

**COMPTES RENDUS DES SÉANCES**  
**DE LA**  
**QUATORZIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE**  
**DES POIDS ET MESURES**

PARIS, 4-8 OCTOBRE 1971



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

*Dépositaire* : OFFILIB, 48 rue Gay-Lussac, F 75-Paris 5<sup>e</sup>



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

RÉUNIE A PARIS EN 1971

SOUS LA PRÉSIDENTENCE

DE

Mr GEORGES CHAUDRON

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

---

**Délégués des États signataires de la Convention du Mètre**

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

**Afrique du Sud**

Mr I. A. KOTZÉ, Ministre Plénipotentiaire, *Paris*.

Mr C. J. KOK, Senior Research Officer, National Physical Research Laboratory, *Pretoria*.

Mr le Dr S. J. DU TOIT, Manager of the Metrication Department, South African Bureau of Standards, *Pretoria*.

Mr O. A. VAN DER WESTHUYSEN, Attaché Scientifique d'Ambassade, *Paris*.

Mr F. J. PRETORIUS, Conseiller d'Ambassade, *Paris*.

**Allemagne**

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

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

Mr le Dr G. BECKER, Leitender Direktor bei der P. T. B., *Braunschweig*.

Mr W. LÜCKING, Conseiller d'Ambassade, *Paris*.

Ont été empêchés d'assister à la Conférence :

Mr le Professeur Dr H. JANCKE, Vice-Président du Deutsches Amt für Messwesen und Warenprüfung, *Berlin*.  
 Mr H.-W. LIERS, Fachabteilungsleiter im D. A. M. W., *Berlin*.  
 Mr V. MÜNCH, Attaché im Ministerium für Auswärtige Angelegenheiten der D. D. R., *Berlin*.

#### **Amérique (États-Unis d')**

\*Mr le Dr L. M. BRANSCOMB, Directeur du National Bureau of Standards, *Washington*.  
 Mr E. AMBLER, Directeur, Institute for Basic Standards, N. B. S., *Gaithersburg*.  
 Mr J. S. COTTMAN, Conseiller des Affaires Politiques de la Mission américaine au Bureau Européen des Nations Unies et autres Organisations, *Genève*.  
 Mr E. L. PIRET, Conseiller Scientifique d'Ambassade, *Paris*.

#### **Arabe Unie (République)**

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

#### **Argentine (République)**

Mr J. DE ALLENDE, Ministre, Ambassade, *Paris*.  
 Mr R. J. LAPERCHE, Secrétaire d'Ambassade, *Paris*.

#### **Australie**

Mr W. R. BLEVIN, Principal Research Scientist, National Standards Laboratory, *Sydney*.

#### **Autriche**

Mr le Dr H. QUAS, Wirkl. Hofrat, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, *Vienne*.  
 Mr le Dipl. Ing. F. BERNHARDT, Ministerialrat, Bundesministerium für Bauten und Technik, *Vienne*.  
 \*Mr le Dr J. STULLA-GÖTZ, ancien Président du Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, *Vienne*.

#### **Belgique**

Mr J. CLAESSEN, Directeur du Service de la Métrologie, *Bruxelles*.  
 Mr H. L. A. VOORHOF, Métrologiste au Service de la Métrologie, *Bruxelles*.

**Brésil**

Mr A. LÔBO DA CUNHA FILHO, Diretor Geral Substituto, Instituto Nacional de Pesos e Medidas, *Rio de Janeiro*.

Mr H. MEIRELLES SILVA, Assistente do Diretor Geral, Instituto Nacional de Pesos e Medidas, *Rio de Janeiro*.

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

Mr M. M. CAILLAUX, Directeur, Instituto de Pesos e Medidas de l'État de Rio de Janeiro, *Niterói*.

Mr I. ALPISTE, Superintendente, Instituto de Pesos e Medidas de l'État de *São Paulo*.

**Bulgarie**

Mr l'Ing. S. BOSADJIEV, Vice-Président du Comité de la Qualité, de la Standardisation et de la Métrologie, *Sofia*.

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

Mr l'Ing. J. KARAGUIOSOV, Premier Secrétaire d'Ambassade, *Paris*.

Mr l'Ing. K. FRIDMAN, Chef de Département, Comité de la Qualité, de la Standardisation et de la Métrologie, *Sofia*.

M<sup>me</sup> B. VÉLITCHKOVA, Spécialiste du Département « Relations Internationales », Comité de la Qualité, de la Standardisation et de la Métrologie, *Sofia*.

**Cameroun**

Mr E. NDOUGOU, Chef du Service des Poids et Mesures, *Douala*.

**Canada**

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

**Chili**

Mr L. GOYCOOLEA, Secrétaire d'Ambassade, *Paris*.

**Corée (République de)**

Mr Ha Jong YOON, Ministre Plénipotentiaire, *Paris*.

Mr Chung Hoon SHIN, Directeur du Bureau of Weights and Measures, *Séoul*.

Mr Young Sik PARK, Chief Supervisor, Bureau of Weights and Measures, *Séoul*.

**Danemark**

Mr T. G. CARLSEN, Professeur à l'Université Technique, *Lyngby*.  
Mr J. THOMAS, Laboratoire des Prototypes, Fysisk Laboratorium,  
*Lyngby*.

**Dominicaine (République)**

N.

**Espagne**

Mr L. DE VILLEGAS Y URZÁIZ, Ministre-Conseiller d'Ambassade,  
*Paris*.  
Mr R. RIVAS MARTINEZ, Membre-Secrétaire de la Comisión  
Nacional de Metrologia y Metrotecnica, *Madrid*.  
\*Mr J. M. OTERO, Président de la Junta de Energia Nuclear,  
*Madrid*; Président du Comité International des Poids et  
Mesures.

**Finlande**

Mr L. V. LAITINEN, Inspecteur, Bureau Central des Poids et  
Mesures, *Helsinki*.

**France**

Mr J. DEBIESSE, Président du Comité de Direction du Bureau  
National de Métrologie, *Paris*.  
\*Mr A. MARÉCHAL, Directeur Général de l'Institut d'Optique,  
*Paris*.  
Mr G. DENÈGRE, Secrétaire Général du Bureau National de  
Métrologie, *Paris*.  
Mr Ch. GOLDNER, Chef du Service des Instruments de Mesure,  
*Paris*.  
Mr Ph. OLMER, Directeur Général du Laboratoire Central des  
Industries Électriques, *Fontenay-aux-Roses*.  
Mr B. GUINOT, Directeur du Bureau International de l'Heure,  
*Paris*.  
Mr A. ALLISY, Directeur de l'Institut National de Métrologie,  
*Paris*.  
Mr C. GIRARD, Sous-Directeur aux Unions Internationales, Minis-  
tère des Affaires Étrangères, *Paris*.  
Mr B. GRINBERG, Chef du Laboratoire de Métrologie des Rayon-  
nements Ionisants, Centre d'Études Nucléaires, *Saclay*.

**Hongrie**

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

**Inde**

Mr T. D. BANSAL, Scientist, National Physical Laboratory, *New Delhi.*

**Indonésie**

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

Mr SOERASTO HADISOEMARNO, Inspecteur au Service de la Métro-  
logie, *Bandung.*

**Irlande**

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

**Italie**

Mr le Professeur Ing. M. OBERZINER, Membre du Comitato Centrale  
Metrico, *Rome.*

Mr le Dr F. CANTILE, Directeur Général du Commerce Intérieur  
et de la Consommation Industrielle, Président du Comitato  
Centrale Metrico, *Rome.*

Mr le Professeur Dr S. SCIUTI, Membre du Comitato Centrale  
Metrico, *Rome.*

Mr G. FONTANA, Directeur de l'Ufficio Centrale Metrico, *Rome.*

Mr le Professeur R. SARTORI, Vice-Président de l'Istituto Elettro-  
tecnico Nazionale « Galileo Ferraris », *Turin* (excusé).

Mr le Professeur A. BRAY, Directeur de l'Istituto di Metrologia  
« G. Colonnetti », *Turin* (excusé).

**Japon**

Mr le Dr K. YAMAMOTO, Directeur, National Research Labora-  
tory of Metrology, *Tokyo.*

Mr A. HORIUCHI, Premier Secrétaire d'Ambassade, *Paris.*

\*Mr le Dr Y. TOMONAGA, Vice-Président, Japan Society for  
the Promotion of Machine Industry, *Tokyo.*

**Mexique**

\*Mr M. SANDOVAL VALLARTA, Commissaire, Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire, *Mexico*.

**Norvège**

Mr S. KOCH, Directeur du Bureau National des Poids et Mesures, *Oslo*.

**Pays-Bas**

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

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

Mr J. THIERRY, Directeur du Laboratoire Central, Directeur du Service de la Métrologie, *La Haye*.

**Pologne**

Mr T. PODGÓRSKI, Vice-Président de l'Office Central de la Qualité et des Mesures, *Varsovie*.

Mr S. SZAFRANIEC, Vice-Consul, *Paris*.

Mr J. SZAMOTULSKI, Chef du Laboratoire Métrologique à l'Office Central de la Qualité et des Mesures, *Varsovie*.

Mr Z. REFEROWSKI, Chef du Laboratoire des Rayonnements Ionisants à l'Office Central de la Qualité et des Mesures, *Varsovie*.

**Portugal**

Mr A. FERNANDES, Inspecteur Supérieur, Inspection Générale des Produits Agricoles et Industriels, *Lisbonne*.

Mr E. ZAMBUJINHO, Ingénieur au Bureau des Poids et Mesures de l'Inspection Générale des Produits Agricoles et Industriels, *Lisbonne*.

**Roumanie**

Mr N. GHITA, Conseiller à l'Inspection Générale d'État pour le Contrôle de la Qualité des Produits, *Bucarest*.

Mr I. ISCRULESCU, Directeur, Institut de Métrologie, *Bucarest*.

Mr F. GRUZNICZKI, Chef de Laboratoire à l'Institut de Métrologie, *Bucarest*.



**Royaume-Uni**

Mr R. G. VOYSEY, Deputy Director, National Physical Laboratory, *Teddington*.

Mr J. E. M. BEALE, Assistant Secretary, Standards, Weights and Measures Division, Department of Trade and Industry, *London* (excusé).

Mr E. N. EDEN, Head of Standards, Weights and Measures Division, Department of Trade and Industry, *London*.

\*Mr J. V. DUNWORTH, Directeur du National Physical Laboratory, *Teddington*; Vice-Président du Comité International des Poids et Mesures.

Mr L. W. NICKOLS, Head of Metrology Centre, National Physical Laboratory, *Teddington*.

Mr P. VIGOUREUX, Consultant to the Director, National Physical Laboratory, *Teddington*.

**Suède**

Mr le Professeur E. G. RUDBERG, Secrétaire Perpétuel de l'Académie Royale des Sciences de Suède, *Stockholm*.

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

Mr B. H. ULVFOT, Directeur de la Monnaie Royale et du Bureau des Poids et Mesures, *Stockholm*.

**Suisse**

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

Mlle S. PAULI, Secrétaire d'Ambassade, *Paris*.

**Tchécoslovaquie**

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

Mr le Professeur Dr J. SKAKALA, Directeur de Recherches, Institut Métrologique Tchécoslovaque, *Bratislava*.

Mr le Dr I. PROKOP, Chef du Service de Documentation, Office de Normalisation et des Mesures, *Prague*.

**Thaïlande**

N.

**Turquie**

(Par lettre en date du 7 juillet 1971, l'Ambassade à Paris a fait part de l'impossibilité des autorités de son Pays d'envoyer des délégués à la Conférence Générale des Poids et Mesures.)

**U. R. S. S.**

- \*Mr B. ISSAËV, Vice-Président du Comité d'État des Normes du Conseil des Ministres de l'U. R. S. S., *Moscou.*
- Mr V. SKRIABINE, Membre du Comité d'État des Normes du Conseil des Ministres de l'U. R. S. S., *Moscou.*
- Mr V. ERMAKOV, Chef de Section à l'Institut des Mesures Physico-techniques et Radiotechniques, *Moscou.*
- Mr A. OBOUKHOV, Chef de Section à l'Institut des Mesures Physico-techniques et Radiotechniques, *Moscou.*
- Mr V. TRESKOV, Conseiller au Ministère des Affaires Étrangères, *Moscou.*

**Uruguay**

N.

**Venezuela**

- Mr R. DE COLUBI CHANEZ, Métrologue en Chef, Service National de Métrologie Légale, *Caracas.*
- Mr A. CASTELLET ROCA, Métrologue, Service National de Métrologie Légale, *Caracas.*

**Yougoslavie**

- Mr P. KOVINČIĆ, Directeur de l'Institut Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, *Belgrade.*
- Mr E. LAZAR, Directeur-Adjoint de l'Institut Fédéral des Mesures et Métaux Précieux, *Belgrade.*
- Mme M. VOJINOVIĆ, Chef du Département Électronique, Institut « Boris Kidrič », *Belgrade.*

**Assistent à la Conférence**

- Mr J. TERRIEN, Directeur du Bureau International des Poids et Mesures, *Sèvres.*
- Mr P. GIACOMO, Sous-Directeur du B. I. P. M., *Sèvres.*
- Mr Ch. VOLET, Directeur honoraire du B. I. P. M.

Les représentants des Organisations internationales suivantes :

Organisation Internationale de Métrologie Légale (Mr M. COSTA-MAGNA, Directeur du Bureau International de Métrologie Légale, *Paris*).

UNESCO, *Paris* (Mr B. L. ROBINSON, Consultant, Division of Science Teaching).

EURATOM (Mr G. H. DEBUS, Chef Adjoint de Division au Bureau Central de Mesures Nucléaires, *Geel*).

Commission des Communautés Européennes, *Bruxelles* (MM. N. Mergen, Administrateur et D. VERDIANI, Chef de Division).

Mr F. VIAUD, Ancien Chef du Service des Instruments de Mesure, *Paris* (invité).

Le personnel scientifique du Bureau International des Poids et Mesures.

---



## CONVOCAATION

**La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures  
est convoquée pour le lundi 4 octobre 1971**

### 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**

Le lieu des séances sera indiqué ultérieurement. (1)

Le calendrier prévu est le suivant :

Première	séance, lundi 4 octobre 1971,	à 10 h.
Deuxième	séance, lundi 4 octobre 1971,	à 15 h.
Troisième	séance, mardi 5 octobre 1971,	à 15 h.
Quatrième	séance, mercredi 6 octobre 1971,	à 15 h.
Cinquième	séance, jeudi 7 octobre 1971,	à 10 h.
Sixième	séance, jeudi 7 octobre 1971,	à 15 h.

Une visite du Bureau International, suivie d'une réception au Pavillon de Breteuil, aura lieu le vendredi 8 octobre 1971, à 15 h.

Pendant les séances un service d'interprétation simultanée, gracieusement offert par le Gouvernement de la République Française, fonctionnera en trois langues : français, anglais, russe.

---

(1) Par lettre en date du 18 janvier 1971, les Ambassades des États membres ont été informées que les séances auront lieu dans la salle de conférences de l'Office International des Épizooties, 12, rue de Prony, Paris, 17<sup>e</sup>, mise gracieusement à la disposition du Comité International des Poids et Mesures par Mr R. Vittoz, directeur de cet Office.

**PROGRAMME PROVISOIRE (\*)**

1. Ouverture de la Conférence.  
Discours de Son Excellence Mr le Ministre des Affaires Étrangères de la République Française.  
Réponse de Mr le Président du Comité International des Poids et Mesures.  
Discours de Mr le Président de l'Académie des Sciences de Paris, Président de la Conférence.
2. Présentation des titres 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. Programme des travaux futurs.
8. Dotation annuelle du Bureau International dans les quatre années 1973-1976; proposition du Comité International.
9. Unité de temps et échelles de temps; proposition du Comité International concernant l'utilisation de la compétence scientifique du Bureau International de l'Heure.
10. Système International d'Unités; propositions du Comité International concernant la *mole* et l'adoption des noms *pascal* et *siemens*; document sur le SI établi et édité par le Bureau International.
11. Étalons matériels de référence; discussion sur un programme international.
12. État actuel et progrès récents dans quelques domaines importants de la métrologie de base, et rôle des Comités Consultatifs.
13. Progrès du Système Métrique et diffusion du Système International d'Unités.
14. Centenaire de la Convention du Mètre en 1975.
15. Propositions de MM. les Délégués et autres propositions du Comité International.
16. Renouvellement par moitié du Comité International.
17. Questions diverses.

