mise à jour périodiquement pour tenir compte des décisions de la CGPM et du CIPM. Ainsi, la 4^e édition a été publiée en 1981. Une version anglaise a été rédigée et publiée par le National Physical Laboratory (Teddington) et le National Bureau of Standards (Washington). D'autres organismes ont fait des traductions de cette brochure dans diverses langues.

La nouvelle édition tient compte des décisions de la 16^e CGPM concernant la définition de la candela, l'introduction du sievert et les deux symboles admis pour le litre ; un tableau particulier rassemble les unités SI dérivées (le becquerel, le gray et le sievert) auxquelles ont été donnés des noms spéciaux pour des raisons de sécurité et de sauvegarde de la santé humaine. Cette nouvelle édition fait aussi état d'une Recommandation adoptée par le CIPM concernant la nature des unités supplémentaires, nature dont l'interprétation est laissée ouverte par la 11^e CGPM (1960). L'incertitude sur la position de ces unités dans le SI et la liberté de les traiter comme des unités de base compromettent la cohérence interne du SI, qui est fondé sur sept unités de base seulement. Le CIPM (1980) a décidé d'interpréter la classe des unités supplémentaires dans le SI comme une classe d'unités dérivées, mais sans dimension.

Le CCU reçoit régulièrement des propositions pour modifier et améliorer le SI : noms spéciaux pour des unités particulières ou modifications à apporter aux symboles. Bien évidemment, le CCU doit rester ouvert à toute suggestion d'amélioration du SI, mais ce Comité a toujours essayé de respecter les principes suivants :

- a) Le SI étant un système international dont les règles sont souvent introduites dans les législations, il ne doit être modifié que rarement.
- b) Le SI doit néanmoins rester adapté à l'évolution de la science et des techniques, ce qui peut conduire à y apporter de petites modifications ou bien des extensions à des domaines nouveaux.
- c) Les extensions et les améliorations éventuelles doivent respecter *la simplicité du SI*.

Ainsi, le CCU est presque toujours opposé aux propositions visant à modifier les symboles des unités et des préfixes SI ou bien à introduire des noms spéciaux pour des unités particulières. Par exemple, des propositions ont été faites pour introduire des noms spéciaux pour le mètre carré, pour le mètre cube, pour l'unité de masse atomique (unifiée) et pour modifier les symboles des préfixes déca, hecto et kilo ; aucune de ces propositions n'a reçu d'accueil favorable.

Lors de sa 7^e session (1980) et de sa 8^e session (1982), le CCU a discuté de *l'usage du mot « poids »* (« weight » en anglais) ; il a constaté qu'il n'existe aucun problème dans le domaine scientifique. Les questions liées au nom d'une grandeur physique ne

sont pas directement de la compétence du CCU mais plutôt de celle des organismes de normalisation (ISO/TC 12). En ce qui concerne le kilogramme dans le SI, le CCU s'est prononcé clairement en faveur du maintien de la « déclaration relative à l'unité de masse et à la définition du poids » faite par la 3^e CGPM (1901). Cette déclaration avait essentiellement pour objectif de stipuler clairement que le kilogramme était une unité de masse et non pas une unité de force, alors que dans les milieux d'ingénieurs on employait fréquemment le kilogramme pour exprimer une force.

A la suite de discussions qui ont eu lieu au sein du CCU, l'ISO/TC 12 a effectué une enquête auprès de ses membres sur une manière satisfaisante d'exprimer les puissances de 10, comme par exemple « dex x » pour 10^x , mais l'enquête n'a fait apparaître aucune préférence marquée pour un mode d'écriture particulier. En ce qui concerne les noms pour les grands nombres 10^9 , 10^{12} , etc., la question a été traitée par la 9^e CGPM (1948) qui a recommandé, pour les pays européens, la « règle N » : 10^6 = un million, 10^{12} = un billion, 10^{18} = un trillion, etc., en réservant à 10^9 le nom de « un milliard ».

Le CCU a pris note d'une discussion prolongée concernant la définition et l'usage des unités gray et sievert. Les deux grandeurs dose absorbée et équivalent de dose ont la même dimension et leur unité a la même expression — joule par kilogramme — en fonction des autres unités SI ; elles diffèrent seulement par un facteur sans dimension. Dans tous les cas, il est nécessaire de préciser la grandeur considérée, dose absorbée ou équivalent de dose ; le nom spécial de l'unité, gray ou sievert, ne fournit qu'une indication supplémentaire donnée par raison de sécurité.

Pour conclure, Mr DE BOER rappelle que l'un des objectifs les plus importants de la Convention du Mètre est de promouvoir l'adoption du Système International dans le monde entier. Il attire particulièrement l'attention de la Conférence sur le document CGPM/83-10 « Progrès du Système Métrique et diffusion du Système International d'Unités ». Ce document donne un aperçu des efforts faits par l'Australie, le Canada et les États-Unis d'Amérique pour le passage du système impérial d'unités au SI. Il contient aussi une histoire résumée et impressionnante de l'introduction du SI en République Populaire de Chine. La Conférence pourra revenir sur ce sujet au point 18 de l'Ordre du jour.

Le PRÉSIDENT remercie Mr DE BOER pour son rapport extrêmement clair et concis et ouvre la discussion en demandant s'il doit bien comprendre le rôle du Comité Consultatif des Unités comme celui d'une sorte de Conseil Constitutionnel chargé de veiller à ce que tout ce qui est proposé ne perturbe pas le SI. Il lui paraît que c'est ainsi qu'a agi le CCU en travaillant en liaison étroite avec le CCDM sur le projet de nouvelle définition du mètre. Il lui demande aussi quelle sera la prochaine unité dont on changera la définition.

Mr DE BOER dit qu'en effet la surveillance du Système International d'Unités est la tâche la plus importante du CCU. Il est très difficile de répondre à la dernière question : à son avis, il se pourrait que dans l'avenir la candela disparaisse totalement en tant qu'unité de base car les unités photométriques pourraient être exprimées en fonction d'autres unités de base. Il ne voit pas d'autres changements prévisibles pour le moment.

Mr ATHANÉ (OIML) souligne que l'OIML est une organisation utilisatrice des travaux du BIPM en ce qui concerne le SI. Il présente ses félicitations au BIPM pour sa brochure sur le SI, document de base pour tous les travaux de métrologie qui touchent aux unités. Il exprime deux vœux. Il souhaite que la cinquième édition du SI soit publiée aussi rapidement que possible après la présente Conférence pour tenir compte de toutes les décisions prises. De plus, il estime nécessaire que cette brochure existe en français et en anglais et que ces deux versions soient publiées dans un format identique, et de préférence dans le même volume, pour en faciliter la consultation simultanée.

Mr DE BOER répond que la cinquième édition de la brochure sur le SI ne sera publiée qu'après la prochaine réunion du CCU, laquelle doit se tenir en 1984. En effet, c'est le CCU qui s'est toujours chargé de préparer cette publication. La possibilité d'une publication bilingue ou d'un format commun dans les deux langues devra être étudiée.

Mr FREDERIKSEN (UNESCO) exprime le souhait de recevoir cette brochure lorsque la nouvelle édition paraîtra. Ce type d'ouvrage est important pour le travail de formation des spécialistes dans les pays en voie de développement et l'UNESCO en assurerait volontiers une large diffusion.

Mr GRIVET (France) se demande si, en relation avec les travaux faits sur l'effet Josephson, il n'y aurait pas lieu d'introduire dans le SI la notion de quantum de flux magnétique.

Après une interruption de 15 minutes, le PRÉSIDENT donne la parole à Mr KIND pour présenter le premier compte rendu des réunions du Groupe de travail pour la Dotation.

17. Dotation annuelle de Bureau International (première proposition du Groupe de travail)

Le Groupe de travail pour la dotation du BIPM pour les quatre années 1985-1988, constitué lors de la première séance de la présente Conférence, s'est réuni trois fois : mardi 18 octobre le matin, mercredi 19 octobre le matin et en début d'après-midi. Des échanges de vues ont eu lieu sur le problème des retards dans le versement des contributions et sur les mesures à prendre à l'égard des pays dont les versements sont en retard. La rédaction d'un document précisant ces mesures a été considérée comme souhaitable.

L'essentiel des réunions a été consacré à la rédaction de propositions pour la dotation.

Il a été proposé qu'en cas de nouvelle adhésion à la Convention du Mètre, on devrait suivre la procédure qui a été suivie lors de l'adhésion de la République Populaire de Chine. Le Groupe de travail a discuté sur une formule permettant de calculer les contributions en cas de nouvelle adhésion.

Le Groupe de travail a été largement d'accord pour que le BIPM soit

maintenu dans des conditions financières saines, à son niveau actuel, mais sans prévoir d'accroissement de ses activités.

Le Groupe a tenté d'établir un compromis en partant du chiffre de 12 % d'augmentation proposé dans la Convocation de la Conférence Générale. La majorité des pays accepteraient une augmentation de 12 %, car ils estiment fondamental d'assurer au BIPM un financement suffisant, mais certains ne veulent pas dépasser le seuil de 9 à 10 %, afin de se conformer à la politique économique de leur pays. A titre de compromis, il a été proposé de calculer l'accroissement de la dotation sur une base de 10 % par an, mais de prévoir que, si le taux officiel de l'inflation en France s'avérait inférieur à ce chiffre, la dotation du BIPM serait réduite en proportion et les sommes excédentaires seraient versées sur un compte spécial dont l'utilisation serait décidée par la 18^e Conférence Générale.

MR DE BOER donne lecture de la proposition suivante :

1^{er} Projet de résolution D

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant

- l'importance des travaux effectués par le Bureau International des Poids et Mesures et des services qu'il rend à tous les pays,
- la nécessité d'assurer au Bureau International des Poids et Mesures des ressources minimales qui ne mettent pas en danger la poursuite de ces activités et
- la difficulté de prévoir, dans les circonstances économiques actuelles, les moyens financiers minimaux nécessaires pour permettre au Bureau International des Poids et Mesures de remplir sa mission de centre mondial de la métrologie scientifique,

décide

- que la partie fixe de la dotation annuelle du Bureau International des Poids et Mesures sera augmentée de telle façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire (définie à l'Article 6 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre de 1875) soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la 17^e Conférence Générale des Poids et Mesures,

pour 1985	13 265 000 francs-or
pour 1986	14 591 000 francs-or
pour 1987	16 050 000 francs-or
pour 1988	17 655 000 francs-or;

- que, si l'indice du coût de la vie en France établi par l'Institut National de la Statistique et des Études Économiques (INSEE) pour les organismes internationaux établis en France vient à augmenter en moyenne de moins de 10 % par an entre l'année 1984 et l'année en cours, la partie de l'augmentation de la dotation dont le Bureau International des Poids et Mesures aura la libre disposition pour l'année en cours sera réduite en proportion. Les sommes excédentaires que le Bureau International des Poids et Mesures aura perçues, ainsi que leurs intérêts, seront alors versés sur un compte spécial dont l'utilisation sera soumise à la décision de la 18^e Conférence Générale des Poids et Mesures.

MR KIND ajoute que Mr Giacomo (BIPM) a fait part au Groupe de travail pour la dotation de ses craintes de ne pas être en mesure, dans ces conditions,

de faire face au fonctionnement du BIPM avec le programme de travail envisagé. Il rappelle qu'il a été prévu d'engager de nouveaux physiciens, ce qui ne sera pas possible. Enfin, Mr KIND déclare que si ce compromis a rencontré une large approbation au sein du Groupe de travail, il n'a toutefois pas recueilli l'unanimité.

Le PRÉSIDENT remercie Mr Kind pour son compte rendu et avant d'ouvrir la discussion donne la parole à Mr de Boer qui souhaite donner quelques précisions sur les modalités du vote sur la dotation, telles qu'elles sont prévues dans le texte de la Convention du Mètre.

Mr DE BOER rappelle qu'aux termes de la Convention du Mètre toute décision concernant la dotation « sera valable seulement dans le cas où aucun des États contractants n'aura exprimé, ou n'exprimera, dans la Conférence, un avis contraire » (article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre). Dans ces conditions, le vote négatif d'un seul État membre de la Convention peut bloquer le travail du laboratoire et des organes de la Convention du Mètre. Il s'ensuit donc que les États qui n'approuvent pas un projet de résolution concernant la dotation sont invités à exprimer leur opinion sous la forme d'une abstention.

Le PRÉSIDENT se fait préciser quelles seraient les conséquences d'un vote négatif. Mr DE BOER répond que dans ce cas la dotation votée par la précédente Conférence Générale pour la dernière année du programme en cours serait reconduite sans changement ; dans le cas présent, il s'agirait du montant voté en 1979 par la 16^e Conférence Générale pour l'année 1984.

Le PRÉSIDENT demande s'il y aurait alors lieu de réunir une autre Conférence Générale avant l'échéance de quatre années en vigueur actuellement.

Mr DE BOER répond qu'une autre solution consiste à ne pas clore la Conférence Générale en cours et à la réunir pour une session ultérieure l'année suivante par exemple.