---

(\*) Ce programme provisoire a été adopté comme Ordre du jour définitif, avec seulement quelques changements dans l'ordre d'examen des différents points : 1 à 6; 9, 10, 11; 12; 7, 8; 13 à 17.

## **COMMENTAIRES SUR LES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DU PROGRAMME**

### **1. Ouverture de la Conférence**

La date d'ouverture de la Quatorzième 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.

Les séances auront lieu tous les jours, ou même deux fois par jour, afin que les délégués à la Conférence soient retenus moins longtemps en dehors de leurs occupations.

### **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. Programme des travaux futurs**

Une description détaillée du programme de travail proposé par le Comité International dans les années futures jusqu'à 1976 est donnée dans un document annexe, intitulé « Programme de travail et Budget du Bureau International des Poids et Mesures dans les quatre années 1973-1976 », joint à cette Convocation. Ce document, qu'il serait trop long de résumer ici, comprend toutefois un résumé d'ensemble où l'on trouve l'essentiel.

Ce programme de travail a été discuté soigneusement et adopté pendant la session d'octobre 1970 du Comité International de façon que son ensemble soit harmonieusement équilibré, et que le Bureau International puisse accomplir sa mission le mieux possible. Les modernisations nécessaires, concentrées surtout dans les mesures de longueur et dans les mesures électriques, entraînent un accroissement du niveau d'activité de 2,8 %, ce qui est très peu comparé aux développements de la métrologie de base dans les laboratoires nationaux.

### **8. Dotation annuelle du Bureau International dans les quatre années 1973-1976; proposition du Comité International**

Rappelons d'abord que la Treizième Conférence Générale (1967-1968) a voté en faveur des Résolutions 10 et 12, qui donnaient un accroissement annuel de 14 % de la dotation dans les quatre années 1969-1972. Ces 14 % comprenaient deux parties : 9 % qui sont juste suffisants pour maintenir le niveau du Bureau International, et 5 % pour faire progresser le Bureau et pour continuer à combler les graves lacunes qui subsistaient dans le redressement, commencé en 1965, des activités classiques.

Maintenant, le Comité International propose un accroissement annuel de la dotation de 11,8 %.

En 1967, la 13<sup>e</sup> Conférence Générale a déjà reconnu par sa Résolution 10 la nécessité d'une augmentation annuelle d'environ 9 %, uniquement pour maintenir l'acti-

tivité du Bureau International à un niveau constant <sup>(\*)</sup>. Un supplément d'augmentation est donc nécessaire pour que le Bureau International ne reste pas en arrière des progrès réalisés dans les autres laboratoires et des besoins de la métrologie; en effet, en métrologie de base, un travail de qualité médiocre n'a plus aucune utilité, ce qui impose de mettre en œuvre des techniques récemment découvertes.

Le supplément annuel de progrès demandé pour les quatre années 1973-1976 est maintenant 2,8 %, au lieu de 5 % dans les années 1969-1972.

Les dotations annuelles qui en résultent pour les années 1973-1976 sont données, en francs-or, dans la dernière colonne du tableau suivant; on rappelle que la dotation totale pour l'année 1972 est 2 990 000 francs-or.

Année	Dotation pour niveau constant (+ 9 % par an)	Supplément pour développement	Dotation proposée (+ 11,8 % par an) (francs-or)
1972 ( <i>rappel</i> ) : 2 990 000			
1973.....	3 260 000	80 000	<b>3 340 000</b>
1974.....	3 550 000	190 000	<b>3 740 000</b>
1975.....	3 870 000	310 000	<b>4 180 000</b>
1976.....	4 220 000	440 000	<b>4 660 000 <sup>(†)</sup></b>

(1 franc-or équivaut à 0,3267 U.S. dollar).

Le Comité International demande donc à la Conférence Générale d'approuver les dotations proposées dans la dernière colonne ci-dessus. Ces dotations permettront au Bureau International d'accomplir ses tâches essentielles, qui sont énormément plus utiles aujourd'hui que lors de sa création en 1875; elles ne seront suffisantes qu'à la condition que le Bureau International continue à être dirigé avec un souci d'extrême économie.

### 9. Unité de temps et échelles de temps

Depuis l'antiquité, l'unité de temps et les échelles de temps étaient de la compétence des astronomes et des observatoires; les organismes de la Convention du Mètre se sont occupés seulement des unités dont les étalons sont l'affaire des laboratoires. Depuis que la seconde est définie par un phénomène atomique, les étalons de temps sont devenus de la compétence des physiciens et des laboratoires.

La Conférence Générale, lorsqu'elle a défini la seconde en 1967 en spécifiant une fréquence du césium 133, a bien établi la base des mesures de fréquence et d'*intervalle de temps*, mais elle a laissé de côté la définition d'une échelle de temps; or une échelle de temps adoptée internationalement est indispensable pour servir de base à la synchronisation des horloges et pour le repérage temporel des événements. Ce besoin n'est pas nouveau; sur le plan international c'est actuellement le Bureau International de l'Heure (B. I. H.) qui est l'organisme de coordination pour les échelles

(\*) Les causes de cet accroissement annuel des dépenses de 9 % sont :

— dépenses de personnel : 5 % d'augmentation des prix (coût de la vie) et 4 % pour l'élévation du niveau de vie, les avancements au mérite et à l'ancienneté du personnel;

— dépenses de matériel : 5 à 6 % de hausse des prix et 4 à 5 % pour la complexité croissante des techniques de laboratoire.

(†) Par suite d'une erreur d'impression, les chiffres des 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> colonnes ont été rectifiés comme suit à la 4<sup>e</sup> séance de la Conférence : 450 000 et 4 670 000.



de temps (\*). Sans abandonner les échelles astronomiques, le B. I. H. a commencé avec succès à s'occuper du temps atomique qui permet une précision bien meilleure.

Jusqu'à 1969, le Comité International des Poids et Mesures s'était abstenu d'empiéter sur les responsabilités assumées par les organisations internationales qui s'occupaient des échelles de temps et qui étaient représentées au comité de direction du B. I. H. Mais maintenant, on demande de divers côtés au Comité International et à la Conférence Générale de s'occuper d'une échelle de temps établie à partir de la seconde définie par la 13<sup>e</sup> Conférence Générale, et de participer aux tâches du B. I. H. concernant le temps atomique (\*). A sa session d'octobre 1969, le Comité International a reconnu que cette demande était parfaitement justifiée, qu'elle était une conséquence naturelle de la définition atomique de la seconde, et qu'elle devait être étudiée par le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde.

---

(\*) Le Bureau International de l'Heure est placé sous l'autorité scientifique de la Fédération des Services permanents d'Astronomie et de Géophysique (F. A. G. S.) qui fonctionne sous l'égide du Conseil International des Unions Scientifiques (I. C. S. U.). Il a son siège à l'Observatoire de Paris, qui lui fournit bénévolement la majeure partie des moyens nécessaires à son activité. En raison de l'utilité et de l'excellente qualité de son œuvre, le B. I. H. reçoit aussi l'aide bénévole d'organismes d'autres pays, en particulier des États-Unis, sous forme de matériel scientifique. Le B. I. H. travaille en liaison étroite avec tous les laboratoires nationaux s'occupant des échelles de temps et des étalons de fréquence.

(\*) L'Union Radio-Scientifique Internationale (U. R. S. I.) a adopté à sa XVI<sup>e</sup> Assemblée Générale (Ottawa, août 1969) la recommandation suivante :

Recommandation I.4. — Échelle de temps atomique.

La Commission I,

CONSIDÉRANT

- a. que dans les pays adhérant à la Convention du Mètre, les mesures d'intervalles de temps s'expriment en seconde du Système International,
- b. que les événements qui fixent l'origine et la fin d'un intervalle de temps peuvent se situer en des lieux distincts et que, partant, la mesure des intervalles de temps requiert une échelle de temps internationale,
- c. que les échelles de temps interviennent dans les travaux entrepris dans bien des domaines de la science,

RECOMMANDE

- 1<sup>o</sup> l'examen par le Comité International des Poids et Mesures de la création d'un Comité consultatif pour une échelle de temps internationale;
- 2<sup>o</sup> la création, sous la responsabilité du Bureau International de l'Heure, d'une échelle de temps conforme aux principes reconnus par le Comité consultatif envisagé en 1<sup>o</sup>.

Le Comité Consultatif International des Radiocommunications (C.C.I.R.) a adopté à sa 12<sup>e</sup> Assemblée Plénière (New Delhi, janvier 1970) le vœu suivant :

Vœu 37. — Définition d'une échelle de temps-coordonnée internationale.

Le C. C. I. R.,

CONSIDÉRANT

- a. que l'amélioration de l'exactitude des étalons de temps et de fréquence rendra nécessaire, dans un avenir proche, de tenir compte des effets relativistes;
- b. que la définition d'un temps-coordonnée pour l'usage officiel est de la compétence du C. I. P. M. qui a déjà considéré certains effets relativistes et d'autres effets au cours de ses travaux;
- c. que la meilleure méthode pour l'introduction d'un temps-coordonnée dans les pays signataires de la Convention du Mètre paraît être de demander l'avis de la C. G. P. M.;

ÉMET LE VŒU

que l'on demande au C. I. P. M. et à la C. G. P. M. la définition d'un système de temps-coordonnée officiel.

Ce Comité Consultatif a donc été convoqué et s'est réuni en juin 1970; il a confirmé l'utilité de définir une échelle de « Temps Atomique International », et il s'est prononcé unanimement sur la définition suivante :

« Le Temps Atomique International est la coordonnée de repérage temporel établie par le Bureau International de l'Heure sur la base des indications d'horloges atomiques fonctionnant dans divers établissements conformément à la définition de la seconde, unité de temps du Système International d'Unités. »

Un instant quelconque peut être défini dans une telle échelle avec une exactitude de l'ordre de  $1 \mu\text{s}$ , et des synchronisations mondiales sont possibles avec cette précision.

Le Comité Consultatif et le Comité International sont d'avis que la Conférence Générale devrait reconnaître la compétence du B. I. H., lui rendre hommage pour l'œuvre déjà accomplie, et le prier de la poursuivre, au moins pendant les prochaines années, pour la réalisation d'une échelle de Temps Atomique International (TAI). Cet avis est motivé par les raisons suivantes :

1° Si la Conférence Générale demandait au B. I. P. M. de réaliser lui-même le TAI, le budget nécessaire serait de l'ordre de 100 000 à 150 000 dollars par an; un arrangement avec le B. I. H. permet de réduire beaucoup cette dépense.

2° Le B. I. H. continue à réaliser l'échelle dite de « Temps Universel », qui reste indispensable pour les applications qui dépendent de la position angulaire de la Terre, et l'on estime préférable que le même organisme fournisse à la fois le Temps Universel et le Temps Atomique International, qui sont d'ailleurs souvent diffusés simultanément par des émissions hertziennes.

3° Le rôle des organismes de la Convention du Mètre peut se limiter, pour le moment, à donner une définition générale du TAI, à guider le B. I. H. par les directives scientifiques du Comité International des Poids et Mesures, et à fournir au B. I. H. les moyens financiers nécessaires à l'établissement et à la diffusion des rapports périodiques qui font connaître le TAI aux utilisateurs; ces moyens financiers sont évalués à 12 000 dollars par an. Cela suppose que le B. I. H. continue à recevoir des aides bénévoles importantes, et la Conférence Générale devrait en exprimer le souhait.

On sait que les représentants des organisations internationales intéressées sont en faveur des recommandations et des avis ci-dessus et cet accord a été confirmé récemment pendant l'Assemblée Générale de l'Union Astronomique Internationale (Brighton, août 1970). Il sera nécessaire que le Comité International concrétise cette entente. Une représentation formelle du C. I. P. M. est d'ores et déjà assurée au sein du comité de direction du B. I. H., à la suite d'une décision de la F. A. G. S. prise en septembre 1970.

Les services fournis par le B. I. H. et définis ci-dessus seront commandés par le Bureau International des Poids et Mesures; les moyens financiers nécessaires sont inclus dans les dotations annuelles du Bureau International proposées pour les années 1973-1976.

#### *Projet de résolution A*

#### Rôle du C. I. P. M. concernant le Temps Atomique International

La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

#### CONSIDÉRANT

que la seconde, unité de temps du Système International d'Unités, est définie depuis 1967 d'après une fréquence atomique naturelle, et non plus d'après des échelles de temps fournies par des mouvements astronomiques,

que le besoin d'une échelle de Temps Atomique International (TAI) est une conséquence de la définition atomique de la seconde,

que plusieurs organisations internationales ont assuré et assurent encore avec succès l'établissement des échelles de temps fondées sur des mouvements astronomiques, particulièrement grâce aux services permanents du Bureau International de l'Heure (B. I. H.),

que le Bureau International de l'Heure a commencé à établir une échelle de temps atomique dont les qualités sont reconnues et qui a prouvé son utilité,

que les étalons atomiques de fréquence servant à la réalisation de la seconde ont été considérés et doivent continuer de l'être par le Comité International des Poids et Mesures assisté d'un Comité Consultatif, et que l'intervalle unitaire de l'échelle de Temps Atomique International doit être la seconde réalisée conformément à sa définition atomique,

que toutes les organisations scientifiques internationales compétentes et les laboratoires nationaux actifs dans ce domaine ont exprimé le désir que le Comité International et la Conférence Générale des Poids et Mesures donnent une définition du Temps Atomique International, et contribuent à l'établissement de l'échelle de Temps Atomique International,

que l'utilité du Temps Atomique International nécessite une coordination étroite avec les échelles de temps fondées sur des mouvements astronomiques,

DEMANDE au Comité International des Poids et Mesures

1° de donner une définition du Temps Atomique International;

2° de prendre les mesures nécessaires, en accord avec les organisations internationales intéressées, pour que les compétences scientifiques et les moyens d'action existants soient utilisés au mieux pour la réalisation de l'échelle de Temps Atomique International, et pour que soient satisfaits les besoins des utilisateurs du Temps Atomique International.

#### *Projet de résolution B*

##### Arrangements avec le B. I. H. concernant le Temps Atomique International

La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

CONSIDÉRANT

qu'une échelle de Temps Atomique International doit être mise à la disposition des utilisateurs,

que le Bureau International de l'Heure a prouvé qu'il est capable d'assurer ce service,

REND HOMMAGE au Bureau International de l'Heure pour l'œuvre qu'il a déjà accomplie,

DEMANDE AUX institutions nationales et internationales de bien vouloir continuer, et si possible augmenter, l'aide qu'elles donnent au Bureau International de l'Heure, pour le bien de la communauté scientifique et technique internationale,

AUTORISE le Comité International des Poids et Mesures à conclure avec le Bureau International de l'Heure les arrangements nécessaires pour la réalisation de l'échelle de Temps Atomique International à définir par le Comité International.

### 10. Système International d'Unités

Sur la demande de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale en 1967, le Comité International a repris les études concernant la mole, et même, à cette occasion, il a éclairci les caractères des unités de base, des unités supplémentaires et des unités dérivées d'un système d'unités (1).

*Mole.* — Les unités que l'on place à la base d'un système ne sont pas nécessairement celles des grandeurs physiques que l'on estime généralement les plus « fondamentales »; la précision des mesures pratiques (dont les résultats sont exprimés en ces unités), les usages concernant l'expression systématique de la connaissance dans divers domaines de la science et la commodité entrent en ligne de compte. Mais, dans un domaine limité, leur nombre s'impose d'une façon à peu près impérative. Il est bien connu qu'il faut trois unités de base en mécanique (par exemple, unités de longueur, de temps et de masse); si l'on ajoute l'électromagnétisme, il faut, comme l'a montré A. Sommerfeld en 1935, une quatrième unité, de nature électrique (on a choisi l'ampère); si l'on ajoute la photométrie, il faut encore une unité de base (la candela); si l'on ajoute la thermodynamique, il faut deux autres unités de base : on a déjà choisi le kelvin, et la mole devra s'y adjoindre.