Le PRÉSIDENT demande quel est le coût d'une Conférence. C'est une question à laquelle il est difficile de répondre, d'autant plus que les frais de voyage et de séjour des délégués n'incombent pas au BIPM. Dans ces conditions le coût total peut difficilement être évalué. Mr DE BOER indique que dans le passé le bureau du CIPM avait fait une estimation qui était de l'ordre de 2 % de la dotation.

Ces précisions sur les conditions du vote de la dotation étant données, le PRÉSIDENT ouvre la discussion.

Mr DEAN (Royaume-Uni) demande si une délégation qui n'est pas d'accord sur le projet de résolution doit effectivement s'abstenir plutôt que d'émettre un vote négatif.

Mr DE BOER répond que c'est en effet ce qu'il convient de faire. Il appartient ensuite au chef de délégation d'expliquer aux autorités compétentes de son Pays l'impossibilité dans laquelle il se trouvait d'agir autrement.

Mr DEAN explique que l'on se trouve dans des conditions difficiles et que la Conférence a devant elle un problème particulièrement délicat à résoudre. Elle doit en effet faire une estimation du taux d'inflation en France sur une période de quatre années, pour lesquelles le budget doit être voté. Il n'existe aucune méthode facile pour obtenir ce taux. A son avis, les meilleures indications sont celles de l'inflation actuelle ainsi que les prévisions officielles pour l'avenir. Selon l'indice INSEE utilisé par le BIPM, pour les quatre trimestres de 1983 les taux sont respectivement : 9,8 %, 9,6 %, 9,5 % et 9,0 % (octobre 1983). Ce sont des chiffres pris trimestre par trimestre par rapport à l'année précédente. Autrement dit, d'octobre 1982 à octobre 1983 les prix ont augmenté de 9,0 %. Le Gouvernement français prévoit pour la fin de l'année une inflation de 8,4 % et a comme objectif un taux de 5 % pour la fin de 1984. Pour 1983 les prévisions de l'Organisation de Coopération et de Développement Économique (OCDE) sont de 9 %. Tous ces chiffres sont nettement inférieurs au taux d'augmentation demandé à la Conférence. A l'époque actuelle il y a une tendance générale dans tous les pays à réduire les dépenses et par conséquent l'inflation. Le Gouvernement du Royaume-Uni estime donc que l'augmentation de la dotation du BIPM doit être fixée à quelques points en dessous du taux d'inflation prévu. La délégation du Royaume-Uni n'est pas prête à accepter une augmentation de la dotation de 10 %, c'est-à-dire supérieure au taux estimé de l'inflation. Sinon le BIPM verrait ses ressources augmenter, accroîtrait son personnel et éventuellement le montant de ses réserves. Il ne semble pas qu'un budget expansionniste soit justifié dans une période de restrictions économiques générales.

Mr KIND (Rép. Féd. d'Allemagne) répond qu'il lui paraît en effet normal qu'il y ait un lien entre le taux d'augmentation de la dotation et celui de l'inflation. Il ne saurait être question de demander une augmentation de 10 % de la dotation si l'inflation est de 5 % seulement. La formule proposée permet précisément de maintenir l'augmentation de la dotation très voisine du taux réel d'inflation. Elle ne laisse pas place à une croissance du BIPM. Il n'y a aucun risque de voir les réserves croître ou les constructions nouvelles se multiplier. En effet, les travaux de construction en cours sont financés par les réserves. Les délégués qui ont visité le BIPM mardi 18 octobre ont pu constater qu'il y a un manque sérieux d'espace pour les travaux scientifiques, pour l'atelier, pour le personnel et qu'il n'existe pas de bibliothèque.

Mr TERRIEN (Directeur honoraire du BIPM) déclare qu'il veut faire une remarque qui peut paraître provocante, mais il constate que, si la crise économique actuelle incite effectivement les Gouvernements à réduire les investissements et même les dépenses pour la métrologie, le meilleur investissement qui puisse être fait par les pays est de favoriser le BIPM qui travaille avec une efficacité reconnue dans le monde entier. Les contributions financières de chaque état sont très petites. Il n'y a que cinquante-cinq personnes au total au BIPM. Les États-Unis d'Amérique et l'U.R.S.S. par exemple versent 10 % chacun du montant de la dotation, ce qui correspond au travail de 5,5 personnes et pour la plupart des pays il s'agit de beaucoup moins. Il demande s'il est vraiment impossible pour ces Gouvernements de

payer l'entretien de quelques personnes pour le bien de la métrologie internationale.

Mr BLOUET (France) comprend les préoccupations du Royaume-Uni. Toutefois il lui semble que le compromis qui a été proposé par le Groupe de travail répond bien à ces préoccupations. Il déclare que la délégation française est prête à soutenir totalement la proposition.

Mr GERMAN (Rép. Féd. d'Allemagne) appuie également la proposition.

Mr MACGABHANN (Irlande) indique que le service de la métrologie en Irlande s'est développé depuis quelques années seulement et pourtant, en raison de la récession économique, le Gouvernement a été obligé de faire des coupes sombres dans les dépenses. Il est prévu qu'en 1984 il y ait une diminution de 6 % par rapport aux dépenses de 1983 qui en étaient restées au niveau de 1982. Dans ces conditions toute amélioration des services métrologiques est impossible. A son avis, le BIPM devrait lui aussi se contenter d'un accroissement plus faible de ses ressources.

Mr DE BOER suggère de procéder à un vote indicatif pour savoir quels pays sont favorables ou opposés au compromis proposé par le Groupe de travail pour la dotation.

Le PRÉSIDENT souhaite être certain, avant le vote indicatif, qu'aucune délégation ne demande la parole. Mr BLOUET veut se faire préciser que la proposition revient bien à conserver au BIPM un niveau constant de ressources financières, ce que lui confirme Mr GIACOMO (BIPM).

Mr DEAN souligne que la proposition dont il est question est faite à partir d'un taux de 10 % annuel d'accroissement de la dotation alors que l'inflation en France est de 9 %. Il demande la raison pour laquelle on s'en tient à ce chiffre de 10 %. Il rappelle que le Royaume-Uni ne peut être favorable qu'à un budget en augmentation d'un taux inférieur à celui de l'inflation.

Mr DE BOER dit qu'au sein du Groupe de travail il y a eu déjà une longue discussion sur le niveau de l'inflation. Il existe en effet plusieurs façons d'évaluer ce type de chiffres. Mr Dean compare l'indice du premier trimestre de 1982 avec l'indice du premier trimestre de 1983. Mais on pourrait aussi utiliser l'expérience depuis plus de dix années d'un accroissement régulier de plus de 11 %, ou bien on pourrait comparer l'indice actuel trimestre par trimestre donnant aussi une augmentation supérieure à 10 %. Toutefois, ce genre de discussion paraît quelque peu vain, c'est pourquoi le Groupe de travail a établi un compromis (dernier alinéa du projet de résolution D, page 75) dans lequel l'augmentation de la dotation ne sera pas supérieure au taux d'inflation moyen sur les quatre années 1985-1988, au terme desquelles la Conférence Générale se prononcera sur l'utilisation des fonds éventuellement mis de côté. Ce compromis permet ainsi de suivre d'aussi près que possible le taux d'inflation.

Mr PRESTON-THOMAS (Canada) fait remarquer que cette formule ne donne au BIPM aucune sécurité en cas d'inflation excessive. Il espère qu'on ne se

trouvera pas dans une telle situation. En effet, si l'inflation en France était supérieure à 10 %, le BIPM verrait ses ressources diminuer. A son avis, le compromis assurerait au BIPM des ressources qui peuvent tout au plus rester constantes, mais qui risquent de diminuer.

Mr DEAN serait favorable à un compromis de ce genre liant l'augmentation au taux d'inflation, mais avec des montants inférieurs de 2 % à ceux qui sont proposés.

Mr BRAY (Italie) rappelle qu'au cours des discussions au sein du Groupe de travail pour la dotation, la délégation italienne s'est prononcée favorablement pour le rattachement du taux d'augmentation au taux d'inflation. Elle estime en effet que l'activité du BIPM doit être maintenue à un niveau réel constant.

Mr PERLSTAIN (Suisse) pense que la proposition initiale de 12 % d'augmentation est raisonnable, car, à son avis, un organisme qui n'a pas de possibilité de se développer stagne et même recule. Cette proposition se décompose en 10 % correspondant à l'inflation et 2 % permettant un minimum de développement. Toutefois la Suisse acceptera le compromis, tel qu'il a été présenté.

Mr ROTTER (Autriche) tient à dire que l'Autriche étant un petit pays neutre est particulièrement intéressée par les travaux du BIPM. Il est donc fondamental pour son pays que le BIPM puisse continuer à fonctionner dans de bonnes conditions.

Mr SIEGBAHN (Suède) se déclare en accord avec l'opinion exprimée par le délégué de la Suisse. Il est favorable à une augmentation annuelle de 12 % mais la Suède acceptera le compromis proposé.

Mr WANG (Chine) rappelle qu'au cours des discussions au sein du Groupe de travail sur la dotation la délégation de la République Populaire de Chine a soutenu l'augmentation annuelle de 12 %. En effet, durant les dernières années, l'augmentation annuelle de l'indice publié par l'INSEE pour les organisations internationales installées en France a été de l'ordre de 11,2 %. Mr Wang estime que ce chiffre constitue une bonne indication du coût de la vie qui tient compte de la situation économique. Si l'on observe l'évolution des prix sur les huit dernières années, au cours desquelles il y a eu des crises économiques, on constate que la courbe de l'accroissement du coût de la vie est remarquablement homogène et régulière. Par ailleurs, si l'on considère le développement de la métrologie moderne, celui-ci est étroitement lié au développement de la science moderne et suit les technologies avancées. Il apparaît donc nécessaire que l'accroissement des ressources du BIPM soit parallèle à l'augmentation de l'indice donné par l'INSEE, c'est-à-dire 11,2 %. Toutefois la délégation de la République Populaire de Chine donnera son assentiment au compromis.

La délégation de l'Afrique du Sud estime difficile d'apprécier les documents de l'INSEE. Elle trouve que l'on y fait trop référence au prix du dentifrice par exemple et certainement pas assez au prix des équipements scientifiques,

ce qui est le propos de la présente assemblée. Cette délégation n'aimerait pas que les activités du BIPM déclinent ; elle est prête à s'associer à ce qui paraît un bon compromis.

Pour terminer la discussion Mr DE BOER procède au vote indicatif sur le projet de résolution D (p. 75). Ce vote, auquel 36 délégations ont pris part (Rép. de Corée, Rép. Pop. Dém. de Corée, Uruguay non représentés) donne le résultat suivant :

pour : 28

abstentions : 6 (Argentine, Espagne, Inde, Irlande, Thaïlande, Venezuela)

contre : 2 (Roumanie, Royaume-Uni).

La discussion est renvoyée au Groupe de travail et sera reprise à la quatrième séance (p. 87).

20. Renouvellement par moitié du Comité International (proposition du CIPM)

En vue du renouvellement par moitié du Comité International, Mr DE BOER donne connaissance de la liste présentée par le CIPM des 9 membres du Comité International soumis à réélection. Cette liste comprend les cinq personnalités qui ont été cooptées par le CIPM depuis la 16^e CGPM, MM. Blevin, Bray, Kawata, Plebanski, Skakala, ainsi que les quatre personnes dont les noms ont été tirés au sort : MM. Ambler, Dunworth, Siegbahn, Wang.

Le vote n'interviendra qu'à la dernière séance, le vendredi 21 octobre (voir p. 92).

Le PRÉSIDENT indique que le « Groupe de travail pour la dotation du BIPM » se réunira le jeudi 20 octobre. Il ne sera pas possible à Mr DEAN (Royaume-Uni) d'assister à cette réunion.

La séance est levée à 17 h 35 min.

*

* *

A 18 h, le Ministre des Relations Extérieures de la République Française a offert une réception aux délégués et à leurs épouses dans les salons du Centre International de Conférences de l'avenue Kléber.

QUATRIÈME SÉANCE
DE LA 17^e CONFÉRENCE GÉNÉRALE
DES POIDS ET MESURES

tenue le jeudi 20 octobre 1983, à 15 h

7 et 8. Définition du mètre, Masse et grandeurs apparentées (vote des projets de résolutions)

Le PRÉSIDENT ouvre la séance en indiquant que la Conférence doit maintenant voter les projets de résolutions qui ont été présentés lors des rapports des présidents du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (voir p. 14) et du Comité Consultatif pour la Masse (voir p. 15).

Mr DE BOER donne lecture du projet de résolution A concernant la définition du Mètre et le Président demande si l'une ou l'autre délégation souhaite exprimer une opinion. Aucune délégation ne demandant la parole, le projet est soumis au vote et adopté à l'unanimité. La proclamation du résultat du vote est accompagnée d'applaudissements (Résolution 1, p. 97).

Mr DE BOER donne ensuite lecture du projet de résolution B qui est également adopté à l'unanimité (Résolution 2, p. 98).

Il en est de même pour le projet de résolution C (Résolution 3, p. 99).