La mole est déjà en usage depuis longtemps; l'emploi du SI ne pourra s'étendre en chimie et en technologie chimique que lorsque la mole fera partie du SI, et cette unité ne peut être, dans le SI, qu'une unité de base. La physique, elle aussi a besoin de la mole. L'usage général de la mole, et des unités qui en dérivent (mètre cube par mole pour le volume molaire, joule par mole kelvin pour l'entropie molaire, etc.), introduira plus de clarté et de simplicité dans la façon de s'exprimer, et facilitera l'enseignement.

En juin 1969, le Comité Consultatif des Unités a adopté la Recommandation suivante :

*Le Comité Consultatif des Unités,*

CONSIDÉRANT

*les besoins urgents des milieux scientifiques et techniques qui s'efforcent de promouvoir l'usage général du Système International d'Unités, particulièrement en chimie et en technologie chimique;*

*les demandes réitérées des organisations scientifiques compétentes : l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée et l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée;*

CONSIDÉRANT AÜSSI *les demandes pressantes de l'Organisation Internationale de Normalisation (I. S. O.), qui expriment les intérêts des milieux scientifiques et techniques dans un grand nombre de pays;*

RECONNAISSANT *que la mole, unité de quantité de matière, possède toutes les caractéristiques d'une unité de base, et après avoir évalué soigneusement les avantages et les désavantages possibles de l'introduction de la kilomole au lieu de la mole;*

RECOMMANDE *que le Comité International des Poids et Mesures présente à la Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures le projet de résolution suivant :*

[Voir plus loin le Projet de résolution C]

(1) Voir à ce sujet, par exemple, l'exposé fait par Mr J. de Boer le 21 avril 1970 à Delft : *Some general aspects of the International System of Units*, publié dans la revue néerlandaise *De Ingenieur*, 82, n° 27, p. A 547, et dans *Recueil de Travaux du B. I. P. M.*, 2, 1968-1970.

Après avoir approuvé en octobre 1969 cette Recommandation de son Comité Consultatif, le Comité International demande en conséquence à la Conférence Générale d'adopter la *mole* comme unité de base du SI et soumet à son approbation le projet de résolution suivant :

*Projet de résolution C*

La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

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

DÉCIDE

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

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

3° La mole est une unité de base du Système International d'Unités.

*Pascal; siemens.* — Le Comité International demandera à la Conférence Générale d'approuver deux noms spéciaux : *pascal* (symbole Pa) pour l'unité SI de pression ( $N/m^2$ ), et *siemens* (symbole S) pour l'unité SI de conductance ( $\Omega^{-1}$ ). Le pascal est déjà légal dans quelques pays, et ce nom spécial pourrait à la longue favoriser l'abandon, dans la plupart des domaines, du bar ( $10^5$  Pa). Le siemens étant d'emploi assez général (la Commission Électrotechnique Internationale l'a adopté dès 1935), il ne semble pas que la reconnaissance de ce nom spécial soulève d'objection.

*Document sur le SI.* — Pour répondre à la demande formulée à la quatrième séance (octobre 1967) de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale, le Bureau International a établi et édité un document intitulé « Le Système International d'Unités ». Ce document, dont un projet préliminaire avait déjà été distribué à la sixième séance (octobre 1968) de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale, rassemble dans un ordre systématique le contenu des Résolutions et des Recommandations de la Conférence Générale et du Comité International des Poids et Mesures sur le SI, avec des commentaires explicatifs et des règles d'utilisation pratique.

Le Comité International souhaite que ce document reçoive une large diffusion internationale et il invite en conséquence les pays qui le désireraient à le traduire, comme l'ont déjà fait deux pays de langue anglaise, le Royaume-Uni et les États-Unis d'Amérique.

#### 11. Étalons matériels de référence; discussion sur un programme international

On peut dire, en simplifiant, que les « Étalons Matériels de Référence » (E. M. R.) sont des matières, ou des objets matériels, représentatifs d'une propriété mesurable, destinés au contrôle des instruments qui mesurent cette propriété. Par exemple, le National Bureau of Standards (États-Unis) assure la fabrication, la certification et

la vente de plus de 600 « Standard Reference Materials » très divers (°); dans d'autres pays, sur l'initiative d'organismes gouvernementaux ou privés, des services analogues existent à plus petite échelle. Avec l'accord du Comité International des Poids et Mesures, une réunion d'étude s'est tenue au N. B. S. à Gaithersburg en mai 1969, où des experts de 15 pays ont, à une forte majorité, recommandé que le Bureau International des Poids et Mesures s'occupe des étalons matériels de référence sur le plan international, en jouant le rôle, pour commencer, d'un secrétariat international d'échange d'informations (°).

Le Comité International des Poids et Mesures étudie en ce moment un programme d'activité qui pourrait être proposé à la Conférence Générale. Il est évident que l'extrême diversité des E. M. R. dépasse l'étendue des compétences du personnel du B. I. P. M., et que ce dernier, pour jouer son rôle efficacement, doit limiter ses activités. Jusqu'à présent, pour assurer le progrès et l'uniformité des mesures dans le monde, le B. I. P. M. s'est limité aux étalons tels que ceux des unités de base du Système International d'Unités, qui sont les étalons de départ d'où sont déduits ensuite tous les étalons des unités dérivées; cette activité fondamentale doit rester le souci majeur du B. I. P. M. C'est pourquoi le Comité International cherche prudemment quel programme limité pourrait être ajouté au programme actuel du B. I. P. M., et quel serait le budget supplémentaire correspondant, afin de soumettre à l'attention des Gouvernements une ou plusieurs propositions bien définies.

Le Comité International entendra alors les opinions exprimées à la Conférence Générale, afin de savoir si les Gouvernements sont intéressés par un programme international concernant les étalons matériels de référence, et quel est le montant du budget supplémentaire que les Gouvernements seraient disposés à payer pour un tel programme.

#### **12. État actuel et progrès récents dans quelques domaines importants de la métrologie de base, et rôle des Comités Consultatifs**

Des exposés de mise à jour seront présentés à la Conférence afin de mettre en évidence les progrès récents et le rôle des Comités Consultatifs dans la coordination des recherches et des travaux.

#### **13. Progrès du Système Métrique et diffusion du Système International d'Unités**

La Conférence sera informée des renseignements en possession du Bureau International sur les récents progrès du Système Métrique dans le monde, et sur la diffusion du SI dans les pays membres de la Convention du Mètre.

#### **14. Centenaire de la Convention du Mètre en 1975**

En vue des dispositions à prendre pour commémorer en 1975, lors de la 15<sup>e</sup> Conférence Générale, le centenaire de la Convention du Mètre signée à Paris le 20 mai 1875, le Comité International souhaite recueillir les avis de la Conférence pour la célébration de cet anniversaire.

(°) Ces E. M. R. peuvent être des métaux, des alliages, des céramiques, des composés chimiques, des hydrocarbures, etc.: les propriétés certifiées peuvent être la composition chimique, le spectre optique, la couleur, le pH, l'activité radioactive, la polarisation optique, l'indice de réfraction, la viscosité, la masse volumique, la chaleur de combustion, la température de transformation, etc. Les domaines intéressés peuvent être la chimie, la métallurgie, l'industrie des matières plastiques ou des verres, l'étude des pollutions, la médecine et diverses mesures de la physique, y compris la physique nucléaire. Le N. B. S. a servi 70 000 commandes en 1966, aux États-Unis et à l'étranger.

(°) Un rapport sur cette réunion est publié dans *Metrologia*, **6**, 1970, p. 33.

**15. Propositions de MM. les Délégués**

Les délégations des États sont priées de faire connaître les vœux ou propositions qu'elles désirent soumettre à la 14<sup>e</sup> 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 Septième Conférence Générale, 1927). Conformément à la Résolution 10 de la Neuvième 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 ».

**16. 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 1970

*Pour le Comité International des Poids et Mesures,*  
Pavillon de Breteuil, 92-Sèvres

*Le Secrétaire,*  
J. DE BOER

*Le Vice-Président,*  
J. V. DUNWORTH

*Le Président,*  
J. M. OTERO

---

## COMPLÉMENT A LA CONVOCATION DE DÉCEMBRE 1970

### 11. Étalons matériels de référence; discussion sur un programme international

Les commentaires à la page 21 de la Convocation de décembre 1970 indiquaient que le Comité International des Poids et Mesures avait l'intention de soumettre à l'attention des Gouvernements une ou plusieurs propositions bien définies après l'achèvement d'une étude détaillée du problème. Voici le compte rendu de l'étude du Comité International et ses conclusions.

A l'origine, cette question avait été soulevée à la 57<sup>e</sup> session (octobre 1968) du Comité International lorsque le National Bureau of Standards (N. B. S.) des États-Unis avait demandé que le Comité International et le Bureau International s'occupent des étalons matériels de référence. Le N. B. S. avait annoncé son intention d'organiser une réunion d'information; le Comité International avait donné son accord pour s'intéresser et participer à cette réunion qui s'est tenue en mai 1969 à Gaithersburg (États-Unis) et à laquelle ont assisté le Président du Comité International et le Directeur du Bureau International. A cette réunion, les échanges d'informations et les échanges de vues entre les participants provenant d'un grand nombre de pays ont abouti à une recommandation fortement majoritaire en faveur d'une coopération internationale qui devrait être coordonnée par le Bureau International des Poids et Mesures.

A sa 58<sup>e</sup> session (octobre 1969), le Comité International a constaté qu'il serait impossible que le Bureau International s'occupe de l'ensemble des problèmes posés par les étalons matériels de référence sans une augmentation considérable de son personnel et de son budget.

Le Comité International a donc décidé de procéder à une série d'enquêtes et d'études qui furent confiées à une Commission préparatoire, afin de pouvoir définir un programme d'action limité. Des questionnaires ont été adressés à divers organismes dans tous les États de la Convention du Mètre, et aux laboratoires nationaux s'occupant d'étalons matériels de référence.

A sa 59<sup>e</sup> session (octobre 1970), le Comité International a admis le principe que le Bureau International devrait en ce moment se limiter aux étalons qui sont directement en rapport avec les unités de base du Système International d'Unités; en effet ce domaine restreint correspond bien aux missions confiées au Bureau International. Le Comité International a demandé à sa Commission préparatoire de faire une enquête auprès des Comités Consultatifs et des principaux laboratoires nationaux afin qu'un programme précis soit établi dans ce domaine restreint, et il a chargé son bureau d'établir ce programme avant la session de la Quatorzième Conférence Générale.

Les conclusions et les propositions qui sont présentées aux Gouvernements des États de la Convention du Mètre sont les suivantes :

Malgré le travail supplémentaire que cela entraînera, le Bureau International est prêt à organiser un centre de coordination internationale et un centre d'information pour les étalons matériels de référence qui sont nécessaires à la réalisation des étalons des unités de base du Système International d'Unités, et cette activité pourrait être entreprise par le Bureau International sans augmentation de la dotation financière



déjà demandée par le Comité International des Poids et Mesures pour les années 1973-1976. En effet, son personnel scientifique possède une certaine compétence en cette matière et l'on estime qu'il pourrait faire face à ce travail supplémentaire sans compromettre sérieusement l'exécution des travaux qui lui sont déjà confiés. Mais il sera nécessaire que les Comités Consultatifs, chacun dans sa spécialité, et les laboratoires nationaux qui en sont membres prennent en charge les travaux expérimentaux et donnent leur assistance au Bureau International lorsqu'il aura à répondre à des demandes d'information. En conséquence, le Comité International demandera à chacun des Comités Consultatifs de prendre en considération cette nouvelle tâche et de veiller à la coordination internationale des travaux relatifs à cette tâche, avec l'aide du Bureau International qui reste le centre d'organisation de toute l'activité des Comités Consultatifs.

En dehors des étalons de réalisation des unités de base, il serait sans doute intéressant de chercher à étendre le programme à d'autres catégories d'étalons matériels de référence, et cette question ne sera pas perdue de vue. Mais pour le moment on ne peut concevoir aucune action réellement utile pour une telle extension avec les moyens actuels du Bureau International.

Juin 1971

*Pour le Comité International des Poids et Mesures*

Pavillon de Breteuil, 92-Sèvres

*Le Secrétaire,*

J. DE BOER

*Le Vice-Président,*

J. V. DUNWORTH

*Le Président,*

J. M. OTERO

## ORDRE DU JOUR DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE

**14<sup>e</sup> Session -- 1971**

-----

*(Voir page 14.)*

---

## PREMIÈRE SÉANCE

### DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE A L'OFFICE INTERNATIONAL DES ÉPIZOOTIES

12, rue de Prony, Paris

LE LUNDI 4 OCTOBRE 1971, A 10 h

---

Mr M. SCHUMANN, ministre des Affaires Étrangères de la République Française, ouvre la séance inaugurale de la Conférence en prononçant l'allocution suivante :

« MONSIEUR LE PRÉSIDENT,

« MESDAMES, MESSIEURS,

« Je suis sensible à l'honneur que la tradition me confie d'ouvrir la Conférence Générale des Poids et Mesures et de vous souhaiter, au nom du Gouvernement français, la plus cordiale bienvenue.

« Votre institution est trop ancienne pour que j'en retrace une fois de plus l'origine et le développement. Son histoire est étroitement liée à celle de mon pays et pour ne citer que quelques-uns des noms qui la jalonnent, elle évoque aussi bien Lenoir et Lavoisier que Talleyrand ou que Pascal et Giraudoux.

« Il serait aussi trop long d'évoquer les étapes qui ont conduit depuis un siècle les familiers du Pavillon de Breteuil à Sèvres de « l'étalon à bouts » à la radiation du krypton, et qui élargissent aujourd'hui vos travaux à une définition atomique de la seconde et du temps.

« Cette Quatorzième Conférence Générale vous invite à vous pencher sur les progrès réalisés dans le passé et sur ceux que vous ambitionnez d'accomplir au cours des cinq prochaines années. Nul doute qu'étant orfèvres, vous n'en mesuriez la signification puisque ces années marqueront l'entrée de votre organisation dans le deuxième siècle de son existence.

« Je vous laisse le soin, Messieurs, de dresser, à l'occasion de ce prochain centenaire, le bilan de votre œuvre.

« Qu'il me soit seulement permis d'en souligner le mérite au moment où le rythme accéléré du développement des techniques exige que la précision des déterminations métrologiques fondamentales progresse à la même cadence.

« Cet effort ne manque pas de soulever des problèmes financiers. Votre Assemblée en est consciente et il lui appartient d'apprécier les moyens dont doit disposer le Bureau International des Poids et Mesures pour assumer les responsabilités que les États lui ont confiées.

« Le Gouvernement français a pu mener à bien, pour sa part, la conclusion de l'Accord de siège dont votre Organisation attendait la confirmation de ses privilèges et de ses immunités sur le territoire français. Je me félicite de son entrée en vigueur qui est maintenant acquise et souhaite qu'il contribue à faciliter la tâche du Bureau International.

« Tâche complexe aux multiples aspects. Les horloges atomiques, les lasers, ont atteint au cours de ces dernières années des degrés de précision qu'il eut été naguère impossible d'envisager. La mesure des étalons de notre époque par les longueurs d'onde ou les fréquences atomiques exige des études très proches de la recherche fondamentale. Mais les architectes des étalons de référence savent que l'objet matériel conserve ses vertus. A l'incessante progression dans la qualité correspond pour eux la stabilité dans les thèmes. La haute métrologie est une discipline équilibrée en même temps qu'évolutive.

« La France, qui a toujours été portée vers les problèmes de métrologie, vient de réorganiser ses propres structures dans ce domaine essentiel. Il y a trois ans, en 1969, a été créé le Bureau National de Métrologie, qui est désormais le correspondant du Bureau International des Poids et Mesures et des organismes chargés des mêmes responsabilités dans les autres États. Je suis heureux de l'occasion qui m'est offerte de vous le présenter officiellement et je forme le vœu qu'il apporte dans le concert des nations une contribution à cette coopération fructueuse sans laquelle aucune science ne peut atteindre à son plein épanouissement.