15. Programme des travaux futurs

Le PRÉSIDENT donne la parole à Mr GIACOMO (BIPM) pour la présentation du programme des travaux du BIPM. Un document sur le sujet a été envoyé en avril 1983 aux Ambassades des États membres et distribué aux délégués.

Mr GIACOMO évoque son embarras pour parler du programme de travail du BIPM. En effet, si l'on considère que la santé d'un organisme se mesure par la différence entre les recettes et les dépenses, le BIPM est en bonne santé, mais il semble que maintenir cette différence positive puisse être considéré comme une mauvaise politique.

Le BIPM consacre 50 % de son activité aux travaux d'étalonnage et aux comparaisons internationales. On peut considérer que 40 % vont à l'entretien du matériel et à la mise en œuvre de méthodes de mesure nouvelles mais non originales. Il s'agit de méthodes qui se sont avérées indispensables dans d'autres laboratoires et que le BIPM doit utiliser pour conserver et mettre à

la disposition des laboratoires nationaux qui le demandent les unités de base ou quelques autres unités du SI. On peut citer dans cette catégorie les travaux sur l'effet Josephson ainsi que sur les lasers. Il reste 10 % de recherches originales qui ne sont peut-être pas indispensables pour assurer le fonctionnement au jour le jour, mais sont nécessaires pour maintenir l'esprit scientifique parmi les membres du personnel du Bureau.

Après ces quelques mots d'introduction Mr Giacomo détaille les travaux incombant aux différentes sections et les moyens qui sont mis à leur disposition.

En ce qui concerne la section des longueurs, il est évident que ce domaine sera fortement orienté vers l'étude des lasers ainsi que l'utilisation de leurs longueurs d'onde pour mettre en œuvre la nouvelle définition du mètre et assurer la mesure des étalons matériels. Dans cette section l'effectif est de cinq personnes qui doivent assurer d'une part l'étude proprement dite des lasers qui seront les étalons pratiques de travail pour les mesures de longueur, mais pour lesquels nous ne savons pas encore quels seront les lasers qu'il faudra utiliser, d'autre part la mesure effective des étalons matériels. Cette seconde tâche est extrêmement importante. C'est la seule méthode qui permette de vérifier qu'en partant de lasers on peut faire des mesures correctes et cohérentes entre elles. Tous les pays, tous les laboratoires nationaux ne disposent pas des moyens nécessaires pour passer des longueurs d'onde de lasers à la mesure d'étalons matériels. Le Bureau doit pouvoir effectuer des étalonnages pour les pays qui le demandent et il devra rester en mesure d'assurer ce type de service pendant de longues années encore.

Dans le domaine des masses, il n'y a que deux personnes pour s'occuper de la conservation à long terme du Prototype international du kilogramme. Les garanties que nous avons que ce Prototype est conservé dans des conditions telles que sa masse ne varie pas sont insuffisantes. Il se pourrait que la masse de ce Prototype varie, par exemple en fonction des conditions ambiantes. Or, il faut que le BIPM s'assure que le kilogramme est bien conservé dans les meilleures conditions possibles. Par ailleurs, il incombe au BIPM d'assurer les vérifications d'étalons nationaux. Il faut pour cela des balances dont la qualité soit suffisante pour que ces mesures soient effectuées avec le maximum de sécurité. En dehors du matériel de type commercial, les balances ont fait l'objet de très peu d'études systématiques. Les études en cours montrent que de tels travaux sont nécessaires pour éviter de laisser s'introduire des erreurs systématiques. Tous les pays n'ont pas comme étalon national un prototype en platine iridié. Et même s'ils en ont un, ils utilisent fréquemment aussi des étalons qui sont le plus souvent en acier inoxydable. Une attitude pourrait consister à penser que ce type de question n'est pas du ressort du BIPM et qu'il incombe aux laboratoires nationaux de faire les études nécessaires pour tenir compte de la correction de poussée de l'air. Mais le Bureau doit utiliser la meilleure détermination possible de cette correction, qui est loin d'être connue de façon satisfaisante. C'est là un second sujet de travail du Bureau.

Dans le domaine du temps et de l'échelle de Temps Atomique International

à laquelle le BIPM ne participe qu'en mettant à la disposition du Bureau International de l'Heure (BIH) un physicien, Mr Giacomo dit savoir, pour suivre de près l'activité du BIH, que la diffusion du temps, sinon la réalisation de la seconde, pose des problèmes du fait que les méthodes sont en évolution très rapide. Cette évolution rapide entraîne un accroissement des charges que doit assurer le BIH pour diffuser l'unité de temps, qui est la seconde du SI. Ces besoins nouveaux demandent au BIH davantage de moyens en personnel. Il paraît peu probable dans les circonstances actuelles que le BIPM puisse mettre à la disposition du BIH plus d'une personne.

En ce qui concerne l'électricité, le BIPM dispose de cinq personnes qui travaillent à la conservation de l'ohm et du volt. Mais il conviendrait aussi que l'on s'occupe du farad et du passage du courant continu au courant alternatif. Le BIPM a pu réaliser une installation de mesure de l'effet Josephson dans d'excellentes conditions. La mise en œuvre de l'effet Hall quantique pour la conservation de l'ohm demanderait un effort en personnel, dont Mr Giacomo dit ne pas être certain que le BIPM pourra le faire dans les quatre prochaines années.

Pour la photométrie et la radiométrie, c'est un domaine sur lequel le BIPM avait fait le choix de ne pas porter d'effort particulier depuis un certain nombre d'années. Le changement de la définition de la candela décidé par la 16^e CGPM en 1979 est un indice d'évolution importante dans ce domaine. Or, il y a au BIPM moins d'une personne qui se consacre à la photométrie et à la radiométrie. Ainsi que les délégués ont pu l'entendre lors de la présentation des rapports des Comités Consultatifs c'est un domaine où le Bureau est fortement pressé de consacrer davantage d'efforts. Mr Giacomo dit ne pas savoir quels seront les choix que le BIPM sera obligé de faire, mais de toute façon il ne saurait être question de développer les travaux en radiométrie avec moins d'une personne. Par ailleurs, il faut toujours assurer les vérifications et comparaisons d'étalons nationaux. Et il est d'ores et déjà certain que le BIPM aura de grosses difficultés pour effectuer les comparaisons de lampes étalons qui ont été prévues.

Pour les travaux sur les pressions le BIPM dispose seulement d'une demi-personne. Néanmoins, il lui est demandé d'accroître ses efforts en ce domaine.

En ce qui concerne les forces, le seul travail effectué concerne la mesure de g . En effet, l'accélération due à la pesanteur intervient dans de nombreuses mesures. C'est un travail auquel depuis une vingtaine d'années le BIPM a consacré un effort appréciable. Un peu moins de deux personnes travaillent dans cette section. Les succès obtenus ont été remarquables. Il existe maintenant au BIPM un gravimètre transportable qui permet d'atteindre une exactitude relative de l'ordre de 1×10^{-9} . L'existence même de ce gravimètre a conduit à des demandes très pressantes de la part d'autres laboratoires pour l'organisation de comparaisons avec d'autres gravimètres et pour le transport de l'appareil dans d'autres laboratoires afin d'opérer des vérifications de la valeur de g . Mais ce type d'activités ne pourra pas continuer à être assuré convenablement avec une seule personne.

A elle seule la thermométrie constitue un domaine important, dont l'éventail est très large puisqu'il s'étend de quelques fractions de kelvin jusqu'à plusieurs milliers de kelvins. Il fait appel à des techniques extrêmement variées. Il faut rappeler que le BIPM, ne serait-ce que pour ses propres travaux, a besoin de mesures de température d'excellente qualité, très précises et très exactes, par exemple pour la correction de la poussée de l'air au cours des pesées. On peut considérer que l'activité du BIPM se limite à conserver l'EIPT, et même pas dans sa totalité puisqu'il semble exclu que le BIPM travaille dans les régions des très basses ou des très hautes températures. Mais conserver l'EIPT dans le domaine des températures moyennes très élargi représente déjà un travail considérable. Les points fixes permettent assez souvent d'avoir une exactitude de l'ordre du millikelvin. Et précisément pour les applications pratiques comme la vérification de la longueur d'un étalon de un mètre en acier, l'exactitude de la mesure des températures dont on a besoin est de l'ordre du millikelvin. En ce qui concerne la mise au point de l'EIPT, la plupart des travaux se font en dehors du BIPM, mais si l'on veut des physiciens capables de faire des mesures exactes avec la pratique que demande la métrologie de haut niveau, il est indispensable qu'il y ait au BIPM une activité suffisante pour que l'étalonnage d'un thermomètre à résistance de platine soit fait correctement; il est très facile de commettre des erreurs dans les mesures de température simplement parce qu'on néglige de prendre l'une des multiples précautions de façon correcte. Par ailleurs, les thermomètres sont des instruments dont la fidélité laisse à désirer; il est indispensable de les vérifier périodiquement et quelquefois fréquemment. Tous ces problèmes se posent lorsque les laboratoires nationaux demandent au BIPM d'étalonner des thermomètres ou des thermocouples. Pour ce travail le BIPM dispose de deux personnes.

Mr GIACOMO aborde ensuite le travail effectué par la section des rayonnements ionisants, qui se partage trois types d'activités très corrélées. Le BIPM dispose de 8,5 personnes pour cette section. Dans le domaine des rayons X et γ , les activités sont surtout orientées vers l'étalonnage correct des instruments de mesure considérés comme des étalons dans de nombreux laboratoires nationaux, qu'il s'agisse de mesures d'exposition ou de dose absorbée. L'exactitude de ces mesures est vraiment très proche de celle dont on aurait besoin pour les applications pratiques, telles que la radiothérapie ou la protection du personnel. Une personne se consacre à cette activité d'étalonnage et de vérification d'instruments. Le domaine de la mesure des radionucléides est celui auquel le BIPM consacre le plus de personnes, soit quatre personnes qui travaillent sur la détermination absolue de l'activité et l'étude des méthodes. La méthode des coïncidences a été étudiée très complètement; elle a été utilisée pendant plus de quarante ans. Elle sera peut-être remplacée par la méthode d'échantillonnage sélectif. Il est essentiel que des idées telles que celle-ci soient développées par le personnel du BIPM. C'est essentiel pour la communauté scientifique mais essentiel aussi pour l'esprit du Bureau.

Il incombe aussi au BIPM d'assurer une conservation et une continuité des mesures. C'est bien ce qui a été réalisé avec le Système international de

référence, qui a été développé depuis une dizaine d'années à la satisfaction de tous. Plus les laboratoires envoient de sources à étalonner, plus la qualité de ce service s'améliore. Il est hautement souhaitable que ce service puisse continuer à être assuré.

Dans le domaine des mesures neutroniques, le BIPM est obligé de s'en tenir à une activité minimale car c'est un domaine qui nécessite un équipement lourd que le Bureau n'est pas en mesure d'avoir. Deux personnes travaillent sur les mesures de débit de fluence de neutrons et les mesures de dosimétrie neutronique. On peut considérer qu'avoir deux personnes actives dans ce domaine correspond à un minimum. En effet, la difficulté vient de ce que le BIPM ne doit pas avoir d'activités intermittentes. Or, dans ce domaine, l'équipement vieillit très rapidement ; il faut assurer un travail d'entretien qui demande une surveillance et une vigilance beaucoup plus grandes que dans les domaines traditionnels comme les mesures de masse par exemple.

Pour terminer, Mr GIACOMO fait remarquer qu'il n'a pas mentionné de développements éventuels nouveaux. Dans le programme de travail, on a dû déjà sacrifier un certain nombre d'activités qu'il serait pourtant nécessaire de développer au BIPM, mais qu'il est impossible de retenir, vu les moyens actuels mis à sa disposition. Il exprime pourtant le souhait que dans l'avenir la CGPM prenne ce problème en considération. En effet, il craint qu'en ne permettant au BIPM que d'entretenir une sorte de routine, celle-ci ne se traduise par une sclérose. Il est fondamental de donner au BIPM la possibilité de s'adapter aux progrès qui, dans les laboratoires nationaux, fourniront demain les meilleures références métrologiques. Bien évidemment il ne s'agit pas d'une situation nouvelle. Mr Giacomo fait référence au condensateur calculable. Une installation de ce type aurait entraîné le Bureau dans des dépenses considérables. Récemment l'effet Hall a pris le relai, mais c'est une technique qui est également très coûteuse et il est douteux que le BIPM puisse engager de telles dépenses. Mr Giacomo soumet cet exemple à la réflexion de la Conférence.

La fin de l'exposé de Mr Giacomo est accueillie par des applaudissements.

Le PRÉSIDENT remercie Mr Giacomo pour l'exposé qu'il vient de faire. S'agissant de la vie d'une institution, il y a le programme d'une part et ce que l'on peut réaliser d'autre part. Il est important d'analyser en premier lieu le programme, même s'il n'est pas possible de donner une suite immédiate à tous les projets. Le Président conseille de garder en la matière une précision de scientifiques. Il faut tenir compte des conditions de travail, des techniques qui conditionnent les résultats. Une lecture attentive des documents fait ressortir que le domaine des mesures électriques et la photométrie-radiométrie en particulier devraient faire l'objet d'un plus grand effort.