« Mesdames, Messieurs, je déclare ouverte la Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures. »

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

« MONSIEUR LE MINISTRE,

« Suivant la tradition j'ai l'honneur de vous remercier sincèrement, au nom du Comité International et de tous les délégués, d'être venu parmi nous pour manifester l'accueil chaleureux que la France, une fois de plus, offre à ce doyen des Organismes internationaux, érigé sous ses auspices, et dont les laboratoires se trouvent en terrain français.

« Il faut bien signaler que pour ce premier laboratoire international on a suivi un chemin inverse de ce qu'on fait normalement pour les entreprises scientifiques collectives : d'habitude sont d'abord créés les laboratoires nationaux et ensuite les laboratoires internationaux.

« Dans ce cas c'est l'inverse qui s'est passé. La Convention du Mètre de 1875 a donné naissance au Bureau International des Poids et Mesures dix ans avant la création de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt, le premier des grands laboratoires nationaux de métrologie, et environ vingt-cinq ans avant les trois laboratoires suivants : le National Bureau of Standards de Washington, le National Physical Laboratory de Teddington, Royaume-Uni, et l'Institut de Métrologie Mendéléev en Union Soviétique.

« Le fait d'être le deuxième Espagnol président du Comité International des Poids et Mesures m'oblige à dire quelques mots sur mon compatriote, le premier Président du Comité, le Général Ibañez, Marquis de Mulhacén, illustre homme de science dont l'action a été décisive pour la liaison géodésique de l'Europe et de l'Afrique. C'est grâce à lui qu'a été fondé en Espagne l'Institut Géographique, qu'a été mise sur pied avec succès la Convention du Mètre, signée en 1875, et que furent établis les laboratoires dans

ce beau Parc de Saint-Cloud. La mise en marche complète du Bureau International des Poids et Mesures peut être fixée en 1889. Le Marquis de Mulhacén fut le président du Comité International jusqu'à 1891, date de sa mort à Nice.

« Je dois mentionner la signature (due à l'extrêmement importante collaboration de l'État Français) de l'Accord de siège dont les démarches ont déjà été exposées par mon prédécesseur lors de la Treizième Conférence Générale et que j'ai eu l'honneur de signer en tant que Président du Comité International des Poids et Mesures conjointement avec Mr de Chambrun, Ministre Plénipotentiaire, le 25 avril 1969. Cet Accord est en vigueur depuis le 24 juillet 1970 après l'accomplissement des formalités d'approbation par le Gouvernement de la République Française et par le Comité International. Le Décret signé par Mr Pompidou, Président de la République, Mr Chaban-Delmas, Premier Ministre et Mr Schumann, Ministre des Affaires Étrangères, contient des privilèges et des immunités qui vont faciliter dans une grande mesure les tâches du Bureau International.

« Il est prévu que la prochaine Conférence Générale, en 1975, coïncidera avec le centenaire de la signature de la Convention du Mètre. Le moment paraît donc venu de faire la critique de ces 96 ans de fonctionnement, car la Conférence de 1975 sera trop occupée par des événements d'un caractère commémoratif et social.

« A mon avis nous devrions reconnaître à nos « Pères Fondateurs », pour employer les termes si chers de nos amis américains, deux sortes de mérites, ayant les uns un caractère d'organisation et les autres un caractère technique.

« La Convention du Mètre s'était occupée des unités et des étalons de longueur, de masse et de temps. La dernière de ces unités a été rattachée à des phénomènes astronomiques.

« Les physiciens ont toujours voulu rattacher les unités de mesure aux phénomènes naturels et à des étalons susceptibles d'être reproduits au moyen d'un phénomène physique, plutôt qu'à des étalons destructibles. Le principal, d'après l'expression de notre directeur le Docteur Terrien, est de trouver des points de départ pour créer un système de mesures mondial.

« Pour y arriver, et abandonnant le rapport inexact entre l'unité de longueur et la circonférence de la Terre, il a fallu faire appel d'abord à ce qu'on a nommé le « Mètre des Archives » et plus tard, une fois la Convention du Mètre signée, à un étalon, le « Mètre International », constitué d'un alliage de deux métaux très réfractaires, le platine et l'iridium.

« Ce choix a été une réussite car presque tous les métaux et leurs alliages sont soumis à des phénomènes de recristallisation qui modifient sensiblement leur longueur, tandis que l'alliage dont on s'est servi pour construire le Prototype a été pratiquement inaltérable.

« Le Mètre étalon conservé à Sèvres et ses copies se sont imposés de 1889 jusqu'à 1960, date où l'emploi d'une longueur d'onde pour le remplacer — suivant l'idée émise déjà par Babinet en 1827 — fut suffisamment perfectionné. Des physiciens de la classe de Michelson, Benoit, Fabry et Pérad pour ne mentionner que les disparus, y sont arrivés après avoir effectué des dizaines d'essais. Malgré cela on n'a réussi à gagner qu'un ordre de grandeur dans l'exactitude et la précision.

« L'étalon de masse de 1 kilogramme conservé à Sèvres, formé d'un cylindre du même alliage, avec des copies à Sèvres et dans différents pays, reste en vigueur avec une précision de  $10^{-8}$ , car on n'a pas réussi à trouver un autre étalon d'une plus grande exactitude. Son seul ennemi est l'usure due aux nettoyages, raison pour laquelle il est très rarement utilisé.

« Mais j'ose signaler, Monsieur le Ministre, que la plus grande réussite de nos pères fondateurs a été l'organisation de notre Convention, fondée sur une Conférence souveraine représentant les pays signataires qui devaient se réunir au moins tous les six ans, période que la vertigineuse évolution de la science a obligé à réduire à quatre ans et exceptionnellement à trois.

« La Conférence désigne un Comité International, à présent composé de dix-huit membres appartenant à dix-huit pays différents, choisis en raison de leurs hauts mérites et qui sont responsables des travaux des laboratoires internationaux du B. I. P. M. installés, par cession généreuse de la France, dans le Pavillon de Breteuil du Parc de Saint-Cloud. Les laboratoires dépendent du Comité tant du point de vue scientifique que du point de vue administratif.

« Dans l'intervalle de deux Conférences, les membres du Comité choisissent par cooptation les nouveaux membres pour les sièges devenus vacants par décès ou par démission. Au moment de chaque Conférence, on complète par tirage au sort le nombre des cooptés à la moitié des membres du Comité; ils démissionnent, puis la Conférence a pleine liberté pour ratifier les nominations ou pour choisir d'autres personnes; en fait, elle n'a jamais modifié la sélection faite par le Comité.

« Les membres du Comité ne représentent pas leur pays, ceux-ci étant seulement consultés avant le choix par cooptation afin de s'assurer qu'ils estiment l'élu *persona grata* et qu'ils sont prêts à prendre à leur charge les frais qu'entraîne la présence aux réunions régulières ou extraordinaires du Comité.

« Ce système qui malheureusement n'est pas pratiqué dans d'autres organismes internationaux comporte de notables avantages. Il permet tout d'abord une homogénéité dans les niveaux scientifiques et techniques du Comité, car personne ne connaît les hommes de science mieux que leurs collègues eux-mêmes. Et il est évident que l'homogénéité scientifique et technique facilite les discussions et les décisions à prendre.

« Le succès du choix est confirmé par le fait que, depuis la création du premier Comité International, le Prix Nobel a été accordé à quatre de ses membres ainsi qu'à l'un des directeurs du Bureau International.

« D'autre part, conscients de l'universalité de la communauté scientifique, on a toujours cherché à maintenir une bonne distribution géographique et politique afin d'éviter des pressions non scientifiques.

« A la Sixième Conférence Générale (1921) on estima que les activités du Bureau International devaient s'étendre aux grandeurs électriques. Puis on a confié aussi au Bureau les grandeurs et les étalons photométriques; l'évaluation de ces dernières grandeurs comporte, d'ailleurs, pas mal de difficultés, car il s'agit d'évaluer des phénomènes psycho-physiques extrêmement complexes.

« En 1948, on a choisi la candela comme unité d'intensité lumineuse en essayant de lier cette unité à un phénomène physique bien connu tel que le rayonnement du corps noir. Le choix de la candela supprimait le dualisme existant dans les différents pays avec deux systèmes photométriques fondés sur des unités différentes.

« L'ère atomique, avec ses nouveaux problèmes, dont beaucoup sont décisifs pour la santé mondiale, a fait que les pays signataires de la Convention du Mètre décidèrent en 1960 d'étendre les activités du Bureau aux mesures des rayonnements ionisants; il fallait pour ce travail des laboratoires spécialisés dont la construction a exigé de doubler l'étendue du terrain concédé par l'État français. Un brillant avenir se présente pour ces laboratoires dont les activités ont commencé presque immédiatement après la décision de leur création.

« Évidemment ces nouvelles tâches comportaient le recrutement et la formation d'un nouveau personnel qui, bientôt, a atteint un niveau international.

« En ce qui concerne l'unité de temps, la seconde, qui depuis les temps anciens a été liée aux phénomènes naturels, estimée d'abord comme une fraction du jour solaire moyen, les progrès faits en astronomie ont montré que la régularité de la rotation de la Terre étant loin d'être parfaite, il convenait, tout en se rapportant aux phénomènes astronomiques, d'en changer la définition.

« Dans ce sens, on a abandonné en 1960 la rotation de la Terre sur son axe comme terme de référence en faveur de l'année tropique, c'est-à-dire l'intervalle de deux passages successifs de la Terre par le même point de l'écliptique dans sa révolution autour du Soleil. Cependant, cette définition n'a pas résisté longtemps car les horloges atomiques basées sur la transition entre deux niveaux énergétiques des électrons du cortège de l'atome ont offert une voie beaucoup plus exacte pour la définition de la grandeur de l'intervalle de temps.

« Cela a entraîné à la Treizième Conférence Générale (1967) un changement de la définition de l'intervalle de temps en faveur de la fréquence de la transition entre deux niveaux énergétiques de la structure hyperfine de l'atome de césium 133.

« A présent le problème est d'étendre les travaux de la mesure de l'intervalle de temps à la définition et au maintien permanent d'une échelle de temps, travaux qui ne sont pas faciles et qui exigent une ample collaboration avec les astronomes.

« Deux phénomènes plutôt nouveaux, le moment gyromagnétique du proton dans l'eau, et l'effet Josephson encore plus récent, auront une énorme influence dans la mesure des grandeurs électriques.

« Les échelles de température présentent aussi des progrès sensibles, et leurs limites se déplacent vers les températures plus basses proches du zéro absolu et vers les températures plus élevées jusqu'à celles des plasmas.

« Enfin et suivant la suggestion faite par le National Bureau of Standards de Washington, le B. I. P. M. a été invité à copatronner une réunion de spécialistes et de représentants des associations scientifiques internationales afin d'étudier les étalons matériels de référence si nécessaires à de nombreuses branches de l'industrie. La réunion s'est tenue à Washington en mai 1969 et les assistants se sont prononcés presque à l'unanimité en faveur de confier aussi au Bureau International ces matériaux de référence. Le directeur du B. I. P. M. et le président du Comité ont participé à la réunion.

« Ce point a été soigneusement envisagé. Si un élargissement de nos activités était décidé par la Conférence Générale, le Bureau International aurait besoin d'un élan technique et financier semblable à celui qu'il a reçu au moment où les pays adhérents à la Convention du Mètre lui ont confié les étalons concernant les rayonnements ionisants.

« Tenant compte de ce que nous avons exposé, on déduit que le but du Bureau International a un triple caractère.

« Premièrement, mettre à jour et perfectionner constamment quelques-uns des étalons de base ou entreprendre des recherches visant à améliorer la mesure des grandeurs impliquées, par exemple l'accélération due à la pesanteur, ce que le Bureau a fait ces dernières années.

« Deuxièmement, servir de liaison entre les grands laboratoires métrologiques nationaux et les laboratoires ou experts spécialisés dans certaines unités de base, coordonnant et comparant ainsi de façon permanente leurs résultats et partageant leurs travaux.

« Cette tâche est effectuée spécialement par les Comités Consultatifs créés par le Comité International. Ils sont formés par des membres appartenant à de grands laboratoires et par des savants de premier rang, spécialistes des sujets à traiter ainsi que

par des membres du Bureau. Leur travail a été extrêmement fructueux et a permis de soumettre aux Conférences Générales, avec le maximum de sûreté, les changements à réaliser.

« A présent le nombre de ces Comités Consultatifs s'élève à sept : Définition du Mètre, Définition de la Seconde, Thermométrie, Électricité, Rayonnements Ionisants, Photométrie et Unités.

« Enfin le Bureau International effectue, non seulement pour les pays signataires de la Convention du Mètre, mais pour le monde entier, des travaux d'étalonnage qui lui prennent une bonne partie de ses activités. Ces travaux s'élargissent de plus en plus à mesure que le nombre de pays participant au développement scientifique et technique augmente.

« Par suite des décisions des Unions Internationales de Chimie Pure et Appliquée, et de Physique Pure et Appliquée, de l'Organisation Internationale de Normalisation et du Comité Consultatif des Unités lui-même, une définition pour une nouvelle unité de base va être soumise à la Conférence. La nouvelle unité, la mole, sera proposée comme unité de quantité de matière sur laquelle s'appuie une bonne partie de l'industrie chimique.

« Dans ces dernières années le personnel scientifique hautement qualifié du Bureau International maintient des rapports de plus en plus étroits avec ses collègues appartenant à d'autres centres, par des réunions et des voyages d'études. Les travaux du Bureau International s'en ressentent positivement et la communauté métrologique parle ainsi la même langue et sait où trouver le meilleur chemin pour la solution de ses problèmes.

« Il est évident que tout cela exige de plus en plus des savants de premier rang et des moyens financiers appropriés qui, malgré de modestes augmentations, ne résistent pas à la comparaison avec les moyens demandés par les autres laboratoires internationaux s'occupant de sujets plus précis et d'une ampleur plus limitée que les sujets confiés au Bureau International.

« Il est à espérer que la Conférence Générale comprendra cette situation et qu'elle prendra les décisions opportunes.

« Les exigences de la technique et le changement des étalons que, suivant l'expression de mon prédécesseur, le Professeur Vieweg, il ne faut pas considérer comme des rochers de bronze immuables, mais comme des entités soumises à une évolution et une amélioration constantes, rendent indispensable le maintien au Bureau International d'un groupe de physiciens, en nombre restreint car il faut s'en tenir à nos ressources financières, mais de premier rang, dont le travail est de plus en plus apprécié par la communauté scientifique, tout en leur offrant des sujets de recherche intéressants.

« Il suffit de rappeler que l'un des grands prix de l'Académie des Sciences de Paris a été récemment accordé à notre Directeur Mr Terrien pour ses travaux de sélection de la raie spectrale la plus adéquate pour le changement de la définition du mètre, et qu'un prix a également été attribué par cette même Académie au Docteur Sakuma pour ses travaux pour la détermination absolue de la pesanteur, mesures extrêmement précises qui ont amélioré au moins dix fois les valeurs en vigueur depuis longtemps.

« Plusieurs pays, tout en étant signataires de la Convention du Mètre, continuent à employer des systèmes d'unités autres que le système métrique décimal mais l'évolution vers un monde entièrement métrique se poursuit.

« Le Royaume-Uni a décidé d'adopter le système métrique décimal après de nombreuses vicissitudes et spécialement après que ce système ait été adopté à leur tour par des membres, tant actuels qu'anciens, du Commonwealth.



« A vrai dire, l'initiative a été prise tout d'abord par l'industrie; c'est en effet en 1963 que la British Standards Institution publia une large enquête où l'on montrait comment la plupart des industries britanniques se déclaraient pour la « metrication » immédiate, sans attendre l'adoption de ce système par les États-Unis et le reste des membres du Commonwealth.

« En 1965, la Fédération des Industries Britanniques soumit au Gouvernement une demande formelle exposant les souhaits de l'industrie d'adopter le système métrique, d'abord comme système primaire fondamental et ensuite comme le seul système de mesures. La Fédération sollicitait du Gouvernement son appui pour la « metrication » ainsi que pour préciser la période de conversion.

La réponse du Gouvernement fut immédiate et favorable, tout en laissant la plupart de l'initiative entre les mains de l'industrie privée. Cette réponse indiquait : « ... que le Gouvernement trouvait souhaitable que la majorité des industries britanniques adopte, secteur par secteur, le système métrique jusqu'à ce qu'il devienne le système primaire de poids et mesures de tout le pays ... » « Nous encouragerons donc cette adoption et ainsi, quand cela sera praticable pour les industries, le Gouvernement et les Organismes publics passeront leurs commandes aux fournisseurs en unités métriques. »

« Plus de deux années ont été nécessaires pour que le Royaume-Uni réussisse ce programme. En 1968, le Ministre de la Technologie en parlant de la « metrication » notait que le programme comportait trois étapes : 1° que l'industrie manufacturière pourrait faire le changement de façon efficace et acceptable du point de vue économique seulement si l'économie dans son ensemble progresse dans le même sens et suivant un programme semblable; 2° qu'un « Metrication Board » devait être formé afin de guider, encourager, coordonner et planifier la transition; 3° que toute disposition légale contraire au système métrique, tout ce qui concerne par exemple les tarifs ou bien d'autres dispositions en vigueur ou coutumières, devait être proscrite.

« Il n'était pas nécessaire que tous les secteurs de l'économie progressent au même rythme mais un organisme central (Metrication Board) était nécessaire pour coordonner le changement, ayant à sa tête une personne de la classe de Lord Ritchie-Calder.

« Le remplacement du Cabinet travailliste par le Cabinet conservateur n'a pas fait changer cette politique et l'on espère que 1975 sera la date où le système métrique aura été définitivement adopté.

« De leur côté, les États-Unis d'Amérique ont, par la loi 90-472 du 9 août 1968, chargé le Ministère du Commerce de faire une étude permettant de voir les avantages et les inconvénients de l'emploi du système métrique dans ce pays. Une somme de 500 000 dollars a été accordée à cette fin au Ministère du Commerce pour la première année du programme. Le résultat de cette étude, absolument positif, a été présenté par le Ministre du Commerce au Congrès américain le 30 juillet 1971.

« Le système métrique a eu, depuis son origine en 1790, de notables défenseurs aux États-Unis. Mon ami, l'Amiral Strauss, lors de son court passage au Ministère du Commerce en 1958, était absolument décidé à soumettre au Congrès ce changement. Ce grain a donné son fruit, comme nous venons de le voir, quelques années plus tard.

« Si l'exemple est suivi — et il faut bien l'espérer à cause de l'énorme influence scientifique et technique des pays anglo-saxons et du Commonwealth — la devise des créateurs du système métrique « A tous les temps, à tous les peuples » sera devenue une réalité. »

MR G. CHAUDRON, président de la Conférence, prononce l'allocution suivante :

« MONSIEUR LE MINISTRE,

« MESDAMES, MESSIEURS,

« En ma qualité de Président de l'Académie des Sciences, c'est pour moi un grand honneur d'être appelé à présider cette Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures. Je suis heureux de saluer, au nom de notre Académie, les éminents savants qui sont assemblés aujourd'hui et qui consacrent leur activité au développement d'un organisme scientifique des plus importants et de caractère international.

« J'ai parcouru avec un grand intérêt les comptes rendus de vos dernières Conférences et j'ai constaté que l'ordre du jour des séances de cette année était particulièrement chargé. Aussi, je me contenterai de vous indiquer très rapidement les questions qui, au point de vue scientifique, me paraissent les plus importantes.

« — Depuis l'antiquité, l'unité de temps était de la compétence des astronomes. Au cours de la Conférence Générale de 1967, on a adopté, pour l'unité de temps, une nouvelle définition à partir d'une fréquence de vibration du césium 133. Ce fait est particulièrement important, puisqu'il remet aux laboratoires de physique et de chimie, et non uniquement aux astronomes, la responsabilité des étalons de temps. En même temps, il devient nécessaire de définir également l'échelle des temps. Ceci pose le problème des relations entre le Bureau International des Poids et Mesures et le Bureau International de l'Heure. L'utilité et la qualité de l'œuvre accomplie par ce dernier sont bien connues de tous, et les accords qui seront passés entre les deux organismes seront certainement très fructueux pour les deux parties.

« — La Conférence actuelle doit reprendre et discuter à nouveau la proposition d'adopter la mole, comme unité de quantité de matière dans le Système International. En tant que chimiste, je suis persuadé que cette discussion aura un intérêt tout particulier.

« — La question des étalons matériels de référence me paraît d'une grande importance. Ceux-ci peuvent être des métaux, des alliages, des céramiques, des composés chimiques, etc. Ils représentent une propriété mesurable, et ils sont destinés à l'étalonnage et au contrôle des instruments qui sont utilisés pour évaluer cette propriété. On connaît bien les réalisations dans ce domaine du National Bureau of Standards de Washington.

« Qu'il me soit permis de rappeler ici les noms d'éminents physiciens et métallurgistes qui ont rendu tant de service à la métrologie.

« Le premier, Charles-Édouard Guillaume, accomplit toute sa carrière au Pavillon de Breteuil; c'est là qu'il fit ses recherches sur les ferronickels. Il a participé à la détermination des Mètres nationaux. C'est une des tâches importantes assignées au Bureau International des Poids et Mesures, et notre regretté confrère A. Pérard a pu dire, à juste raison, que ces travaux fondamentaux marquent l'origine de la métrologie moderne. Dès 1890, on avait étudié au Pavillon de Breteuil un ferronickel contenant 24 % de nickel et on avait observé qu'il était plus dilatable que le fer ou le nickel qui le constituaient. Guillaume montra qu'une addition de nickel plus forte, 30 %, conduisait à un alliage moins dilatable que les métaux composants. Il entreprit une étude systématique de ce problème et il obtint, pour un alliage à 36 % de nickel, une dilatation pratiquement nulle : c'est l'*invar*.

« Pierre Chevenard et Albert Portevin ont par la suite obtenu de très beaux résultats en étendant les recherches de Ch.-Éd. Guillaume.

« Un autre domaine de la métallurgie très fine doit apporter également une contribution importante à la métrologie : c'est la préparation des métaux ultra-purs.

« Aux cours des deux dernières décennies, on est parvenu à des purifications extrêmement poussées, de l'ordre d'un atome étranger pour dix millions d'atomes. Or, il est bien démontré actuellement que ces teneurs extrêmement faibles suffisent pour modifier profondément certaines propriétés du métal. Cela provient du fait que les cristaux qui constituent un échantillon métallique ne sont nullement parfaits : au contraire, ils renferment toujours des défauts de différentes sortes qui modifient dans de grandes proportions leurs propriétés magnétiques, électriques, mécaniques. Il suffit donc d'un très petit nombre d'atomes étrangers pour modifier par exemple la position des lacunes dans le métal et pour conférer à celui-ci de nouvelles propriétés. Les métaux ultra-purs pourront donc présenter pour la métrologie un intérêt capital.

« En conclusion, nous sommes donc assez loin, il me semble, de la Convention du Mètre initiale. La préparation des étalons pour une mesure donnée présente chaque jour pour la science et pour la technique industrielle de nouvelles difficultés, mais également un intérêt toujours plus grand. Les progrès de la métrologie doivent obligatoirement accompagner ceux de la physique et de la chimie.

« Il me reste à souhaiter l'heureux succès de cette 14<sup>e</sup> Conférence Générale dans de nombreux domaines qui présentent tous un intérêt capital pour la science, la technique et les échanges commerciaux. »

\* \* \*

La Conférence aborde ensuite les points de son Ordre du jour sous la présidence de Mr G. CHAUDRON, président de l'Académie des Sciences de l'Institut de France.

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

Après avoir reçu les titres accédant les délégués, le Secrétaire procède à l'établissement de la liste des délégués chargés du vote par État; cette liste s'établit ainsi :

<i>Afrique du Sud</i> .....	MM. DU TOIT
<i>Allemagne</i> .....	STILLE
<i>Amérique (États-Unis d')</i> .....	BRANSCOMB
<i>Arabe Unie (République)</i> .....	EL SAYED
<i>Argentine</i> .....	DE ALLENDE
<i>Australie</i> .....	BLEVIN
<i>Autriche</i> .....	QUAS
<i>Belgique</i> .....	CLAESSEN

<i>Brésil</i> .....	LÓBO DA CUNHA
<i>Bulgarie</i> .....	BOSADJIEV
<i>Cameroun</i> .....	NDougou
<i>Canada</i> .....	PRESTON-THOMAS
<i>Chili</i> .....	GOYCOOLEA <sup>(1)</sup>
<i>Corée (République de)</i> .....	YOON
<i>Danemark</i> .....	CARLSEN
<i>Espagne</i> .....	DE VILLEGAS Y URZAIZ
<i>Finlande</i> .....	LAITINEN
<i>France</i> .....	DEBIESSE
<i>Hongrie</i> .....	HONTI
<i>Inde</i> .....	BANSAL
<i>Indonésie</i> .....	SOEHARDJO PARTOATMODJO
<i>Irlande</i> .....	O'TOOLE
<i>Italie</i> .....	OBERZINER
<i>Japon</i> .....	YAMAMOTO
<i>Mexique</i> .....	SANDOVAL VALLARTA
<i>Norvège</i> .....	KOCH
<i>Pays-Bas</i> .....	VAN MALE
<i>Pologne</i> .....	PODGÓRSKI
<i>Portugal</i> .....	FERNANDES
<i>Roumanie</i> .....	GHITA
<i>Royaume-Uni</i> .....	VOYSEY
<i>Suède</i> .....	RUDBERG
<i>Suisse</i> .....	PERLSTAIN
<i>Tchécoslovaquie</i> .....	KOCIÁN
<i>U. R. S. S.</i> .....	ISSAEV
<i>Venezuela</i> .....	DE COLUBI
<i>Yougoslavie</i> .....	KOVINČIĆ

Sur les quarante et un Pays membres de la Convention du Mètre, trente-sept sont représentés à la Conférence.

Après la lecture de cette liste, la Délégation de la Tchécoslovaquie intervient en ces termes :

« La Délégation de la Tchécoslovaquie, supposant que les pouvoirs de la délégation allemande émanent du Gouvernement de la République Fédérale Allemande, demande que la désignation de cette représentation soit rectifiée en conséquence. »

(1) Mr GOYCOOLEA n'est arrivé qu'à la troisième séance (mardi 5 octobre).

Plusieurs Délégations font ensuite les déclarations suivantes :

Mr KOCIÁN (Tchécoslovaquie) :

« Au nom de la Délégation tchécoslovaque, permettez-moi d'exprimer de nouveau, à l'ouverture de la 14<sup>e</sup> Conférence Générale, mon vif regret que la délégation de la République Démocratique Allemande ne soit pas présente à cette Conférence. Plusieurs délégations ont déjà attiré votre attention à la Conférence Générale précédente sur le fait anormal que, en contradiction avec la Convention du Mètre de 1875, modifiée en 1921, soit contesté le droit de participation d'un État souverain aux travaux de l'organe le plus important de notre Organisation, c'est-à-dire la Conférence Générale.

« Nous savons que la délégation de la R. D. A. n'a pas obtenu les visas d'entrée en France par l'État dépositaire de la Convention, et cela compte tenu du fait que la R. D. A. a profité de son droit découlant de la Convention et avait présenté son adhésion dès 1956. La R. D. A. considère son adhésion comme valable et fait des efforts pour participer comme membre égal en droits à l'activité de notre Organisation.

« Selon la Convention du Mètre, aucune discrimination n'est faite parmi les États qui remplissent normalement leurs obligations, et la Convention n'admet aucune différence entre les États membres selon des critères politiques ou géographiques. Malgré cela, nous sommes depuis des années les témoins que c'est uniquement un État allemand — la République Fédérale Allemande — qui profite de tous les droits.

« Ce n'est pas la tâche de la Conférence Générale de déclarer la position souveraine de la R. D. A. L'existence de la R. D. A. est un fait historique. Actuellement, la R. D. A. entretient des relations diplomatiques au niveau des Ambassades avec trente États et au niveau des consulats généraux avec trente-deux États; elle est membre d'environ 500 organisations internationales.

« L'existence de la R. D. A. en tant qu'État souverain est même reconnue par l'Organisation des Nations Unies dans le Document ST/CS/SER F 263 du 17 juin 1970.

« La Délégation tchécoslovaque demande en conséquence au Gouvernement de l'État dépositaire de la Convention du Mètre de rendre possible la participation de la Délégation de la R. D. A., en tant qu'État indépendant, aux travaux de cette 14<sup>e</sup> Conférence Générale.

« La délégation de la R. D. A., dont la composition a déjà été communiquée par lettre au directeur du Bureau International des Poids et Mesures est, selon nos renseignements, prête à partir tout de suite pour Paris afin de prendre part à nos travaux.

« En même temps, nous demandons de dénommer la délégation de la République Fédérale Allemande conformément à la dénomination officielle de son pays. »

Mr LÜCKING :

« Permettez-moi, au nom de la Délégation allemande, de répondre à l'intervention de l'éminent délégué de la Tchécoslovaquie. Nous autres Allemands sommes les premiers à regretter cet état de choses qui est bien insatisfaisant. Je veux dire que nous avons toujours regretté qu'il n'ait pas été possible de trouver une solution satisfaisante en ce qui concerne la participation allemande à la Conférence Générale. Vous me permettrez de renoncer à en présenter l'histoire certainement bien connu.

« Nous considérons qu'il faut faire une différence entre ce qui relève du domaine technique et scientifique d'une part, et du domaine politique à proprement parler d'autre part.

« Nous estimons, avec le plus haut respect pour les éminents membres de cette Conférence, que ce n'est pas ici l'endroit pour traiter des questions politiques extrêmement difficiles et délicates. Vous n'ignorez certainement pas que des négociations politiques très importantes sont en cours et que l'espoir semble justifié que ces pourparlers aboutiront tôt ou tard à un résultat positif.

« Comme le Gouvernement fédéral l'a déclaré à plusieurs reprises, nous sommes prêts à discuter aussi avec les responsables de Berlin-Est — dans le cadre général des efforts pour trouver un *modus vivendi* entre les deux parties de l'Allemagne — de la question de la représentation des deux parties de l'Allemagne dans le domaine international.

« Aussi, le Gouvernement fédéral est-il très reconnaissant pour tout ce qui ne porte pas préjudice à ses négociations d'une façon ou d'une autre; c'est-à-dire que nous sommes d'avis de laisser les choses comme elles sont pour le moment dans l'attente du résultat des négociations en cours, d'une part entre les quatre puissances qui ont une responsabilité particulière pour Berlin et l'Allemagne dans son ensemble, et d'autre part du résultat des pourparlers entre les deux parties de l'Allemagne. »

#### Mr PODGÓRSKI (Pologne) :

« La Délégation de la Pologne déclare son plein appui à l'intervention de la Tchécoslovaquie. Au nom de notre pays, nous exprimons le regret de ne pas voir parmi les délégations réunies ici une représentation de la République Démocratique Allemande, pays adhérent à la Convention du Mètre.

« Il existe depuis des années une collaboration étroite entre nos deux pays dans le domaine de la métrologie et nous l'apprécions beaucoup. Les travaux métrologiques de la R. D. A. et l'expérience de ses métrologistes sont reconnus dans le monde entier.

« Nous sommes profondément persuadés que la participation de la R. D. A. aux activités de tous les organes de la Convention du Mètre apporterait une contribution d'une grande importance pour le progrès mondial de la métrologie, et nous savons bien que la R. D. A. est prête à reprendre ces tâches.

« La Délégation polonaise espère que des démarches efficaces seront faites par les organes de la Convention du Mètre afin de permettre à la R. D. A. de prendre sa propre place parmi les pays de la Convention du Mètre. »

#### Mr HONTI (Hongrie) :

« La Délégation de la Hongrie appuie les interventions de la Tchécoslovaquie et de la Pologne, et regrette que des obstacles de caractère politique empêchent les représentants de la République Démocratique Allemande de participer aux travaux scientifiques de la 14<sup>e</sup> Conférence Générale.