Mr BRAY (Italie) tient tout d'abord à féliciter très chaleureusement le Directeur du BIPM pour le travail accompli depuis quatre ans par le personnel du Bureau. Il fait remarquer que le laboratoire italien a travaillé avec le Bureau non seulement dans le cadre des comparaisons internationales, mais

aussi directement. Il s'en déclare très satisfait, non seulement en raison des résultats obtenus, mais parce que ce mode de travail amène physiciens et techniciens à coopérer effectivement et ce faisant à augmenter leur qualification. Les chercheurs peuvent en particulier profiter des installations du Bureau. Mr Bray veut revenir sur ce que Mr Giacomo a dit au sujet de la mesure absolue de l'accélération due à la pesanteur. Il rappelle qu'une comparaison entre six gravimètres provenant de différents pays a eu lieu il y a deux ans ; les résultats en ont été très bons et particulièrement intéressants. Une deuxième comparaison du même type est actuellement envisagée et devrait être faite en 1984. Dans ces conditions, Mr Bray regrette d'apprendre que le programme prévoit une diminution de l'activité du BIPM dans ce domaine. L'Italie souhaite que ce travail se poursuive et demande instamment que la deuxième comparaison en cours d'organisation soit effectuée.

Mr GIACOMO rassure Mr Bray en lui disant que la comparaison en question est considérée comme un travail de haute priorité. Il espère qu'elle pourra s'effectuer de façon correcte mais déplore le problème aigu de manque de place pour que ce genre de comparaisons se déroule dans des conditions satisfaisantes pour tous.

Mr GRIVET (France) demande s'il n'y aurait pas lieu de demander au CCU d'étudier la question de l'effet Hall quantique et de son intérêt du point de vue des constantes fondamentales.

Mr GIACOMO répond qu'il n'est pas dans la tradition du Bureau de s'occuper de la détermination des constantes fondamentales à moins qu'elles n'interviennent dans les mesures. La vitesse de la lumière constitue un excellent exemple de l'importance des constantes fondamentales pour la métrologie. Dans la mesure où il ne s'agit que de la connaissance de la valeur des constantes, il n'incombe pas au Bureau d'y consacrer trop de travail. En ce qui concerne l'effet Hall quantique, on peut raisonnablement penser que son étude donnera une ouverture considérable sur la valeur de e et de h , mais aussi que, même si l'on n'est pas capable de relier l'effet Hall quantique à l'ampère ou au watt, son utilisation donnera un meilleur moyen de conserver l'ohm. Bien que l'ohm soit moins difficile à conserver que ne l'est le volt, tous les problèmes posés par sa conservation à long terme sont loin d'être résolus. Il paraît donc qu'il sera nécessaire pour le BIPM de travailler dans ce domaine.

Mr ATHANÉ (OIML) rappelle que l'OIML est essentiellement orientée vers la métrologie pratique, qu'il qualifie de « métrologie de tous les jours », mais néanmoins cela doit être de la bonne métrologie, pour laquelle il est nécessaire d'avoir des bases scientifiques solides. Pour l'OIML, c'est le BIPM qui lui fournit ces bases. Il estime d'ailleurs que nombreuses sont les organisations, qui touchent à la métrologie et qui ont besoin des travaux du BIPM. Il considère que le BIPM est absolument nécessaire sur le plan international. Il formule donc le vœu que le programme du Bureau puisse se développer pour toujours mieux rendre service à la communauté internationale.

Le PRÉSIDENT, précisant qu'il connaît fort peu le BIPM, demande quelques

précisions sur les moyens techniques, en particulier sur le niveau de l'informatisation et de l'automatisation des expériences.

Mr GIACOMO répond que depuis une dizaine d'années le BIPM a fait un effort considérable pour que tous les calculs scientifiques soient effectués sur l'un des plus petits ordinateurs disponibles sur le marché et cela grâce aux efforts d'un physicien du BIPM qui a fait une utilisation maximale des possibilités de ce matériel. Par ailleurs, pour parvenir à faire le maximum de travail avec le minimum de personnel il faut automatiser le plus possible toutes les expériences qui peuvent l'être. Ce programme d'automatisation est en cours. Il subsiste toutefois un danger. Les automatismes exécutent correctement ce pour quoi ils sont programmés mais seulement cela. Or, les métrologistes chevronnés savent par expérience que la réalité diffère parfois des prévisions. En métrologie de haut niveau on est quelquefois confronté avec l'imprévu que ni les ordinateurs, ni les automatismes ne peuvent déceler. L'automatisation de nos mesures demande à être établie avec un soin extrême ; c'est un bon investissement, mais qui demandera énormément de travail et ne pourra pas être réalisé rapidement. Il vaut mieux travailler lentement mais sûrement, quitte à n'obtenir des résultats que très progressivement. Il ne faut pas négliger cette servitude à laquelle le BIPM s'est toujours plié et qui s'est toujours révélée bénéfique pour l'ensemble de la communauté scientifique.

Mr STEINBERG (Argentine) déclare qu'il est impossible d'accepter, du fait d'un manque de personnel, une diminution des activités scientifiques du BIPM, compte tenu de son rôle unique dans le domaine de la métrologie.

Le PRÉSIDENT attire l'attention sur l'évolution de l'âge moyen du personnel qui est passé de 41 à 46 ans. C'est un facteur important, d'autant plus que les dépenses de personnel constituent 67 % du budget total du Bureau. Si la dotation est insuffisante, les restrictions budgétaires porteront en premier lieu sur l'équipement matériel. Or le vieillissement du matériel est également très préjudiciable à l'efficacité d'un laboratoire.

Après une interruption de 25 minutes, la séance reprend.

17. Dotation annuelle du Bureau International (suite : deuxième proposition du Groupe de travail)

Mr KIND, président du Groupe de travail pour la dotation du BIPM présente son rapport en rappelant que, lors de la précédente séance, le Groupe de travail pour la dotation a présenté une proposition fondée sur une augmentation annuelle de 10 % et comportant une formule corrective permettant d'abaisser ce plafond maximal d'augmentation. Le Groupe de travail s'est à nouveau réuni ce jour pour une discussion qui a fait suite à des consultations privées dans la soirée d'hier. La solution proposée aujourd'hui dans le 2^e projet de résolution D retient une augmentation annuelle de 9 % seulement. Après être tombé à un chiffre aussi bas et malgré le taux d'inflation plus élevé auquel on peut logiquement s'attendre en France pour les années considérées, le Groupe de travail n'a pas jugé nécessaire de compliquer les choses et de

retenir une formule corrective. Si l'inflation s'avère nettement supérieure et que la situation conduise le BIPM à des difficultés, le CIPM a toujours la possibilité de convoquer une nouvelle Conférence Générale avant 1987. C'est pourquoi la proposition présentée à cette séance est extrêmement simple. Mr Kind souligne toutefois le contraste marqué qui existe entre le programme de travail du BIPM tel qu'il a été exposé et le contenu de cette proposition financière qui ne suffira pas pour satisfaire les besoins.

Le PRÉSIDENT remercie Mr Kind et ouvre la discussion sur cette nouvelle proposition.

Mr BLOUET (France) pense que la situation se pose en termes shakespeariens : « être ou ne pas être ». Le budget sera-t-il suffisant pour assurer l'existence du BIPM ? Mr Blouet dit ne pas en être certain.

Mr PERLSTAIN (Suisse) pense que les pays qui n'ont pas de gros laboratoires sont heureux de pouvoir avoir recours à une institution telle que le BIPM. Ne pas donner au BIPM les moyens de son fonctionnement normal pénalise en fait ces petits pays.

Mr DOS SANTOS (Brésil) estime que si le Bureau doit pâtir d'une situation financière insuffisante, les conséquences en seront très graves. Il sera difficile de retrouver un équilibre par la suite. Il précise que les laboratoires du Brésil ont un budget huit fois supérieur à celui du BIPM.

La discussion sera reprise à la cinquième séance (p. 91).

16. Rapport du Groupe de travail *ad hoc* de la 16^e Conférence Générale

Mr DE BOER présente le rapport du Groupe de travail *ad hoc* de la 16^e Conférence Générale qui s'est réuni en octobre 1980. Un rapport écrit a été envoyé aux Gouvernements en 1981. Mr de Boer présente aussi les conclusions du Comité International, qui sont données dans le document de convocation de la présente Conférence, dans les commentaires sur le point 16 de l'Ordre du jour (voir p. 18).

Le CIPM a approuvé la conclusion du Groupe de travail *ad hoc* de ne pas augmenter le nombre de sièges au Comité International. Il est convenu qu'une attention particulière doit être apportée à la distribution appropriée de ces sièges entre les différents États membres de la Convention du Mètre. Le CIPM est d'accord de ne rien changer dans les modalités d'approbation de la dotation prescrites dans la Convention du Mètre.

Après avoir remercié Mr de Boer pour sa présentation, le PRÉSIDENT donne la parole aux délégués qui voudraient présenter des commentaires sur le rapport.

Mr DEAN (Royaume-Uni) se dit enchanté d'apprendre que le Comité International a approuvé le rapport du Groupe de travail *ad hoc* de la 16^e Conférence Générale. Ce rapport est en effet de la plus haute importance, car il aborde un certain nombre de problèmes cruciaux. L'un de ceux-ci porte

précisément sur les relations entre les Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre et le Comité International. A ce sujet, il convient de rappeler le texte exact de la déclaration que le Groupe de travail *ad hoc* a rédigé :

« Le Groupe de travail

— *considérant* une proposition de la délégation de l'Espagne pour une modification de la Convention du Mètre suivant laquelle les membres du Comité International seraient désignés par leurs Gouvernements,

— *considérant* une proposition de la délégation du Royaume-Uni d'ajouter aux articles 8 et 14 du Règlement annexe la règle que les membres doivent être acceptables par leurs gouvernements,

— *recommande* que le Comité International — en général — prenne toutes les mesures possibles pour s'assurer que chacun de ses membres est acceptable, auprès de son Ambassade ou de l'organisation ou du laboratoire de métrologie concernés. »

Mr Dean estime que ce texte est parfaitement explicite et clair. Il est tout à fait dans l'esprit de ce qui a été décidé de ne proposer un candidat à la réélection au Comité International que lorsqu'on s'est assuré que le Gouvernement approuve ce choix. Nous pouvons conclure que, s'il tient à respecter l'esprit et les termes de ce qui a été décidé, le Comité International ne pourrait pas avancer le nom d'un candidat dans le cas où le Gouvernement intéressé lui aurait fait part de son désaccord sur ce choix. Il s'agit là d'un point très important. Mr Dean exprime sa satisfaction de constater que le Comité International a accepté les conclusions du Groupe de travail *ad hoc* à cet égard. Cette décision lui paraît parfaitement raisonnable. Elle ne peut que faciliter les bonnes relations entre les Gouvernements et le Comité International, ce qui paraît fondamental pour le bon fonctionnement des organes de la Convention du Mètre.

Mr DE BOER répond qu'il peut toujours y avoir divergence d'interprétations. Il rappelle quelle était la position du Royaume-Uni lors de la réunion dudit Groupe de travail *ad hoc*. La délégation de ce pays avait proposé de préciser en fin de l'article 12 du Règlement annexé à la Convention du Mètre que chacun des membres du CIPM devait avoir l'agrément de son Gouvernement. Cette proposition a été longuement discutée au sein du Groupe de travail. L'opinion générale du Groupe ne s'est pas montrée favorable à une telle adjonction, dans la crainte que cette clause ne crée une certaine dépendance des membres du CIPM par rapport au Gouvernement de leur pays d'origine. Or, il est essentiel que les membres du Comité conservent leur indépendance et cette notion a été approuvée et fortement défendue par la majorité des délégués du Groupe de travail. Il est bien évident pourtant que le Comité estime préférable de voir siéger ses membres avec l'approbation du Gouvernement de leur pays, mais il n'est pas favorable à une interprétation trop stricte de cette condition. Le compromis proposé a été le suivant : le Comité International, *en général*, doit prendre toutes les mesures nécessaires pour s'assurer que chacun de ses membres a l'agrément du Gouvernement concerné. C'est ce

qu'il fait avant une élection lorsqu'un siège est à pourvoir pendant la période qui s'écoule entre deux Conférences. Mais il ne saurait être question que le Comité se fasse confirmer cet agrément de façon régulière, comme par exemple à l'occasion du renouvellement par moitié du Comité International qui doit se faire par la Conférence Générale.

Mr DEAN répond que lors des discussions au sein du Groupe de travail *ad hoc* l'esprit était parfaitement clair ; aucune distinction n'a été faite entre élection et réélection. Si un Gouvernement faisait part au Comité International de sa désapprobation sur le choix d'un candidat, qu'il s'agisse aussi bien d'une élection que d'une réélection, ne pas tenir compte de cet avis serait contraire à l'esprit de la recommandation du Groupe de travail *ad hoc*.