« Cette situation regrettable ne devrait pas se prolonger étant donné l'évolution des négociations concernant les deux États allemands, et nous avons la conviction que, dans un proche avenir, tous les droits de la R. D. A. comme membre de notre Organisation seront reconnus. »

#### Mr ISSAËV (U. R. S. S.) :

« La Délégation soviétique partage complètement les interventions des délégués de la Tchécoslovaquie, de la Pologne et de la Hongrie sur la question de la République Démocratique Allemande.

« La Délégation soviétique croit nécessaire de déclarer, comme elle l'a fait aux Conférences Générales précédentes, que la R. D. A., dont la délégation est absente à cette 14<sup>e</sup> Conférence, doit être légalement considérée comme un membre de plein droit de l'Organisation de la Convention du Mètre et être représentée à la Conférence Générale de cette Organisation.

« On a déjà noté qu'en 1956 la R. D. A. a déclaré, en accord avec l'article 3 de la Convention du Mètre, son adhésion à cette Convention. Compte tenu de ce fait, la R. D. A. doit profiter de tous les droits reconnus aux membres de l'Organisation et également participer à ses activités.

« Il est bien clair que la R. D. A., qui possède un Service de Poids et Mesures bien organisé, peut apporter une contribution importante aux activités de notre Organisation. Malgré tout cela, la R. D. A. ne peut pas jusqu'à présent prendre part aux travaux de l'Organisation et de ses organes directeurs. Nous considérons que ce n'est pas une situation normale et nous espérons que dans un avenir assez proche la R. D. A. sera représentée dans notre Organisation avec tous les droits nécessaires.

« Les derniers événements politiques, tels que la signature du traité entre l'Union Soviétique et la République Fédérale Allemande à Moscou le 12 août 1970, les pourparlers sur Berlin-Ouest, le Communiqué de la rencontre entre les dirigeants de l'U. R. S. S. et de la R. F. A., contribuent beaucoup en faveur du redressement de la situation.

« En même temps, nous voulons émettre le vœu que dans tous les documents de notre Conférence la désignation de toutes les délégations soit mise en accord avec les pouvoirs qui leur ont été délivrés par leurs Gouvernements. »

**Mr GHITA (Roumanie) :**

« La Délégation de la Roumanie exprime son accord à la déclaration de la Délégation tchécoslovaque et soutient aussi qu'il est normal que la délégation de la République Démocratique Allemande participe aux travaux de la 14<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures. »

**Mr BOSADJIEV (Bulgarie) :**

« La Délégation de la République Populaire de Bulgarie exprime son vif regret que le problème de l'adhésion de la République Démocratique Allemande à la Convention du Mètre ne soit pas encore résolu. Nous avons l'honneur de demander au Président de la Conférence de bien vouloir transmettre au Ministère des Affaires Étrangères de France la prière de notre Délégation : que le Ministère des Affaires Étrangères ait la bienveillance de faire le nécessaire pour faciliter la solution favorable de ce problème. »

**Mr KOVINČIČ (Yougoslavie) :**

« La Délégation de la Yougoslavie s'associe aux déclarations de la Tchécoslovaquie et des autres délégations concernant la participation de la République Démocratique Allemande à la 14<sup>e</sup> Conférence Générale. »

**Mr BRANSCOMB (États-Unis) :**

« Plusieurs délégations ont fait état de négociations diplomatiques en cours. La Délégation des États-Unis estime que ce n'est pas ici le lieu pour discuter de telles questions politiques; nous ne devons pas prendre de décisions qui iraient à l'encontre des pourparlers en cours et nos travaux scientifiques et techniques ne doivent pas être retardés par de telles interventions. »

Mr GIRARD (France) :

« En qualité de représentant de la Puissance dépositaire de la Convention du Mètre, je déclare que les Autorités françaises se considèrent, en cette qualité, comme mandataires des États parties à la Convention. C'est pourquoi lorsque les visas dont il a été question ont été demandés, les Autorités françaises ont estimé devoir s'inspirer des positions adoptées lors des précédentes Conférences Générales. Ayant eu confirmation de ce qu'aucun élément nouveau ne paraissait être intervenu à ce sujet depuis la précédente Conférence, elles ont estimé qu'il ne leur appartenait pas de prendre de leur propre chef une initiative qui préjugerait l'attitude de la Conférence au sujet de la question en discussion.

« J'ajoute, cette fois en qualité de représentant d'un État membre, que ma Délégation partage les points de vue exprimés par les Délégations allemande et américaine. La position française vient d'être clairement définie par Mr Maurice Schumann à l'Assemblée Générale des Nations Unies. Si le Gouvernement français souhaite un prochain règlement de la question en discussion, il estime qu'il ne saurait en être discuté dans d'autres instances que celles dans lesquelles elle est actuellement traitée. »

##### 5. Approbation de l'Ordre du jour

Le programme provisoire proposé dans la Convocation (p. 14) est adopté comme Ordre du jour définitif, avec seulement quelques changements dans l'ordre de succession des différents points qui devient le suivant : Points 1 à 6; 9, 10, 11; 12; 7, 8; 13 à 17.

6. Le PRÉSIDENT invite ensuite Mr OTERO, président du Comité International des Poids et Mesures, à présenter son rapport.

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

(octobre 1967 — octobre 1971)

*Adhésion à la Convention du Mètre.* — Avant de présenter à la Conférence un résumé de l'activité du Comité International et du Bureau International des Poids et Mesures depuis la précédente Conférence Générale, je dois signaler l'adhésion d'un nouvel État, la République Fédérale du Cameroun, à la Convention du Mètre. Cette adhésion, notifiée le 7 octobre 1970, porte à 41 le nombre des Pays adhérant à la Convention du Mètre. Le Cameroun, dont nous sommes heureux d'accueillir ici le représentant, est ainsi le troisième pays d'Afrique membre de notre Organisation.

*Comité International.* — Plusieurs changements sont intervenus au sein du Comité International depuis 1967. Nous avons eu malheureusement à déplorer la disparition de H. NIEWODNICZANSKI et de Y. VÄISÄLÄ, savants connus dans le monde entier, décédés respectivement le 20 décembre 1968 et le 21 juillet 1971. Les travaux de H. Niewodniczanski, membre de l'Académie des Sciences de Pologne et professeur à l'Université de Cracovie, ont porté principalement sur les spectres atomiques et la physique nucléaire; il avait été élu membre du Comité en 1966. Y. Väisälä, astronome finlandais, a contribué par ses travaux à améliorer la qualité optique des objectifs de lunettes et des télescopes; sa méthode interférentielle pour la mesure des bases géodésiques est par ailleurs célèbre. Il était membre du Comité depuis 1954.



Cinq membres ont volontairement démissionné : MM. L. E. HOWLETT, mon prédécesseur, ancien directeur de la Division de Physique Appliquée du Conseil National de Recherches du Canada; A. V. ASTIN, ancien directeur du National Bureau of Standards de Washington; M. KERSTEN, ancien président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt; I. I. NOVIKOV, vice-président du Comité des Normes, Mesures et Instruments de Mesure de l'U. R. S. S. ; J. NUSSBERGER, professeur à l'École des Hautes Études Techniques de Prague.

Suivant les règles, sept nouveaux membres ont été élus par cooptation : MM. P. HONTI, vice-président de l'Office National des Mesures de Hongrie; H. PRESTON-THOMAS, sous-directeur de la Division de Physique du Conseil National de Recherches du Canada; L. M. BRANSCOMB, directeur du National Bureau of Standards de Washington; B. M. ISSAEV, vice-président du Comité d'État des Normes du Conseil des Ministres de l'U. R. S. S.; E. DJAKOV, directeur de l'Institut d'Électronique de Sofia; U. STILLE, président de la Physikalisch-Technische Bundesanstalt; A. PERLSTAIN, directeur du Bureau Fédéral des Poids et Mesures de Suisse. Ces nominations devront être ratifiées par la présente Conférence Générale.

Le Comité International a par ailleurs nommé cinq nouveaux membres honoraires : MM. ASTIN, HOWLETT, KERSTEN et VIEWEG, en raison de leurs mérites comme présidents ou comme directeurs de grands centres métrologiques dans leurs pays, ainsi que Mr G. D. BOURDOUX, ancien membre de nationalité soviétique du Comité International, pour les importants services qu'il a rendus, en particulier comme président du Comité Consultatif d'Électricité pendant huit années.

#### TRAVAUX

1. Des travaux d'aménagement importants ont été effectués aux laboratoires dans les salles 4, 5, 7 et 8; dans les salles 4 (qui abritait jusqu'ici le comparateur pour étalons à traits de 1 m) et 5 (balances) on a dégagé les sous-sols pour disposer de deux salles supplémentaires.

Dans ces salles seront installés les balances, l'enceinte thermorégulée pour la conservation des étalons de force électromotrice de référence du Bureau, les appareils pour les études sur l'effet Josephson et sur les lasers, ainsi que l'appareillage pour l'évaporation sous vide.

2. *Mesures de longueur.* — On a confirmé, en accord avec la nouvelle définition du mètre, que tous les grands laboratoires ont obtenu des précisions de  $10^{-8}$  dans la mesure interférentielle des étalons à traits. Cependant, une dissymétrie du profil spectral de la radiation étalon a été confirmée dans différents laboratoires tels que le National Physical Laboratory du Royaume-Uni, le Conseil National de Recherches du Canada, le National Standards Laboratory d'Australie et le B. I. P. M. Les discussions qui ont eu lieu au sein du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre n'ont pas permis de trouver une explication satisfaisante sur l'origine de cette dissymétrie.

La précision des mesures de longueur reste donc limitée actuellement à quelques  $10^{-9}$ . Ces désaccords n'atteignent pas la précision de  $10^{-8}$  mentionnée ci-dessus, mais ils commencent à devenir sensibles si l'on veut gagner un ordre de grandeur.

Dans le comparateur interférentiel à microscopes photoélectriques on a installé un dispositif de comptage de franges d'interférence utilisant la radiation 632,8 nm d'un laser He-Ne stabilisé. Ce dispositif est utilisable pour la mesure des étalons à traits et des étalons à bords plans. Il donne toute satisfaction et les résultats peuvent être immédiatement rattachés à la longueur d'onde de la radiation étalon du krypton 86.

On a poursuivi l'amélioration des installations supplémentaires de ce comparateur, notamment par l'enregistrement automatique des données. Le résultat s'est traduit par une sensible économie de temps pour les mesures et par la réduction des erreurs accidentelles.

On a effectué en 1970-1971 la mesure de l'ancien étalon primaire de l'unité de longueur (Mètre International, 1889) et de quatre Mètres prototypes du Bureau avec

la radiation du krypton 86. On a trouvé avec le Mètre International qu'il existe entre l'ancienne (1889) et la nouvelle (1960) unité de longueur une différence de  $+ 0,25 \mu\text{m}$ , valeur confirmée par le résultat moyen ( $+ 0,24 \mu\text{m}$ ) obtenu avec les quatre Mètres du Bureau (N<sup>os</sup> 19, 26, 13 et T3). On a accessoirement étudié, au cours des mesures sur le Mètre International, l'influence de la longueur du spot du microscope photoélectrique sur la position apparente d'un trait.

3. *Interférométrie.* — Des radiations infrarouges ont été étudiées en vue de leur emploi comme étalons secondaires de longueur d'onde. Plusieurs de ces radiations ont des qualités équivalentes à la radiation étalon; elles présentent de plus l'avantage de donner une visibilité sensiblement supérieure aux grandes différences de marche.

La mesure de la longueur d'onde d'un laser He-Ne asservi sur une raie d'absorption saturée du méthane a donné la valeur  $3,392\,231\,376 \mu\text{m}$ , avec un écart-type de 4 fm sur la moyenne de 16 séries de mesures et une incertitude maximale de 15 fm, soit  $5 \times 10^{-9}$  en valeur relative.

Les causes d'erreurs systématiques ont été étudiées car on estime que l'emploi des lasers He-Ne asservis sur une raie d'absorption du méthane ou de l'iode, travaux poursuivis non seulement par le B. I. P. M. mais aussi par d'autres laboratoires nationaux, est la voie la plus sûre pour faire des progrès sur la précision des mesures de longueur. Toutefois cela ne permet pas encore, suivant ce qui a été décidé à la dernière session du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre, de prévoir la date où un changement d'étalon pourrait être proposé.

4. *Masses; masse volumique de l'eau.* — La balance NBS-2 à un seul plateau, aimablement mise à la disposition du Bureau International par le National Bureau of Standards de Washington, a fait l'objet d'essais préliminaires.

Les premières pesées effectuées avec cette balance dans son installation provisoire ont conduit à une incertitude maximale de  $\pm 7 \mu\text{g}$  pour 1 kg. On espère que cette précision sera sensiblement améliorée quand la balance occupera sa place définitive. Elle sera alors meilleure que la meilleure des balances actuelles du Bureau.

On doit signaler aussi les études poursuivies sur la masse volumique d'eaux diverses et l'influence des différences de composition isotopique, tant sur des eaux naturelles que sur des eaux enrichies artificiellement en oxygène 18.

5. *Gravimétrie.* — Les mesures pour la détermination absolue de l'accélération due à la pesanteur ( $g$ ) au Pavillon de Breteuil ont été commencées vers 1950 par Mr Ch. Volet, ancien directeur du Bureau International, en utilisant la méthode de la chute libre d'une règle divisée dans le vide qu'il avait proposée en 1946. Ces mesures absolues, après avoir été poursuivies par Å. Thulin, ont été reprises en 1960 par A. Sakuma suivant une nouvelle méthode, dite « des deux stations », proposée également par Mr Volet dès 1947 et adaptée par la suite à des mesures interférentielles par Mr Terrien. Les résultats remarquables obtenus par A. Sakuma sont déjà connus internationalement et de nouvelles améliorations continuent à être apportées à l'installation de mesure.

La neutralisation des microséismes a été sensiblement améliorée à tel point qu'il est possible de travailler pendant la journée en n'importe quelle saison. L'écart-type d'une mesure est réduit à  $2 \times 10^{-8}$ .

Les variations de  $g$  observées précédemment — qui avaient atteint  $2 \times 10^{-8}$  après avoir fait la correction théorique des marées gravimétriques — sont significatives; elles pourraient être dues à un phénomène physique encore inconnu.

Les récents résultats des travaux de gravimétrie poursuivis au Bureau International ont été exposés par MM. Terrien et Sakuma à la 15<sup>e</sup> Assemblée Générale de l'Union Géodésique et Géophysique Internationale tenue à Moscou en août 1971. Mr Sakuma est le principal artisan de ces études qui ont pratiquement conduit à l'abandon du « Système de Potsdam » et à son remplacement par des mesures absolues de  $g$  dans quelques stations parmi lesquelles le Pavillon de Breteuil à Sèvres. En effet, deux importantes décisions ont été adoptées à l'unanimité à la suite d'une note présentée par Mr Sakuma :

Selon ces décisions :

1° le « Système de Potsdam » a été pratiquement abrogé et il a été remplacé par « The International Gravity Standardization Net 1971 (I. G. S. N. 71) » que l'on peut considérer comme un « système absolu ». (Le C. I. P. M. devrait adopter une décision analogue dans l'avenir.)

2° « Sèvres Point A » est actuellement le point de référence le plus exact de ce réseau gravimétrique (Document I. G. S. N.-71, III-46).

3° Des points de référence gravimétriques tels que « Sèvres Point A » sont utiles et nécessaires pour l'étalonnage de gravimètres transportables (absolus et relatifs) et aussi pour la surveillance de l'évolution à long terme du réseau gravimétrique mondial.

4° La création du premier observatoire permanent de  $g$  au B. I. P. M. a suscité un grand intérêt chez les géophysiciens, car les observations qui y sont faites fournissent de nouvelles possibilités aux études géophysiques : variation séculaire de  $g$ , marées gravimétriques, mouvements tectoniques, rigidité de la croûte terrestre, prédétection de tremblements de terre, etc. Le B. I. P. M. devrait servir de conseiller technique pour la création d'observatoires du même genre dans l'avenir.

D'autre part, la Section de gravimétrie de l'Association Internationale de Géodésie (Moscou, août 1971) après avoir constaté les possibilités qu'offre l'appareil du B. I. P. M. pour la mesure absolue de  $g$  et la détection de ses faibles variations dues à des causes diverses, et le fait que la station « Sèvres Point A » est déjà employée comme point de départ pour les réseaux gravimétriques, a recommandé de maintenir et si possible d'améliorer cet appareil, de poursuivre les mesures absolues de  $g$  et de permettre des comparaisons de gravimètres absolus et relatifs à « Sèvres Point A » pour confronter les résultats avec ceux de l'appareil du B. I. P. M.

6. *Thermométrie.* — La comparaison par pyrométrie monochromatique du point de congélation de l'or (et accessoirement de l'argent) avec le point 630 °C commence à avoir des conséquences intéressantes. Il apparaît d'après les résultats des premières mesures que la température absolue attribuée au point de congélation de l'or pourrait être légèrement trop élevée, tandis que celle de l'argent serait correcte. L'étude des causes d'erreurs systématiques continue. La présence de bandes parasites très faibles dans la transmission des filtres monochromatiques s'est en effet manifestée comme extrêmement dangereuse.

Pour le moment et faute de moyens financiers, le B. I. P. M. ne s'occupe que du point triple de l'eau et des points de congélation de l'argent et de l'or.

Le Comité Consultatif de Thermométrie s'est réuni les 6 et 7 juillet 1971, quelques jours après le 5<sup>e</sup> Symposium sur la Mesure des Températures tenu à Washington. On disposait ainsi de l'abondante documentation présentée à ce Symposium mais il existe une grande difficulté pour s'en servir : la nécessité d'employer des techniques tout à fait différentes dans les différentes régions de l'échelle des températures, depuis les plus basses jusqu'aux plus élevées.

Les travaux internationaux de ces dernières années ont porté sur la définition de l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968 qui est en vigueur à présent.

Les activités présentes et celles de l'avenir visent à la préparation d'une échelle qui remplace l'Échelle de 1968 dans un délai qui, très probablement, ne sera pas inférieur à 10 ans. Ces activités sont suivies par quatre groupes formés chacun de trois ou quatre membres appartenant au Comité Consultatif de Thermométrie. Ces groupes examineront les travaux en cours, en évalueront les résultats et feront une sélection des plus importants sujets d'étude.

On espère ainsi atteindre une plus grande précision et obtenir un accord plus étroit avec la température thermodynamique en même temps qu'une extension vers les zones qui échappent à l'Échelle actuelle, tant vers les températures très basses que vers les températures élevées, comme celle de 4 000 K (plasmas).

Le Comité Consultatif de Thermométrie a donc recommandé quatre sujets de recherche qui s'imposent actuellement :

- 1° Révision de la forme de l'E. I. P. T.
- 2° Révision des points fixes secondaires et recherche de techniques simplifiées.
- 3° Détermination des températures thermodynamiques inférieures à 100 K.
- 4° Détermination des températures thermodynamiques supérieures à 100 K.

7. *Électricité.* — Les 12<sup>e</sup> comparaisons des étalons nationaux de résistance et de force électromotrice ont été effectuées en 1969-1970. Ces comparaisons ont rassemblé, en dehors des étalons du B. I. P. M., trente étalons de résistance de 1  $\Omega$  et soixante-dix piles au sulfate de cadmium du type saturé provenant des dix laboratoires nationaux suivants : D. A. M. W. (Berlin), P. T. B. (Braunschweig), N. B. S. (Washington), N. S. L. (Chippendale, Australie), N. R. C. (Ottawa), L. C. I. E. (Fontenay-aux-Roses, France), I. E. N. (Turin), E. T. L. (Tokyo), N. P. L. (Teddington, Grande-Bretagne) et I. M. M. (Leningrad).

On doit noter que la plupart des laboratoires avaient envoyé des piles nues transportées dans des emballages non climatisés, mais que deux d'entre eux ont envoyé des piles conservées en permanence à 30 °C dans des enceintes thermorégulées. On a ainsi pu confirmer que l'emploi de telles enceintes devrait permettre d'améliorer la précision de la comparaison des étalons nationaux de force électromotrice.

Les résultats de ces comparaisons, les premières qui ont été faites après le réajustement des « unités » nationales et du B. I. P. M. le 1<sup>er</sup> janvier 1969, ont montré que les « unités » des différents laboratoires concordent maintenant dans l'ensemble à mieux que le millionième.

L'installation pour l'emploi de l'effet Josephson pour la conservation du volt est en cours. Une salle et une enceinte thermorégulées pour la conservation des étalons de force électromotrice du B. I. P. M. ont été construites; on espère ainsi avoir une température constante à quelques dix-millièmes de kelvin.

Le Bureau International s'occupe aussi du secrétariat des diverses comparaisons internationales circulaires (étalons de capacité, instruments dans le domaine des radiofréquences) décidées par le Comité Consultatif d'Électricité.

Le Comité International a par ailleurs approuvé une proposition de son Comité Consultatif d'Électricité recommandant d'utiliser pour l'usage métrologique, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1969, la valeur  $2,675\ 12 \times 10^8 \text{ rad s}^{-1} \text{ T}^{-1}$  pour le coefficient gyromagnétique du proton dans l'eau, sans correction diamagnétique.

8. *Photométrie.* — Le Comité Consultatif de Photométrie qui s'est réuni en septembre 1971 a examiné les résultats de la 5<sup>e</sup> comparaison internationale des étalons secondaires d'intensité et de flux lumineux, effectuée au Bureau International de juillet 1968 à mai 1969, et à laquelle ont participé huit laboratoires nationaux. Ces résultats ont confirmé les différences atteignant jusqu'à  $\pm 1\%$  observées précédemment. Dans ce domaine, on se trouve dans une situation paradoxale : les mesures rapportées à l'étalon primaire photométrique (corps noir à la température de congélation du platine) sont en effet beaucoup moins satisfaisantes que les mesures avec des lampes voyageuses, dont la technique progresse constamment, et qui concordent entre elles à quelques millièmes.

Plusieurs laboratoires cherchent à améliorer la réalisation de l'étalon primaire. Quelques autres ont nettement amélioré les techniques radiométriques, parce qu'ils estiment qu'il sera préférable à l'avenir de donner aux unités photométriques une définition nouvelle, fondée sur la mesure énergétique des rayonnements optiques. La majorité estime cet espoir prématuré, mais il est unanimement reconnu que la radiométrie et la spectroradiométrie ont une importance au moins aussi grande que la photométrie, et qu'on a besoin d'une relation beaucoup plus exacte qu'à présent entre l'expression en lumens et l'expression en watts du flux des rayonnements optiques monochromatiques à toute longueur d'onde.

Parmi les Groupes de travail spécialisés du Comité Consultatif de Photométrie, celui qui s'occupe de la radiométrie absolue a un rôle particulièrement important afin que l'on sorte de cette situation où les mesures photométriques sont restées plutôt en retard en ce qui concerne l'homogénéité des résultats et la précision des mesures.

#### 9. Rayonnements ionisants :

*Rayons X et  $\gamma$ .* --- Les mesures de haute précision dans le domaine des rayons X ont été poursuivies. En ce qui concerne les rayons  $\gamma$ , le système de mesure est maintenant complètement achevé avec la source de  $^{60}\text{Co}$  et on a pu effectuer les premières comparaisons entre l'étalon d'exposition du B. I. P. M. et ceux du N. B. S. et de la P. T. B.

*Radionucléides.* --- Un important effort a été consacré à l'analyse des résultats des onze grandes comparaisons internationales organisées depuis 1961. Ces résultats sont satisfaisants par eux-mêmes. En outre, ces comparaisons ont permis d'établir ou de resserrer des liens fructueux entre les spécialistes.

On doit signaler la contribution particulière apportée par le Bureau International à l'étude des phénomènes statistiques dans les dispositifs de comptage.

*Spectrométrie alpha.* --- Après la mise en fonctionnement en 1969 du spectromètre magnétique pour la mesure absolue de l'énergie des particules  $\alpha$ , on a entrepris une étude soignée des éléments ayant une influence directe sur la précision des mesures. La mesure et la stabilisation du champ magnétique ont été réalisées au moyen de la résonance magnétique du proton dont la fréquence peut être comparée à celle d'un oscillateur de précision. Le signal d'erreur est employé dans un servomécanisme de stabilisation dont quelques-uns des aspects originaux ont fait l'objet d'une publication du Bureau International.

On a également étudié le problème de la préparation de sources convenant pour les mesures au spectromètre. Les meilleures mesures d'une énergie alpha sont entachées d'une erreur de l'ordre de 100 eV.

*Mesures neutroniques.* --- Le contrôle des taux d'émission de sources de Ra-Be a été poursuivi. On fait aussi des progrès dans les mesures de fluence à l'aide de cibles de titane deutéré.

Les Sections I (Mesure des rayons X et  $\gamma$ ) et II (Mesure des radionucléides) du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants se sont réunies respectivement en avril 1970 et en octobre 1970 afin de préciser leur programme de travail futur.

#### 10. Publications. --- Depuis octobre 1967 le Bureau International a publié :

- *Comptes rendus des séances de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale* (1967-1968);
  - *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures* : tomes 35 (56<sup>e</sup> session, 1967), 36 (57<sup>e</sup> session, 1968), 37 (58<sup>e</sup> session, 1969) et 38 (59<sup>e</sup> session, 1970);
  - *Comité Consultatif d'Électricité*, 12<sup>e</sup> session (1968), avec 13 annexes;
  - *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde*, 4<sup>e</sup> session (1967), avec 4 annexes; 5<sup>e</sup> session (1970), avec 10 annexes;
  - *Comité Consultatif des Unités*, 1<sup>re</sup> session (1967), avec 2 annexes; 2<sup>e</sup> session (1969), avec 3 annexes;
  - *Comité Consultatif de Thermométrie*, 8<sup>e</sup> session (1967), avec 18 annexes;
  - *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants* : Section I (Mesure des rayons X et  $\gamma$ ), 1<sup>re</sup> réunion (1970), avec 6 annexes;
  - *Échelle Internationale Pratique de Température de 1968* [avec les Tables de références déduites de la fonction  $W_{\text{CCT-68}}(T_{68})$ ];
  - *Le Système International d'Unités (SI)*;
  - *Recueil de Travaux du B. I. P. M.* : Vol. 1 (1966-1967) et Vol. 2 (1968-1970).
- Cette nouvelle collection -- qui remplace l'ancienne série des *Travaux et Mémoires* dont

la publication a été arrêtée en 1966 rassemble les tirés à part d'articles publiés par le personnel du Bureau dans diverses revues, ainsi que des rapports multicopiés à diffusion limitée.

A ces publications s'ajoutent une quarantaine de rapports internes qui constituent essentiellement des documents de travail.

★

Je n'ai pas exposé en détail les nombreux étalonnages effectués par le Bureau International pendant cette période; ces travaux dépassent en nombre, en variété et en précision tous ceux qui ont été réalisés jusqu'à présent et constituent une part importante de l'activité des diverses sections du Bureau.

J'ai parlé au long de cet exposé des tâches des Comités Consultatifs qui se sont réunis depuis 1967. De son côté, le Comité Consultatif des Unités a tenu ses 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> sessions en juin 1969 et août 1971. A sa session de 1969 il a notamment confirmé sa recommandation en faveur de l'adoption de la mole, unité de quantité de matière, comme unité de base du SI avec la définition proposée.

Le Comité Consultatif des Unités a par ailleurs constaté l'influence bénéfique de la brochure *Le Système International d'Unités (SI)* publiée par le Bureau International et examiné les quelques améliorations de détail qui pourraient déjà y être apportées.

★

Si l'on fait un résumé des récentes activités du Bureau International, on peut dire qu'en ce qui concerne les mesures de longueur, les mesures interférentielles, la mesure de  $g$  et plusieurs domaines dans la mesure des rayonnements ionisants, l'équipe est assez complète; des améliorations sont introduites peu à peu, ce qui permet d'affirmer que les travaux de recherche priment et précèdent les travaux métrologiques.

Dans le domaine des mesures électriques, les comparaisons internationales des étalons de force électromotrice et de résistance constituent l'apport essentiel du Bureau International. L'étude de l'effet Josephson, recommandée par le Comité International, conduira à des recherches importantes pour la définition du volt.

Un autre sujet d'intérêt dans ce même domaine serait l'étude au Bureau International du coefficient gyromagnétique du proton dans l'eau. On pourrait ainsi compléter les travaux tendant à une meilleure conservation des unités, et les dépenses qu'ils entraîneraient seraient plutôt modestes.

Si l'on regarde en arrière, les progrès effectués par le Bureau International depuis mon élection comme membre du Comité International en 1954 peuvent être qualifiés d'extraordinaires malgré la modicité des moyens financiers dont il dispose.

En dehors des activités localisées au Pavillon de Breteuil à Sèvres, il est nécessaire de souligner combien le développement des contacts entre les laboratoires, et plus particulièrement entre les spécialistes eux-mêmes, a contribué à faire de la famille métrologique une famille vraiment unie.

Le PRÉSIDENT remercie Mr Otero pour son exposé et indique, à la suite d'une demande de Mr ISSAEV (U. R. S. S.), que les observations sur ce rapport pourront être faites au début de la deuxième séance.

La séance est levée à 12 h.

---

## DEUXIÈME SÉANCE

DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE A L'OFFICE INTERNATIONAL DES ÉPIZOOTIES

12, rue de Prony, Paris

LE LUNDI 4 OCTOBRE 1971, A 15 h

En l'absence du président G. Chaudron retenu par ses obligations à l'Académie des Sciences, Mr Otero assume la présidence de cette séance, ainsi que celle des séances suivantes.

### **6. Discussion du « Rapport du Président du Comité International sur les travaux accomplis depuis la Treizième Conférence Générale »**

Mr ISSAËV (U. R. S. S.) présente quelques observations sur l'exposé fait par Mr Otero à la fin de la première séance.

Pendant la période considérée, il est hors de doute que le Comité International, les Comités Consultatifs et le Bureau International ont fait un grand nombre de travaux utiles qui ont conduit à harmoniser les travaux nationaux.

Il subsiste toutefois des lacunes à combler : conformément à la Convention du Mètre, les travaux du Bureau International devraient être orientés vers la conservation des étalons internationaux, ainsi que la comparaison des étalons nationaux. Il apparaît donc nécessaire que les programmes de comparaison des étalons nationaux soient étudiés et préparés avec soin, suivant des plans scientifiquement fondés et une périodicité à établir. Il serait aussi nécessaire de fixer les priorités à donner à certains travaux en tenant compte de la charge du personnel et des frais d'équipement à engager. De tels plans n'existent malheureusement pas et les programmes semblent établis quelque peu au hasard.

Mr ISSAËV remarque aussi que le Bureau International a effectué des travaux qui sont d'un niveau scientifique très élevé, mais qui ne sont pas entièrement conformes aux tâches prioritaires du Bureau International fixées par la Convention du Mètre; par exemple, les travaux sur la spec-

trométrie  $z$  et la mesure absolue de  $g$  ne semblent pas devoir être effectués au sein de notre Organisation.

L'installation du spectromètre  $z$  permet de faire des mesures avec un pouvoir de résolution élevé et d'obtenir des résultats intéressants pour la physique nucléaire; toutefois, compte tenu des conditions pratiques liées à l'étalonnage des sources de rayonnement, on peut se demander si la précision élevée qui est obtenue est bien utile.

En ce qui concerne la mesure absolue de  $g$ , la précision atteinte au Bureau International ne peut pas être utilisée pour les mesures de force et d'intensité de courant électrique (détermination absolue de l'ampère) par exemple; déterminer  $g$  avec une précision de  $10^{-9}$  n'a donc aucune conséquence pratique pour ces mesures. Certes, les travaux sur  $g$  ont une grande importance en géophysique, mais ce ne sont pas là des problèmes qui concernent le Bureau International.