Mr DE BOER dit s'exprimer ici en tant que Président du Groupe de travail *ad hoc* dont il a rapporté l'avis général. Il ne s'agit pas de son opinion personnelle et les conclusions du Comité International données dans la Convocation sont en conformité avec les conclusions du Groupe de travail ; mais naturellement, si un Gouvernement exprimait un avis sur une réélection, cette communication devrait être prise au sérieux par le Comité International car il lui faut effectivement tenir compte des réactions des gouvernements qui les font connaître.

En guise de conclusion, le PRÉSIDENT précise qu'il est toujours difficile de discuter de méthodes de vote, car les règles de vote doivent avoir un caractère abstrait. Tout doit être mis en œuvre pour s'assurer que le candidat soit acceptable par son Gouvernement.

Mr DE BOER demande si la Conférence est d'accord avec les conclusions du rapport du Groupe de travail *ad hoc*.

Le rapport est approuvé et la séance est levée.

CINQUIÈME SÉANCE
DE LA 17^e CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS
ET MESURES

tenue le vendredi 21 octobre, à 10 h

17. Dotation annuelle du Bureau International (suite)

Le PRÉSIDENT souhaite que toute délégation qui voudrait s'exprimer sur le sujet le fasse avant de procéder à un vote.

Mr DE BOER rappelle que, conformément à l'article 6 du Règlement annexé à la Convention du Mètre, il ne pourra être pris de décision valable sur la dotation que si aucun des États n'exprime un avis contraire à la proposition, c'est-à-dire s'il n'y a aucun vote négatif.

Mr DE BOER donne lecture du second projet de résolution D qui est fondé sur une augmentation annuelle de 9 % de la dotation du BIPM.

2^e Projet de résolution D

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant

- l'importance des travaux effectués par le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) et des services qu'il rend à tous les pays,
- la nécessité d'assurer au BIPM des ressources minimales qui ne mettent pas en danger la poursuite de ces activités et
- la difficulté de prévoir, dans les circonstances économiques actuelles, les moyens financiers minimaux nécessaires pour permettre au BIPM de remplir sa mission de centre mondial de la métrologie scientifique,

décide

— que la partie fixe de la dotation annuelle du BIPM sera augmentée de telle façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire (définie à l'Article 6 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre de 1875) soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la 17^e Conférence Générale des Poids et Mesures,

pour 1985	13 144 000 francs-or
pour 1986	14 327 000 francs-or
pour 1987	15 616 000 francs-or
pour 1988	17 022 000 francs-or.

Le PRÉSIDENT rappelle que tout vote aura une valeur définitive. Il est donc essentiel de parvenir à une position unanime de façon à ne pas rendre la situation plus complexe et surtout éviter de devoir convoquer une nouvelle Conférence Générale, ce qui est une affaire onéreuse. Par mesure de précaution, il suggère de procéder, comme il a été fait lors de la troisième séance, à un vote indicatif sur ce second projet de résolution D.

Mr DE BOER procède au vote indicatif sur le projet ci-dessus. Ce vote, auquel 38 délégations ont pris part (Turquie non représentée) donne le résultat suivant :

pour : 32

abstentions : 5 (Argentine, Espagne, Royaume-Uni, Uruguay, Venezuela)

contre : 1 (Roumanie).

A l'issue de ce vote indicatif, le PRÉSIDENT propose une suspension de séance de 20 minutes pour permettre de trouver une solution au problème. Le vote définitif interviendra à la fin de l'Ordre du jour (p. 95).

La séance reprend à 11 h 16 min.

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

Le PRÉSIDENT invite les délégués des États qui ont contribué au document distribué sur ce sujet (*voir* Annexe p. 101), à ajouter quelques mots s'ils le désirent. Aucune demande d'intervention n'est faite.

19. Propositions de MM. les Délégués

Le PRÉSIDENT indique que le Comité International n'a reçu aucune proposition.

20. Renouvellement par moitié du Comité International (*fin* : vote)

Mr DE BOER indique qu'il va être remis à chaque délégation un bulletin de vote qui comporte une liste de neuf noms, présentée par le Comité International. La composition de cette liste a été communiquée à la Conférence au cours de la troisième séance (*voir* page 80). Mr de Boer précise que chaque délégation peut remplacer l'un ou l'autre des noms indiqués sur cette liste par le nom d'une personne de son choix. Pour être valable, un bulletin ne devra pas porter plus de neuf noms.

Après avoir demandé si quelqu'un souhaite quelque explication complémentaire sur ce vote, le Président informe la Conférence du désir exprimé par Mr Dunworth de faire une déclaration.

Mr DUNWORTH rappelle que le Président du Comité est élu par le CIPM après chaque Conférence Générale. Il a assumé cette fonction depuis 1973, et, ainsi qu'il en a informé les membres du Comité, il ne souhaite pas continuer à poursuivre cette tâche pendant très longtemps encore mais, suivant l'avis du CIPM, il accepte de poser sa candidature pour une période limitée de un an.

Le PRÉSIDENT se fait le porte-parole de l'ensemble des délégués à la Conférence en rendant hommage à la tâche qui a été accomplie pendant toute cette période par Mr Dunworth.

Le vote a lieu par État, à scrutin secret. Le dépouillement est effectué par trois scrutateurs (Mr German (Rép. Féd. d'Allemagne), Mr Werner (Rép. Dém. Allemande) et Mr Quinn (BIPM)). Trente-huit votes ont été exprimés et le résultat est le suivant :

Membres sortants rééligibles	{	MM. E. AMBLER	38 voix
		W. R. BLEVIN	38 voix
		A. BRAY	38 voix
		J. V. DUNWORTH	29 voix
		M. KAWATA	37 voix
		T. PLEBANSKI	38 voix
		K. SIEGBAHN	38 voix
		J. SKAKALA	38 voix
autres candidats	{	WANG DAHENG	38 voix
		P. DEAN	2 voix
		D. KIND	1 voix.

Tous les membres sortants proposés par le Comité International sont donc réélus (*applaudissements*).

21. Questions diverses

La seule demande d'intervention vient de Mr FREDERIKSEN (UNESCO) qui fait la déclaration suivante :

« C'est un grand honneur pour moi de participer à votre Conférence Générale des Poids et Mesures comme représentant de l'UNESCO.

« Votre Conférence prend des décisions d'une grande importance concernant les unités internationales de mesure. A la fin de cette Conférence, le monde aura connaissance de la nouvelle définition officielle du mètre, qui lie cette unité fondamentale à la vitesse de la lumière dans le vide. Cette décision, qui suit la logique de la rigueur scientifique, pourrait avoir une grande influence sur la pensée future.

« L'UNESCO a, depuis sa création, porté une attention particulière à l'application des techniques et des méthodes de mesure, car celles-ci sont indispensables dans toutes les activités scientifiques et technologiques. L'action de notre organisation concerne en effet tout particulièrement les pays en voie de développement, auxquels nous apportons une assistance technique pour renforcer leur infrastructure institutionnelle, nécessaire pour une application effective de la science et de la technologie à leur développement. Parfois, cette infrastructure, c'est-à-dire les divers laboratoires d'analyse et d'essai, les services de métrologie légale, de normalisation, d'étalonnage, etc., est encore inexistante.

« La Conférence Générale de l'UNESCO a décidé lors de sa 21^e session à Paris, en 1980, d'encourager le développement de la métrologie et de l'instrumentation dans ces pays par la mise en place de programmes de formation, de recherche coopérative

et d'échange de personnel. A cette fin, une série de dix cours de formation au niveau régional a été organisée dans les années 1981 à 1983, en coopération avec les organisations internationales compétentes, comme l'Organisation Internationale de Métrologie Légale. Le concours du Commonwealth Science Council dans l'organisation de ces cours en Afrique, en Asie et dans la région des Caraïbes, s'est révélé d'une grande importance.

« Le deuxième plan à moyen terme (1984-1989) adopté par la Conférence Générale de l'UNESCO à sa quatrième session extraordinaire à Paris, en 1982, nous permet de continuer cette action.

« Un programme destiné au renforcement du potentiel national de recherche et d'adaptation technologique ainsi qu'à l'amélioration des infrastructures et des services techniques correspondants a été mis au point. Il mettra aussi l'accent sur l'amélioration des rapports entre les institutions de recherche technologique et les secteurs productifs de l'économie, ainsi que sur la création ou le renforcement des services techniques, en particulier dans les domaines de la métrologie, de l'instrumentation, du contrôle de la qualité des produits, etc.

« Nous prévoyons que la Conférence Générale de l'UNESCO, lors de sa 22^e session à Paris, en novembre 1983, adoptera ce programme pour les années 1984-1985. Parmi les activités proposées dans ce programme, on peut citer des bourses de voyage, attribuées à des ingénieurs formés dans les pays en voie de développement, afin de leur permettre de participer à des cours de métrologie organisés par la Confédération internationale de la mesure (IMEKO) et par d'autres organisations internationales non gouvernementales. En coopération avec les institutions nationales et les organisations internationales non gouvernementales spécialisées, cinq ateliers de travail portant sur la métrologie, le contrôle de la qualité ou les services consultatifs en ingénierie seront organisés, sous contrat, en Afrique, en Amérique latine, en Asie et dans les États arabes. Des services de consultants seront fournis à quelques États membres pour le renforcement de leurs services techniques.

« La coopération du Bureau International des Poids et Mesures dans l'exécution de ce programme nous paraît indispensable. Nous avons accueilli avec beaucoup d'attention les conseils donnés par Mr. T. J. Quinn, Directeur adjoint du BIPM, lors d'une récente consultation sur le développement des programmes coopératifs en matière de formation en métrologie, en normalisation et en contrôle de qualité, à une réunion organisée au siège de l'UNESCO les 8 et 9 septembre 1983.

« C'est donc avec grand plaisir que je peux exprimer les vœux sincères de notre organisation pour une coopération étroite entre le Comité International des Poids et Mesures et l'UNESCO. »

Mr GIACOMO (BIPM) remercie l'UNESCO pour l'intérêt que cette organisation porte au travail du BIPM et se déclare conscient du fait qu'il est souvent difficile au BIPM de contribuer à l'aide aux pays en voie de développement. En effet, ses moyens en personnel sont très limités et le BIPM doit faire des choix très précis entre les diverses actions auxquelles il peut participer. Cependant, dans la mesure de ses moyens, le BIPM souhaite pouvoir apporter une contribution, si modeste soit-elle, aux actions menées par l'UNESCO dans ce sens.

La séance est interrompue pour 45 minutes environ.

17. Dotation annuelle du Bureau International (fin : vote)

Après une interruption de séance de 45 minutes, le PRÉSIDENT informe la Conférence qu'il va procéder au vote définitif de la résolution concernant la dotation annuelle du BIPM pour les quatre années 1985-1988. Il laisse une dernière fois une possibilité d'intervention à toute délégation qui le souhaiterait. Personne ne demandant à prendre la parole, il est procédé au vote par appel nominal. Trente-huit États participent à ce vote (Turquie non représentée), dont le résultat est le suivant :

pour : 32 ; abstentions : 6 (Argentine, Espagne, Roumanie, Royaume-Uni, Uruguay, Venezuela).

La dotation du BIPM pour la période de 1985 à 1988 est donc adoptée sans avis contraire (Résolution 4, p. 99).

Mr COSTEA (Roumanie) demande à faire la déclaration suivante :

« Tout en ayant conscience du haut niveau de l'activité scientifique à laquelle se consacre le BIPM dans ses laboratoires, nous ne pouvons pourtant nous empêcher de noter que sa dotation augmente chaque année de telle sorte qu'elle double tous les cinq ans. La dotation pour 1984 est environ quatre fois plus élevée que celle de l'année 1973 et si l'on tient compte de l'augmentation annuelle de 9 %, en 1988 elle sera environ cinq fois plus élevée que pour la même année de référence. Nous estimons que les augmentations des années précédentes ont permis un important développement et une modernisation de l'infrastructure technique du BIPM qui, compte tenu du haut niveau de compétence et d'expérience du personnel, devraient permettre et assurer dans l'avenir le fonctionnement du BIPM dans les meilleures conditions. Ces remarques étant faites et tenant compte de la nécessité d'instaurer un régime rigoureux d'économies, la délégation roumaine *n'acceptera pas une augmentation de sa contribution* et demande que celle-ci soit maintenue à une valeur constante pendant toute la période de 1985 à 1988, celle qu'elle aura pour 1984, c'est-à-dire sans tenir compte de l'accroissement de 9 %. C'est le sens de l'abstention de la délégation de la Roumanie ».

Au moment où s'achèvent les travaux de la 17^e Conférence Générale, Mr BLANC-LAPIERRE remercie les délégués pour leur participation efficace aux travaux de l'assemblée et pour la bonne tenue de celle-ci. Il exprime sa reconnaissance à tous ceux qui ont œuvré pour que la dotation puisse être adoptée et en particulier à Mr Kind qui a assumé la lourde tâche de présider le « Groupe de travail pour la dotation du BIPM », sans oublier le rôle important qu'il a joué en tant que président du CCDM. Il a une mention spéciale pour Mr de Boer, qui est, dit-il, à la fois « la loi et les prophètes ». Enfin, il s'estime heureux d'avoir pu servir la Conférence en la présidant et forme les vœux les plus sincères pour le développement harmonieux des travaux des laboratoires et de la métrologie dans son ensemble.

Mr DUNWORTH, Président du CIPM, remercie Mr Blanc-Lapierre dont il a pu apprécier le caractère humain, l'infatigable patience et la grande compétence. Tous ceux qui ont l'expérience de la présidence d'une conférence importante

comme celle-ci en connaissent les difficultés. Il pense que la personnalité de Mr Blanc-Lapierre a beaucoup contribué au déroulement satisfaisant des travaux et à leur conclusion heureuse (*applaudissements*).

Il étend ses remerciements à Mr Kind dont la diplomatie a facilité les travaux du Groupe de travail pour la dotation, sans oublier Mr de Boer en tant que secrétaire de la Conférence, les membres du Comité, Mr Giacomo, Mr Quinn et le personnel du BIPM pour la préparation de la Conférence. Il souhaite un bon voyage de retour aux délégués.

Le PRÉSIDENT considère que cette Conférence Générale a été une manifestation de l'unité du monde de la métrologie et il souligne que l'unité implique aussi une bonne compréhension mutuelle, ce qui le conduit à remercier tous les interprètes. Il déclare close la 17^e Conférence Générale des Poids et Mesures et lève la séance à 12 h 45 min.

RÉSOLUTIONS

ADOPTÉES PAR LA 17^e CONFÉRENCE GÉNÉRALE *

Définition du mètre

RÉSOLUTION 1

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant

que la définition actuelle ne permet pas une réalisation du mètre suffisamment précise pour tous les besoins,

que les progrès réalisés dans l'asservissement des lasers permettent d'obtenir des radiations plus reproductibles et plus faciles à utiliser que la radiation étalon émise par une lampe à krypton 86,

que les progrès réalisés dans la mesure des fréquences et des longueurs d'onde de ces radiations ont abouti à des déterminations concordantes de la vitesse de la lumière dont l'exactitude est limitée principalement par la réalisation du mètre dans sa définition actuelle,

que les valeurs des longueurs d'onde déterminées à partir de mesures de fréquence et d'une valeur donnée de la vitesse de la lumière ont une précision supérieure à celle qui peut être obtenue par comparaison avec la longueur d'onde de la radiation étalon du krypton 86,

qu'il y a avantage, notamment pour l'astronomie et la géodésie, à maintenir inchangée la valeur de la vitesse de la lumière recommandée en 1975 par la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures, dans sa Résolution 2 ($c = 299\,792\,458$ m/s),

qu'une nouvelle définition du mètre a été envisagée sous diverses formes qui ont toutes pour effet de donner à la vitesse de la lumière une valeur exacte, égale à la valeur recommandée, et que cela n'introduit aucune discontinuité appréciable de l'unité de longueur, compte tenu de l'incertitude relative de $\pm 4 \times 10^{-9}$ des meilleures réalisations du mètre dans sa définition actuelle,

que ces diverses formes, faisant appel soit au trajet parcouru par la lumière dans un intervalle de temps spécifié, soit à la longueur d'onde d'une radiation de fréquence mesurée ou de fréquence spécifiée, ont fait l'objet de consultations et de discussions approfondies, qu'elles ont été reconnues équivalentes et qu'un consensus s'est dégagé en faveur de la première forme,

* Une traduction non officielle en langue anglaise des Résolutions est publiée dans *Metrologia*, **20**, 1984, pp. 25-30.

que le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre est dès maintenant en mesure de donner des instructions pour la mise en pratique d'une telle définition, instructions qui pourront inclure l'emploi de la radiation orangée du krypton 86 utilisée jusqu'ici comme étalon et qui pourront être complétées ou révisées par la suite,

décide

1° Le mètre est la longueur du trajet parcouru dans le vide par la lumière pendant une durée de $1/299\,792\,458$ de seconde.

2° La définition du mètre en vigueur depuis 1960, fondée sur la transition entre les niveaux $2p_{10}$ et $5d_5$ de l'atome de krypton 86, est abrogée.

Sur la mise en pratique de la définition du mètre

RÉSOLUTION 2

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

invite le Comité International des Poids et Mesures

à établir des instructions pour la mise en pratique de la nouvelle définition du mètre ⁽¹⁾,

à choisir des radiations qui puissent être recommandées comme étalons de longueur d'onde pour la mesure interférentielle des longueurs et à établir des instructions pour leur emploi,

à poursuivre les études entreprises pour améliorer ces étalons.

⁽¹⁾ En application de cette Résolution le CIPM a adopté, à sa session d'octobre 1983, la Recommandation suivante :

Le Comité International des Poids et Mesures,

recommande

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

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

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

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

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

Cette Recommandation est accompagnée d'une Liste des radiations recommandées, 1983, (voir *Procès-verbaux du CIPM*, 51, 1983, pp. 25-28).

Sur la masse volumique de l'air**RÉSOLUTION 3**

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

rappelant la Résolution 1 de la Seizième Conférence Générale des Poids et Mesures (1979) relative aux mesures de masse

et considérant

que la correction due à la poussée de l'air fait appel à la masse volumique de l'air ambiant,

que l'on peut améliorer l'uniformité et l'exactitude des mesures de masse en incitant les laboratoires, lorsqu'ils ont à calculer la masse volumique de l'air à partir des conditions ambiantes, à utiliser pour ce calcul une formule unique, connue de tous et reconnue comme suffisamment exacte,

invite le Comité International des Poids et Mesures

à établir et à recommander une telle formule,

à poursuivre et coordonner les études entreprises ou à entreprendre pour améliorer la détermination expérimentale de la masse volumique de l'air et de la correction due à la poussée de l'air,

à mettre à jour la formule recommandée lorsque de meilleures déterminations expérimentales le permettront.

Dotation du BIPM**RÉSOLUTION 4**

La Dix-septième Conférence Générale des Poids et Mesures,

considérant

l'importance des travaux effectués par le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) et des services qu'il rend à tous les pays,

la nécessité d'assurer au BIPM des ressources minimales qui ne mettent pas en danger la poursuite de ces activités et

la difficulté de prévoir, dans les circonstances économiques actuelles, les moyens financiers minimaux nécessaires pour permettre au BIPM de remplir sa mission de centre mondial de la métrologie scientifique,

décide

que la partie fixe de la dotation annuelle du BIPM sera augmentée de telle façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire (définie à l'Article 6 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre de 1875) soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la 17^e Conférence Générale des Poids et Mesures,

pour 1985	13 144 000 francs-or
pour 1986	14 327 000 francs-or
pour 1987	15 616 000 francs-or
pour 1988	17 022 000 francs-or.

ANNEXE

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

Le Comité International des Poids et Mesures a demandé à trois de ses membres de préparer un rapport sur les progrès du Système métrique et la diffusion du Système International d'Unités dans trois régions du monde, Australie, Canada et Chine. Ces rapports ont été distribués à la Conférence. Trois délégations, celles des États-Unis d'Amérique, de l'Irlande et du Portugal, ont remis au secrétariat de la Conférence une note sur la situation dans leur pays à ce sujet. Ces rapports et ces notes sont reproduits ci-après.

Australie

Sur une période de onze ans, entre 1970 et 1981, l'agriculture, l'industrie, le commerce, l'enseignement, les sciences et techniques, les transports, les sports, les loisirs et les services de santé en Australie sont passés du système impérial (traditionnel) d'unités au SI, Système International d'Unités.

La conversion est aujourd'hui virtuellement achevée. Il reste cependant de nombreux ensembles de machines qu'il faudra bien continuer à faire fonctionner et à entretenir pour le reste de leur vie en utilisant le système impérial. Cela s'applique aussi aux équipements qui n'existent pas en mesures métriques, qui ont été achetés récemment ou qu'il faudra encore acheter dans des pays qui n'utilisent pas le système métrique, et qu'il ne serait guère réaliste de vouloir transformer.

Le passage aux unités métriques a été autorisé par le Metric Conversion Act 1970, dont l'objectif précis était « d'introduire progressivement en Australie l'emploi du système métrique de mesures comme *seul* système de mesure des grandeurs physiques ». Cet Act ne comporte aucune clause pénale et aucune législation nouvelle n'a été promulguée pour imposer le passage au système métrique. Ce passage a toutefois été rendu obligatoire car des amendements ont été apportés à la législation existante des États et de la Nation, dans laquelle les dimensions, les caractéristiques et les tolérances mesurables étaient antérieurement exprimées en unités impériales.

Bien que la conversion au système métrique n'ait pas été laissée au choix des utilisateurs, on a considéré qu'elle était volontaire dans la mesure où chaque industrie conservait pour elle-même la responsabilité de la planifier et de la mettre en œuvre à sa façon et avec son propre calendrier, avec les conseils du Metric Conversion Board.

Bien que dans ses aspects matériels la conversion soit aussi complète que possible, compte tenu, comme il a été dit plus haut, de la nécessité de conserver encore

quelques installations qui fonctionnent en utilisant les unités impériales, l'aspect culturel de cette conversion est très en retard par rapport au changement matériel. Les habitudes individuelles de mesure et les expressions utilisées par de nombreux citoyens continuent d'être principalement celles du système impérial.

L'enseignement n'utilise que le SI et le système impérial d'unités n'est plus enseigné. Il faut cependant développer encore les méthodes d'enseignement pour profiter pleinement du passage au SI.

Région du Sud-Ouest Pacifique

Il convient de noter que dans la région du Sud-Ouest Pacifique, de nombreux pays qui n'ont pas adhéré à la Convention du Mètre sont néanmoins passés récemment à l'emploi du Système International d'Unités.

Parmi ces pays, il faut citer la Nouvelle-Zélande, la Papouasie-Nouvelle Guinée, les Iles Salomon et Tonga. Comme en Australie, dans ces pays l'industrie, le commerce, l'administration publique, la législation, la normalisation et l'enseignement font essentiellement usage des unités métriques. Dans chacun, le passage au système métrique s'est opéré sans que les manquements tombent sous le coup du Metric Conversion Act. On a préféré rendre obligatoire le passage au SI en modifiant la législation qui existait et qui spécifiait les unités de mesure à utiliser.

Canada

Le Canada effectue depuis douze ans une conversion du système impérial d'unités aux unités SI (Système international). L'opération est terminée ou presque dans de nombreuses catégories de mesures et le Canada sera à toutes fins pratiques intégralement métrique au début de 1985 (il subsiste quelques exceptions, compte tenu surtout des liens commerciaux étroits entre le Canada et les États-Unis).

Le système métrique est légal au Canada depuis 1871, date de la première loi sur les poids et mesures. Toutefois, pratiquement toutes les mesures non scientifiques ont été effectuées en unités impériales jusqu'aux années 1970. En 1970, l'administration fédérale a répondu aux revendications de plusieurs associations de consommateurs, d'enseignants et autres par un exposé de principe sur la conversion au système métrique. Les préparatifs de conversion ont été entamés l'année suivante grâce à une nouvelle loi sur les poids et mesures intégrant les unités SI (tout en conservant les unités impériales), une loi sur l'emballage et l'étiquetage des produits de consommation qui exige des étiquettes métriques pour la plupart des produits de consommation, et l'établissement d'une commission préparatoire qui est devenue la Commission du système métrique.

Durant les quelques années qui ont suivi, cette Commission a organisé cent quatre comités sectoriels, chacun étant chargé de préparer, pour un domaine particulier d'activité, un plan de conversion au système métrique qui soit acceptable par la Commission pour ce qui concerne la mise en œuvre et la surveillance ultérieure. Cinquante-six secteurs ont adopté un guide de familiarisation au système métrique. Chaque guide, couvrant un secteur important de l'économie canadienne, fournit des renseignements sur l'application exacte et uniforme des unités SI, indique les règles de conversion et la façon d'arrondir les chiffres et donne dans certains cas les formats d'emballage recommandés et des directives pour la conversion des normes industrielles.

En septembre 1983, quarante comités sectoriels avaient terminé leurs travaux et ont été dissous. On s'attend à ce que quatre-vingts comités au total soient dissous d'ici au mois d'avril 1985, date à laquelle la Commission elle-même devrait disparaître et être remplacée par un Bureau métrique beaucoup moins important, relevant du Ministère fédéral de la Consommation et des Corporations.

Un décret modifiant la législation en matière de conversion au système métrique, adopté en 1977, apportait les changements nécessaires aux multiples lois et règlements dans lesquels interviennent des mesures. Depuis cette date, des décrets d'application de la loi sur les poids et mesures adoptés par le Conseil ont permis d'exiger que la publicité et la vente dans certains secteurs se fassent exclusivement en unités métriques.

Les unités SI sont de plus en plus utilisées dans les établissements d'enseignement dans l'ensemble du Canada. L'enseignement du système métrique dans les écoles élémentaires relève des provinces et des administrations scolaires locales. On enseigne actuellement les unités SI à environ quatre-vingts pour cent des étudiants canadiens des niveaux élémentaire et secondaire. Les établissements d'enseignement post-secondaire non universitaires se servent principalement des unités SI en chimie, en informatique, en électrotechnique et en électronique, ainsi que dans les techniques paramédicales. Par contre, une enquête de 1982 a révélé que l'utilisation exclusive des unités métriques dans les examens d'apprentissage n'est toujours pas entrée en vigueur à l'échelle du Canada. Au niveau supérieur, les écoles d'ingénieurs et de préparation à l'enseignement se sont largement converties au système métrique; les progrès sont moindres dans les secteurs touchant la géographie et les sciences économiques, alors que le secteur médical est actuellement en cours de mutation.

La période de conversion aux unités SI est plus longue que prévu de trois à cinq ans environ, selon le secteur. Les premières étapes prévues ont été franchies normalement : les hôpitaux, qui représentent un cas spécial, étaient largement convertis dès 1973; le grand public a dû se familiariser avec les unités SI lorsque les prévisions météorologiques exprimées uniquement en unités SI ont vu le jour en 1975-1976; il en a été de même pour la signalisation routière SI en 1977. A cause des difficultés de planification, de formation et d'obtention d'un accord suffisant quant aux dates et aux méthodes, la conversion a été ralentie dans certains secteurs. Au début de 1979, les unités métriques ont été introduites dans la vente au détail des produits alimentaires dans trois régions du pays, à titre expérimental, mais les réactions d'une partie du public ont été telles que, à l'occasion d'un changement de gouvernement, on a jugé opportun à la fin de 1979 d'abandonner l'expérience et de reporter *sine die* l'utilisation généralisée des unités métriques dans le secteur alimentaire. Cette décision a eu des répercussions négatives sur la poursuite ultérieure du plan général de conversion et, à cette même époque, il semble y avoir eu un regain d'opposition, profond mais peut-être peu répandu, à l'égard de la conversion au système métrique. Après un nouveau changement de gouvernement en 1980, la conversion a été relancée dans le secteur alimentaire de détail, mais le déroulement prévu avait été gravement perturbé (dans les régions expérimentales, certains détaillants étaient passés des unités impériales aux unités SI, puis de nouveau aux unités impériales et devaient maintenant revenir aux unités métriques), de sorte que la phase de conversion a été reportée de la période 1980-1981 à la période 1982-1983.

Quelques secteurs de l'économie, comme l'industrie de la construction, se convertissent moins vite que prévu, ou même s'opposent à toute conversion, comme c'est le cas dans le secteur de l'élevage. Certains domaines sont liés si étroitement au secteur industriel américain (aéronautique, forage pétrolier, machines de bureau, fluide,

par exemple) que la conversion y sera difficile ou nettement retardée. Environ dix-neuf des cent quatre comités sectoriels se trouvent dans cette situation.

Malgré les difficultés décrites ci-dessus, les consommateurs moyens canadiens se trouveront dans une ambiance presque entièrement métrique d'ici à la fin de 1983 et, comme il a été mentionné au début, travailleront dans un milieu essentiellement métrique d'ici à 1985.

Chine (République Populaire de)

1. Vue générale de la question

Le 22 mars 1959, le Conseil d'État de la République Populaire de Chine a promulgué le « Décret sur l'unification du système de mesures ». Ce décret a joué un rôle important dans le changement du système chinois originel, l'élimination de divers anciens systèmes, ainsi que la diminution de l'emploi du système britannique. Il a par conséquent élargi la voie permettant l'expansion du système métrique et créé les fondements solides qui ont conduit à l'adoption des unités SI en Chine.

Peu après l'adoption des unités SI par la 11^e Conférence Générale des Poids et Mesures en 1960, la Chine a porté une attention particulière à cette démarche et des projets de recommandations, relatives à la terminologie et aux symboles des unités de mesure en chinois sur la base du SI, ont été suggérés en 1963 et en 1964 en liaison avec la situation particulière en Chine.

En mai 1977, le Gouvernement chinois a décidé d'adhérer à la Convention du Mètre. A peu près à la même époque, le Conseil d'État a édicté une réglementation provisoire sur les mesures en République Populaire de Chine. L'article 3 de cette réglementation stipulait que le système de mesures à utiliser en Chine est le système métrique et que le Système International d'Unités (SI) serait adopté progressivement. Nous avons aussi commencé à préparer le changement des unités de mesure employées dans les ordonnances prescrites par les médecins chinois traditionnels pour passer des unités anciennes — liang, qian, fen (respectivement égales à 50 g, 5 g, et 0,5 g) — aux grammes et milligrammes. A dater du 1^{er} janvier 1979, les unités du SI sont utilisées pour les ordonnances. Deux symposiums nationaux se sont tenus en 1977. L'année suivante, « le Système International d'Unités et ses applications » a été traduit et adapté pour le grand public. En mars 1978, le Ministère de l'Éducation a prescrit dans une circulaire que le SI devait être adopté sans exception dans tous les nouveaux manuels rédigés pour les établissements d'enseignement supérieur, secondaire et technique. En novembre 1978, le Conseil d'État, a approuvé la création d'un Comité de promotion du SI en Chine chargé d'organiser et de coordonner au niveau national l'emploi des unités SI et le travail de propagande que cela entraînerait. Son siège se trouve au Bureau d'État de la Métrologie. En 1980, ce Comité a commencé, à titre d'essai, la mise en œuvre dans plusieurs entreprises du changement des unités de force, de pression, de densité de flux magnétique pour passer du kilogramme-force au newton, du kilogramme-force par centimètre carré au pascal et du gauss au tesla. A la fin de cette même année, une conférence nationale s'est tenue pour examiner et dresser un programme provisoire concernant la terminologie et les symboles des unités de mesure en République Populaire de Chine. Ce programme a été approuvé par le Conseil d'État le 14 juillet 1981 et diffusé ensuite par le Comité de promotion du SI en Chine. En 1981, en conformité avec l'ISO 1000 et l'ISO 31/0-13, le Comité technique national sur la normalisation des grandeurs et des unités a rédigé 15 projets de normes nationales (GB) concernant les grandeurs et les unités ; ces projets ont été

approuvés et publiés par le Bureau National de Normalisation en juillet 1982. En avril 1982, un symposium régional sur les unités SI s'est réuni à Guangzhou, en présence d'invités du Hong Kong Metrication Committee et de la Macau Municipal Administration. Dans une atmosphère de coopération, ce symposium est parvenu à un accord sur la terminologie des unités de mesure en chinois et à une coordination mutuelle dans l'adoption des unités SI. L'an dernier, en vue d'activer l'extension du SI et de renforcer le travail de propagande, l'Agence de presse Xinhua et l'Administration des publications officielles ont publié des déclarations invitant à une utilisation plus active du SI dans les journaux et les diverses publications. Au cours des six dernières années, plus de cinq millions de personnes ont suivi toutes sortes de cours ou de conférences d'initiation au SI.

2. Les différentes méthodes pour étendre l'utilisation du SI en Chine.

a. *Former au SI un groupe important de spécialistes en réunissant des symposiums, des sessions techniques, des conférences pour établir des programmes.* — De cette façon, nous sommes en mesure de former les gens à une bonne connaissance des unités SI et à leur utilisation correcte. Cette façon d'opérer aide aussi à éliminer les obstacles à l'extension du SI.

b. *Pousser l'enseignement à aller de l'avant et ainsi à stimuler d'autres secteurs.* — La Chine a commencé à adopter le SI par une série de réformes apportées au matériel d'enseignement. Il y a plusieurs années nous avons utilisé un matériel d'enseignement avancé provenant de plusieurs pays industrialisés ; de ce fait, le SI est devenu d'un emploi assez courant dans nos établissements d'enseignement supérieur ainsi que dans nos lycées et collèges. Ceci a considérablement stimulé les secteurs tels que la presse, l'édition, la métrologie, la normalisation, les services d'information technique, etc.

c. *Porter l'effort à titre d'essai sur des points choisis pour acquérir d'abord de l'expérience.* — Dans la situation où la Chine se trouve actuellement à l'égard de l'adoption du système métrique, le principal obstacle à l'extension du SI est celui que posent les unités de force et de pression qui sont déjà d'utilisation courante en Chine. Par mesure de précaution, nous avons décidé de commencer d'abord, à titre d'essai, la mise en œuvre du SI dans quatre provinces ou municipalités. Pendant cette période expérimentale, nous avons établi une liaison étroite entre les instituts de recherche, les services de métrologie et de contrôle et les usines; nous avons aussi demandé aux instituts de recherche, qui travaillent sur les machines de contrôle de matériel, de faire des propositions pratiques pour changer les unités de force sur les machines de contrôle de force et les machines de contrôle de matériaux. Une grosse usine de machines de contrôle de matériaux a ensuite été chargée de la fabrication et de l'installation. Les services locaux de métrologie et de contrôle ont été responsables des mises au point et des étalonnages. C'est l'Ansham Iron and Steel Company, la plus grosse aciérie de Chine, qui a été responsable de cette expérience. C'est seulement lorsqu'une bonne expérience a été acquise à la suite de ces essais, que l'on a commencé à étendre l'emploi de ces unités SI de force au pays tout entier.

3. Perspectives

Au cours des cinq prochaines années (de 1983 à 1987), le passage au SI devrait être à peu près achevé dans les secteurs importants de notre économie nationale, en particulier dans les secteurs gouvernementaux chargés de l'industrie, des transports,

des affaires culturelles et éducatives, de l'édition, des sciences et des techniques. Cela signifie qu'à la fin de cette période seul le SI et les unités dérivées seront autorisés dans la pratique. On pense que le passage au SI sera virtuellement achevé dans l'ensemble du pays en 1990.

États-Unis d'Amérique

La politique américaine relative à la conversion au système métrique est fixée dans l'Acte sur la Conversion au Système Métrique de 1975 : cette politique consiste à reconnaître l'usage de plus en plus répandu du Système métrique aux États-Unis et à coordonner les efforts effectués volontairement pour la conversion à ce système.

Cet Acte a établi une petite Commission Métrique indépendante composée de 17 citoyens-membres et chargée de mener à bien cette politique. La présente administration a décidé de confier cette responsabilité à un grand département gouvernemental afin de rendre plus efficace l'organisation du passage au système métrique. En conséquence, la Commission Métrique a été dissoute le 30 septembre 1982, et les responsabilités qui lui incombait en ce qui concerne la transition au Système métrique ont été transférées au Ministère du Commerce. Un Bureau des Programmes Métriques a été créé, sous l'égide de la Direction des Affaires Économiques de ce Ministère. Ses fonctions sont de :

- a) Coordonner les activités de conversion du secteur fédéral, des États et du secteur privé.
- b) Répondre aux questions de l'industrie et du public concernant les activités métriques.
- c) Identifier et supprimer les barrières spécifiques qui font obstacle à la conversion volontaire aux États-Unis.

On utilise de plus en plus le Système métrique au sein du Gouvernement Fédéral. Toutes les agences scientifiques utilisent les mesures métriques de manière courante. Le Ministère de la Défense est l'un des premiers à mettre l'accent sur le Système métrique lors de ses transactions avec ses co-contractants. Le Département du Commerce Extérieur du Ministère de l'Agriculture est converti au Système métrique. Les signalisations dans les parcs nationaux portent couramment des inscriptions à la fois en unités traditionnelles et en unités métriques. Récemment, le Gouvernement Fédéral a adopté une nouvelle politique visant à ce que tous les documents de normalisation qui sont utilisés pour les approvisionnements de l'administration et qui font appel à des mesures s'établissent en unités métriques. La première impression avait été que la dissolution de la Commission Métrique reflétait une diminution de l'intérêt porté par le Gouvernement à la conversion au Système métrique ; il est maintenant reconnu que le commerce international est la force motrice qui rendra le Système métrique prédominant aux États-Unis dans l'avenir.

Dans le secteur privé, ce sont les activités économiques les plus liées au commerce international qui ont été les pionnières de la conversion au système métrique. Les secteurs de l'automobile, des pneumatiques, de l'industrie pharmaceutique, de l'électronique, des ordinateurs, du matériel photographique, de la mécanique lourde et de l'équipement agricole sont tous presque totalement métriques. Dans le secteur des produits de consommation, la conversion au Système métrique semble beaucoup plus lente, bien qu'il y ait quelques exceptions telles que le vin ou les alcools et les boissons non alcoolisées. Dans l'éducation, le Système métrique est le premier système

de mesures généralement enseigné dans les petites classes, ce qui laisse à penser que lorsque les écoliers d'aujourd'hui entreront dans le monde du travail, le rythme de conversion des États-Unis au Système métrique s'accélérera. Une association privée à but non lucratif, l'« American National Metric Council » (ANMC) a été créée en 1974 pour coordonner la transition au Système métrique dans le secteur privé. En accord avec l'ANMC, les organisations de normalisation et d'autres associations industrielles concernées, le Gouvernement Fédéral travaille à établir un environnement qui facilitera la conversion des États-Unis au Système métrique.

Les questions qui se posent fréquemment dans ce domaine concernent le coût de cette opération et l'obligation éventuelle faite par le Gouvernement de se convertir au Système métrique. Une analyse rétrospective montre que, lorsque la conversion est associée à la modernisation ou à l'introduction de nouveaux modèles et de nouvelles techniques, le coût est négligeable. Ainsi, il est très peu probable que le Gouvernement décide d'imposer une date limite pour la conversion au Système métrique. La responsabilité incombera plutôt au secteur privé de répondre aux besoins à venir en se tournant progressivement vers l'utilisation du Système International avec le meilleur rapport coût/efficacité.

Irlande

Depuis le dernier rapport de l'Irlande à la Conférence Générale en 1979, des progrès satisfaisants continuent d'être faits en ce qui concerne le passage au Système métrique.

La mise en application en Irlande de la directive de la CEE 80/181 sur les unités de mesure s'est traduite par les « European Communities (Units of Measurement) Regulations 1983 » qui ont donné un regain d'énergie au programme métrique. Ces Règlements réaffirment l'utilisation du système SI en Irlande et visent à la disparition immédiate de certaines unités impériales et non-métriques ainsi qu'à l'abandon d'autres unités à la fin de 1985. Depuis l'élaboration de ces Règlements, de nombreux secteurs du commerce et de l'industrie ont exprimé un regain d'intérêt pour compléter le passage au Système métrique. Il est également prévu d'encourager autant que faire se peut cet intérêt par le biais de campagnes de publicité.

Des progrès considérables ont été réalisés dans le domaine des produits conditionnés. Le « Packaged Goods (Quantity) Control Act 1980 » stipule que, pour tous les produits pré-emballés dont le poids est indiqué, ce poids soit exprimé en unités métriques, toutefois une indication supplémentaire en unités impériales est encore permise. Les règlements qui exigent que tous les produits alimentaires pré-emballés portent une indication de quantité en unités métriques entreront en vigueur le 1^{er} décembre 1983.

La mise en application en Irlande des dispositions de la CEE relatives à certains produits pré-emballés a aussi donné de l'élan au passage au Système métrique, compte tenu de ce que les produits concernés ne peuvent être vendus qu'en conformité avec certaines mesures métriques prescrites.

Portugal

Le Portugal a adopté le système métrique par décret royal du 13 décembre 1852 et signé la Convention du Mètre à Paris le 20 mai 1875. Ces décisions fondamentales

ont été introduites dans la législation nationale, suivies de l'adoption correspondante des étalons prototypes du mètre et du kilogramme.

L'adoption du Système International, cependant, s'est effectuée graduellement jusqu'à ce jour. Après restructuration des services compétents chargés de la métrologie et du contrôle de la qualité, le Gouvernement portugais a voté une loi qui adopte le Système International sur le plan national, et qui tient compte de la nouvelle définition du mètre.

Elle consacre l'adoption intégrale du SI dans son état actuel, dans tous les domaines d'activité (industrielle, éducative, administrative) en ménageant une période transitoire de dix ans à partir du 1^{er} janvier 1984 pour effectuer toutes les adaptations et modifications nécessaires.

INDEX

- Allocutions
 ministre de l'Industrie et de la Recherche, 23
 président du CIPM, 25
 président de la Conférence, 25
- Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)
 bâtiments, situation actuelle, projets, 30
 dotation annuelle du (*voir à*)
 publications, 42
 travaux 1979-83, 34; programme futur, 18, 81
 visite du, 59
- CIE, collaboration avec, 63
- Comités Consultatifs, rapports des présidents
 Électricité, 33, 55
 Masse, création du CCM, 30, 31; rapport, 49
 Mètre, 32, 45
 Photométrie et Radiométrie, 33, 61
 Rayonnements Ionisants, 33, 64
 Seconde, 33, 52
 Thermométrie, 33, 57
 Unités, 34, 71
- Comité International des Poids et Mesures
 déclaration du président sur sa candidature, 92
 décès et démissions depuis 1979, 31
 nombre de sièges inchangé, 88
 rapport du président, 29
 relations entre les Gouvernements et le CIPM (*voir* Groupe de travail *ad hoc* 16^e CGPM)
 renouvellement partiel, proposition du CIPM, 80; vote, 92
- Conférence Générale, convocation, constitution, 11
- Convention du Mètre (*voir* Groupe de travail *ad hoc* 16^e CGPM)
- Déclaration
 délégation de la Roumanie, 95
 Unesco, 93
- Délégués
 chargés du vote par État, 28
 liste des, 3
- Dépôt des prototypes métriques, visite, 60
- Dotation annuelle du BIPM, 19, 74, 87, 91, 95; résolution, 99
- Échelle Internationale Pratique de Température (EIP), 57
- Étalons
 électriques, 38, 55
 longueur
 à bouts, 34
 à traits, 34
 base géodésique, 35
 lasers, 35, 82
 masse
 comparaison, 50
 conservation, 50
 en acier inoxydable, 50
 en Pt-Ir, ajustage, 36
 neutroniques, 70
 photométriques et radiométriques, 39, 83
 pression, 39
- Force, 51
- Gravimétrie, 39, 83
- Groupes de travail
 ad hoc 16^e CGPM, 31; rapport, 18, 88
 ad hoc CCDM/CCU, 46
 dotation du BIPM, composition, 44; rapport, 74, 87
 du CCM, liste, 51
 grandeurs électriques aux radiofréquences, 56
- Liste des délégués, 3; chargés du vote par État, 28
- Longueurs, 34, 82
- Masse volumique
 air, 15, 37, 51; formule pour son calcul, 50; résolution, 99; vote, 81
 eau, 51
- Mètre, nouvelle définition, 13, 45, 81, 97
- Neutrons, 34, 68, 85
- Nombres, écriture des grands, 73
- Ordre du jour (*voir* Programme provisoire)
- Photométrie, 39, 61, 83
- Pression, mesures de, 51
- Programme provisoire, 12
- Publications
 du BIPM, 42
 brochure SI en bilingue, 74; diffusion par l'UNESCO, 74

- Radiométrie (*voir aussi* Photométrie)
 progrès, 63
 travaux au BIPM, 63, 83
Radionucléides, 67, 84
Rayons X et γ , électrons, 65, 84
Résolutions adoptées
 dotation du BIPM, 99
 masse volumique de l'air, 99
 mètre (nouvelle définition), 97; mise en pratique, 98
Système international de référence, 41, 68, 84
Système International d'Unités, 34, 71; diffusion du, 92, 100
Système métrique, progrès du, 100
Temps
 Atomique International (TAI), 42, 53, 82
 Universel Coordonné (UTC), 54
Thermométrie
 au BIPM, 37, 84
Travaux du BIPM 1979-84, 34; programme futur, 18, 81
Unesco
 déclaration, 93
 diffusion brochure SI, 74
Unités
 candela, réalisation, 61
 électriques, 55
 gray, 73
 mètre (nouvelle définition), proposition, 45; discussion, 48 résolutions, 97, mise en pratique, 98
 sievert, 73
 Système International d', 71
-

TABLE DES MATIÈRES

Comptes Rendus des Séances
de la 17^e Conférence Générale des Poids et Mesures
réunie à Paris en 1983

(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.....	11
Ordre du jour de la Conférence.....	22
Première Séance, lundi 17 octobre 1983	
Discours d'ouverture de Mr L. Fabius, ministre de l'Industrie et de la Recherche de la République Française.....	23
Réponse de Mr J. V. Dunworth, Président du Comité International des Poids et Mesures.....	25
Allocution de Mr J. Bernard, Président de la Conférence (Mr J. Bernard confie ensuite la présidence de la Conférence à Mr A. Blanc-Lapierre).....	25
2.3.4. Désignation de Mr de Boer comme Secrétaire de la Conférence. Établissement de la liste des délégués chargés du vote par État.....	28
5. Approbation de l'ordre du jour.....	29
6. Rapport du Président du Comité International sur les travaux accomplis depuis la 16 ^e Conférence Générale (octobre 1979 à octobre 1983) (Comité International ; Comités Consultatifs ; travaux et publications du BIPM).....	29
Constitution d'un « Groupe de travail pour la dotation du BIPM ».....	44
Deuxième Séance, lundi 17 octobre 1983	
7. Définition du Mètre.....	45
Rapport du président du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (la nouvelle définition du mètre, lasers, mise en pratique de la définition du mètre).....	45
Discussion.....	47
8. Masse et grandeurs apparentées.....	49
Rapport du président du Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (création d'un nouveau Comité Consultatif, 1 ^{re} session du CCM ; comparaison des étalons de masse, étalons en acier inoxydable ; conservation des étalons ; balances ; mesure directe de la masse volumique de l'eau et de l'air ; forces ; pressions).....	49
Discussion.....	51

9. Seconde ; échelle de Temps Atomique International	52
Rapport du président du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (définition et réalisation de la seconde; Temps Atomique International; activités futures du CCDS).....	52
Discussion	54
10. Étalons électriques	55
Rapport du président du Comité Consultatif d'Électricité (réalisation et conservation des unités électriques; activités du BIPM dans le domaine de l'électricité; Groupe de travail pour les grandeurs aux radiofréquences; comparaisons internationales, publications).....	55
Discussion	56
11. Thermométrie. Échelle Internationale Pratique de Température (EIPT)	57
Rapport du président du Comité Consultatif de Thermométrie (EIPT ; réunions des Groupes de travail).....	57
 Visite du Bureau International des Poids et Mesures et du Dépôt des Prototypes métriques, mardi 18 octobre	
Visite des laboratoires du BIPM. Réception au Pavillon de Breteuil. Procès-verbal de la visite du Dépôt des Prototypes métriques	59
 Troisième Séance, mercredi 19 octobre 1983	
12. Photométrie, radiométrie	61
Rapport du président du Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (réalisation de la candela ; comparaisons internationales de mesures photométriques ; progrès de la radiométrie ; photométrie et radiométrie au BIPM ; collaboration avec la Commission Internationale de l'Éclairage).....	61
Discussion	64
13. Rayonnements ionisants.....	64
Rapport du président du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (travaux accomplis ; programme de travaux futurs dans les domaines des rayons X et γ , électrons ; mesure des radionucléides et mesures neutroniques).....	64
Discussion	71
14. Système International d'Unités (SI).....	71
Rapport du président du Comité Consultatif des Unités (nouvelle définition du mètre; SI ; usage du mot « poids » ; puissances de 10 et noms pour les grands nombres ; gray et sievert)	71
Discussion	73
17. Dotation annuelle du Bureau International. Première proposition du Groupe de travail (rapport du Groupe de travail pour la dotation ; discussion ; vote indicatif)	74
20. Renouvellement par moitié du Comité International. Proposition du CIPM (liste des membres sortants ; liste des candidats proposés par le CIPM).....	80
 Quatrième Séance, jeudi 20 octobre 1983	
Projets de résolutions A, B et C ; suite de la discussion et votes	81
A. Définition du mètre : le projet est adopté à l'unanimité (Résolution 1, p. 97). ...	81

B. Mise en pratique de la nouvelle définition du mètre : le projet est adopté à l'unanimité (Résolution 2, p. 98)	81
C. Masse volumique de l'air : le projet est adopté à l'unanimité (Résolution 3, p. 99)	81
15. Programme des travaux futurs	81
Présentation résumée du document « Programme de travail et budget du Bureau International des Poids et Mesures dans les quatre années 1985-1988 »	81
Discussion	85
17. Dotation annuelle du Bureau International (<i>suite</i> : deuxième proposition du Groupe de travail ; discussion)	87
16. Rapport du Groupe de travail <i>ad hoc</i> de la 16 ^e Conférence Générale. Discussion .	88
Cinquième Séance, vendredi 21 octobre	
17. Dotation annuelle du Bureau International (<i>suite</i> : projet de résolution D ; vote indicatif)	91
18. Progrès du Système métrique et diffusion du Système International d'Unités Présentation de trois rapports (Australie, Canada, Chine)	92
19. Propositions de MM. les Délégués Aucune proposition n'a été présentée	92
20. Renouvellement par moitié du CIPM (<i>suite</i>) Les neuf membres sortants sont réélus	92
21. Questions diverses	
Déclaration du représentant de l'UNESCO sur l'assistance aux pays en voie de développement	93
17. Dotation annuelle du Bureau International (<i>suite et fin</i> : vote définitif ; déclaration de la délégation de la Roumanie)	95
Remerciements du Président de la Conférence et du Président du CIPM	95
Clôture de la 17 ^e Conférence Générale des Poids et Mesures	96
Textes des Résolutions adoptées	
— Définition du mètre : Résolution 1.	97
— Mise en pratique de la nouvelle définition du mètre (instructions données au CIPM) : Résolution 2.	98
— Masse volumique de l'air (instructions données au CIPM pour en améliorer la détermination expérimentale et pour mettre à jour la formule recommandée pour son calcul) : Résolution 3	99
— Dotation du BIPM pour la période 1985-1988 : Résolution 4.	99
Annexe	
Progrès du Système métrique et diffusion du Système International d'Unités (rapports sur les progrès du SI en Australie, au Canada, en Rép. Pop. de Chine et notes des États-Unis d'Amérique, de l'Irlande et du Portugal)	101
Index	109

IMPRIMERIE DURAND
28600 LUISANT (FRANCE)

Dépôt légal, Imprimeur, 1984, n° 4700
Achevé d'imprimer le 3 août 1984
ISBN 92-822-2084-2
Imprimé en France