Tout en reconnaissant la valeur de ces travaux effectués au Bureau International par un personnel hautement qualifié, Mr ISSAËV estime que les ressources budgétaires de notre Organisation doivent nécessairement limiter nos ambitions. Il conclut en déclarant que le Comité International et les Comités Consultatifs devraient s'attacher à coordonner les travaux des laboratoires nationaux d'une façon plus systématique.

Mr OTERO fait remarquer que les Comités Consultatifs, qui réunissent des représentants des grands laboratoires nationaux, accomplissent bien leur mission d'orienter les travaux du Bureau International. C'est le cas pour les études de spectrométrie  $z$  qui furent entreprises à l'initiative du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants. Pour  $g$ , il est nécessaire de connaître la valeur exacte de cette constante physique qui intervient dans de nombreux travaux métrologiques dont s'occupe le Bureau International; l'Association Internationale de Géodésie a d'autre part reconnu, lors de son Assemblée Générale à Moscou en août 1971, l'intérêt et la valeur métrologique des travaux effectués au Bureau International dans ce domaine. De tels travaux sont d'ailleurs nécessaires pour maintenir au Bureau International un personnel de qualité et n'entraînent pas de dépenses excessives.

Au sujet des comparaisons internationales d'étalons, Mr TERRIEN tient à préciser que ces comparaisons sont faites suivant un programme et une périodicité décidés en accord avec les Comités Consultatifs et lorsque les laboratoires nationaux sont prêts à y participer. Toutes les comparaisons internationales pratiquement possibles sont effectuées.

Pour ce qui concerne la mesure de  $g$ , peut-on soutenir que ces travaux ne sont pas du ressort du Bureau International alors que le Comité International approuvait dès 1886 une détermination absolue de  $g$  au Pavillon



de Breteuil (Defforges, 1888) et par la suite celles de Ch. Volet (1952) et A. Thulin (1958)? Peut-on se plaindre que la précision de la spectrométrie  $\alpha$  et de la mesure de  $g$  soit trop bonne, et que « la mariée soit trop belle »? Ainsi qu'on l'a déjà dit, de tels travaux — qui ne gênent en rien l'exécution des comparaisons internationales et les étalonnages demandés par les États — permettent d'avoir et de conserver au Bureau International un personnel scientifique hautement qualifié qui aime son métier et augmente ses connaissances au bénéfice de la métrologie mondiale, ce que Mr Issaev a du reste reconnu.

Mr PERLSTAIN (Suisse) estime que les travaux sur la mesure de  $g$  sont très utiles. La valeur de  $g$  au Bureau Fédéral des Poids et Mesures est maintenant rattachée à celle du Pavillon de Breteuil; pour la mesure des forces de l'ordre du méganewton où l'on recherche une précision de  $10^{-6}$ , la correction sur  $g$  entre en jeu.

Mr DUNWORTH considère que si un laboratoire veut jouir du respect de la communauté, il doit présenter des résultats faisant autorité sur le plan international; c'est le cas du Bureau International qui est aidé dans ses tâches par les autres laboratoires. Sans vouloir discuter le caractère essentiel ou non de la mesure de  $g$ , Mr DUNWORTH soutient les travaux effectués dans ce domaine.

Mr ISSAEV souligne que si la recherche en métrologie est importante, il n'est toutefois pas nécessaire que le Bureau International cherche à accroître son prestige en effectuant des travaux en dehors de ses activités normales. Contrairement à ce qui a été dit, les dépenses qu'entraînent de telles recherches sont importantes et ont des conséquences sur le budget de notre Organisation.

En conclusion de cette discussion, Mr OTERO note combien les travaux des Comités Consultatifs sont importants pour la métrologie et insiste pour que le Bureau International ne se limite pas seulement à des mesures purement comparatives effectuées par de simples techniciens. La métrologie évolue sans cesse et le Bureau International doit entretenir un personnel compétent capable de suivre cette évolution.

#### **9. Unité de temps et échelles de temps; arrangements avec le Bureau International de l'Heure**

Mr DUNWORTH, président du *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde* (C. C. D. S.), présente le rapport suivant :

La mesure du temps et de l'intervalle de temps est liée dans l'esprit de la plupart des gens aux mouvements apparents du Soleil et des étoiles. Au cours des siècles, le perfectionnement par les astronomes et les navigateurs des mesures qui s'y rapportent a fourni

un système qui satisfait la plupart des besoins, même ceux d'une société ayant un degré élevé de technicité. La découverte de la radio vers le début de ce siècle et de la « valve thermo-ionique » au cours de la Première Guerre mondiale conduisirent il y a une cinquantaine d'années à la création d'une nouvelle technique, celle de l'électronique. Cette technique a permis d'obtenir avec une relative simplicité et stabilité une oscillation électrique qui pouvait constituer la base d'une mesure précise de l'intervalle de temps. A l'origine, les dispositifs utilisaient les propriétés du quartz, un matériau que vous connaissez tous. Dès avant la Seconde Guerre mondiale on a couramment utilisé des oscillateurs à lampes contrôlés par quartz pour maintenir avec précision les fréquences des émetteurs de radio aux valeurs qui leur étaient attribuées par accord international. Plus récemment, on a toutefois eu la possibilité d'utiliser les propriétés des atomes individuels de substances appropriées au lieu du quartz. Cela eut comme résultat de pouvoir obtenir une base pour la fréquence, et par conséquent pour l'intervalle de temps, encore plus stable, plus précise et plus facilement reproductible. On a appelé l'horloge ainsi obtenue une « horloge atomique ». La comparaison des résultats de fonctionnement d'horloges de ce type avec le mouvement apparent des étoiles et du Soleil a révélé des irrégularités. Les savants pensent que ces irrégularités sont dues à de petites variations, erratiques, dans la vitesse de rotation de la Terre, plutôt qu'à des irrégularités systématiques dans toutes leurs horloges atomiques.

La définition de la fréquence et de son inverse — l'intervalle de temps — est depuis longtemps l'une des préoccupations du Comité International des Poids et Mesures. Une définition d'une unité d'intervalle de temps atomique a été adoptée par la 13<sup>e</sup> Conférence Générale (1967). Toutefois il faut faire une différence entre « temps » et « intervalle de temps ». Une façon simple de faire cette différence est de considérer d'une part un chronomètre pour mesurer le temps mis par un athlète pour courir cent mètres, et d'autre part une horloge qui nous dit quand partir travailler. Pour bien des utilisations, le temps astronomique est très commode ou nécessaire, comme par exemple en navigation ou dans notre vie quotidienne. Toutefois, pour certaines utilisations scientifiques ou techniques pour lesquelles l'heure du jour en termes astronomiques est sans importance, il y a un avantage à avoir une horloge qui conserve un degré élevé d'uniformité de l'intervalle de temps sur une longue période. De plus, l'utilisation simultanée d'horloges de ce type en différents lieux peut être essentielle. Depuis de nombreuses années, des échelles de temps atomique de cette nature sont disponibles dans les pays les plus industrialisés. Le Bureau International de l'Heure, dont le siège est à Paris et qui s'occupe depuis longtemps du temps astronomique, joue depuis quelques années le rôle de centre international pour la diffusion, à titre d'essai, du temps atomique. Cette tâche supplémentaire a été rendue possible par l'aide généreuse fournie par le personnel de l'Observatoire de Paris, par le prêt d'appareils fournis par des organismes américains et par la coopération des différents pays déjà intéressés par le temps atomique. Récemment, l'Union Astronomique Internationale, l'Union Radioscientifique Internationale et le Comité Consultatif International des Radiocommunications ont demandé au Comité International des Poids et Mesures de recommander à la présente Conférence Générale l'établissement d'une Échelle de Temps Atomique. Le Comité International a reconnu quatre points importants en répondant à cette demande :

- 1<sup>o</sup> Il y aura, dans un futur prévisible, de nouveaux progrès dans la façon précise de traiter le problème de l'échelle de temps atomique.
- 2<sup>o</sup> Ces progrès interviendront d'autant plus sûrement que l'on établira de façon officielle dès maintenant une échelle de temps atomique.
- 3<sup>o</sup> On aura encore besoin d'une échelle de temps liée à la rotation de la Terre et il sera indispensable de maintenir une liaison étroite avec le Bureau International de l'Heure qui continuera à fournir une telle échelle.
- 4<sup>o</sup> Il serait très coûteux pour le Bureau International des Poids et Mesures d'établir une échelle de temps atomique avec ses propres instruments et son propre personnel.

En conséquence, le Comité International des Poids et Mesures a étudié la possibilité de convaincre le Bureau International de l'Heure de mettre officiellement ses réalisations actuelles en association avec le Comité International. J'ai le grand plaisir de vous informer que le Bureau International de l'Heure répondra selon toute vraisemblance de façon favorable à une telle invitation qui ne représente qu'une modeste charge annuelle sur les fonds du Comité International. D'autre part, des discussions approfondies ont eu lieu entre des représentants du Comité International et les différents organismes internationaux qui s'occupent du temps et dont j'ai parlé plus haut. Toutes ces discussions ont conduit aux propositions présentées au point 9 de la Convocation à cette Conférence (voir p. 16). Les détails techniques précis qui sont à la base de ces propositions sont complexes; beaucoup d'entre vous les connaissent déjà et je n'essaierai pas d'en parler ici. Si la Conférence Générale approuve ces propositions, il est prévu que les nouvelles dispositions entreront en vigueur le 1<sup>er</sup> janvier 1972, à la condition qu'un accord satisfaisant soit conclu avec le Bureau International de l'Heure.

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

Sur l'invitation de Mr Otero, Mr GUINOT donne ensuite quelques indications sur le Bureau International de l'Heure dont il est directeur :

Le Bureau International de l'Heure (B. I. H.) a été fondé en 1919 afin d'unifier les mesures de l'heure par la coordination des émissions de signaux horaires. Il s'intéressa par la suite aux problèmes du temps atomique et lorsque des étalons atomiques devinrent disponibles vers 1955, il établit une échelle de temps uniforme directement accessible aux utilisateurs. Depuis 1969, le B. I. H. produit le temps atomique à  $1 \mu\text{s}$  près, permettant ainsi la synchronisation des horloges sur la Terre à ce niveau de précision et de constituer une « mémoire » pour les mesures de fréquence à des instants différents.

Le B. I. H., qui fonctionne à l'Observatoire de Paris et bénéficie des installations du laboratoire de l'heure de cet Observatoire, est l'un des services de la Fédération des Services permanents d'Astronomie et de Géophysique (F. A. G. S.) du Conseil International des Unions Scientifiques. Il souhaite continuer ses travaux, mais il se pose le problème des ressources financières car les fonds modestes dont dispose le B. I. H. ne lui permettent pas de se développer et il reste pour le moment en grande partie tributaire de l'Observatoire de Paris.

Le B. I. H. souhaite que les arrangements prévus avec le Comité International des Poids et Mesures soient approuvés par la Conférence Générale afin de lui permettre l'engagement d'un physicien compétent, l'achat de matériel et de couvrir les frais de ses publications. Mr GUINOT conclut en remerciant vivement le C. C. D. S. et le Comité International pour la confiance qu'ils ont manifestée envers les travaux du B. I. H.

Après le rapport de Mr Dunworth et l'intervention de Mr Guinot qui ne donne lieu à aucun commentaire, Mr TERRIEN lit les deux projets de résolutions A et B (p. 18) soumis à l'approbation de la Conférence Géné-

rale : le projet A se rapporte au rôle du Comité International concernant le Temps Atomique International et le projet B aux arrangements à conclure avec le Bureau International de l'Heure.

Ces deux projets de résolutions sont adoptés à l'unanimité (*Résolutions 1 et 2, p. 77*).

Au sujet de la demande 1<sup>o</sup> formulée dans la Résolution 1, Mr TERRIEN indique qu'une définition du Temps Atomique International a déjà été préparée par le C. C. D. S. et approuvée par le Comité International à sa session d'octobre 1970. Cette définition, dont il donne lecture, a été portée à la connaissance des Délégués en décembre 1970 dans la Convocation à la Conférence Générale (p. 18) et est reproduite en note à la Résolution 1.

**10. Système International d'Unités : document du Bureau International sur le SI; noms « pascal » et « siemens »; unité de quantité de matière (mole)**

Mr DE BOER, président du *Comité Consultatif des Unités*, présente l'exposé suivant :

Une des tâches les plus importantes du Comité International (C. I. P. M.) et de la Conférence Générale des Poids et Mesures (C. G. P. M.) est représentée par le développement du Système International d'Unités (SI), c'est-à-dire les noms et les symboles des unités de ce système, les unités de base sur lesquelles ce système doit être construit et l'attitude à prendre par rapport à l'ensemble des autres unités existant en dehors du SI.

Pour le renseigner sur ces problèmes, le C. I. P. M. a constitué en 1964 un *Comité Consultatif des Unités* (C. C. U.) dont la tâche a déjà été exposée lors de la 13<sup>e</sup> C. G. P. M. (1967-1968). Pour rendre sa tâche possible le C. C. U. s'est entouré d'experts représentant les autres organisations internationales qui jouent un rôle important dans le domaine d'activité du C. C. U. : représentants du Comité Technique 12 de l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO/TC 12), de la Commission S. U. N. de l'Union Internationale de Physique Pure et Appliquée (U.I.P.P.A.), de la Commission S. T. U. de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (U.I.C.P.A.), des Comités d'Études Nos 24 et 25 de la Commission Électrotechnique Internationale (C. E. I.), de la Commission Internationale de l'Éclairage (C. I. E.) et des liaisons avec l'Organisation Internationale de Métrologie Légale (O. I. M. L.) et d'autres organisations internationales qui ont un intérêt commun.

On a ainsi dans le C. C. U. une concentration d'experts, qui sont tous ardemment dévoués au perfectionnement du SI et qui considèrent tous la C. G. P. M. comme la plus haute autorité pour prendre des décisions finales dans ce domaine.

**1. Brochure « Le Système International d'Unités (SI) »**

Pour répondre à une demande formulée en 1967 lors de la 13<sup>e</sup> C. G. P. M., le Bureau International a établi et édité en 1970 le document *Le Système International d'Unités (SI)* <sup>(1)</sup> dont un avant-projet avait déjà été distribué en 1968 lors de la reprise de la 13<sup>e</sup> C. G. P. M.

(<sup>1</sup>) Cette brochure peut être obtenue auprès du Bureau International ou du dépositaire de ses publications (OFFILIB, 48 rue Gay-Lussac, 75-Paris 5<sup>e</sup>); elle est aussi reproduite dans le *Recueil de Travaux du B. I. P. M.*, Vol. 2, 1968-1970 et dans *Comité Consultatif des Unités*, 3<sup>e</sup> session, 1971.

Ce document a été rédigé soigneusement par le Bureau International avec la collaboration du C. C. U. Il expose dans un ordre systématique le contenu de toutes les résolutions et recommandations de la C. G. P. M. et du C. I. P. M., et donne des commentaires explicatifs et des règles d'utilisation sur lesquelles il existe un accord étroit avec les organisations internationales collaborant dans le cadre du C. C. U.

Le C. I. P. M. souhaite que ce document reçoive une large diffusion internationale et il invite les pays à en faire des traductions exactes comme cela a déjà été fait pour la langue anglaise.

## 2. *Pascal et siemens*

Suivant une recommandation du C. C. U., le C. I. P. M. demande à la C. G. P. M. d'approuver deux noms spéciaux d'unités :

--- le *pascal* (symbole Pa) pour l'unité SI dérivée de pression (newton par mètre carré); ce nom spécial doit faciliter l'usage des unités SI dans le cas de la pression pour laquelle le bar (= 100 kilopascals) et le millibar (= 100 pascals) sont encore beaucoup employés;

- le *siemens* (symbole S) pour l'unité SI dérivée de conductance électrique (ohm à la puissance moins un); ce nom spécial est déjà adopté et employé par la C. E. I. depuis 1935.

D'une manière générale, le C. C. U. s'est déclaré opposé à l'introduction de nouveaux noms spéciaux pour les unités SI mais, dans ces cas, il a estimé que l'emploi de noms spéciaux était indispensable.

## 3. *Considérations sur le Système International d'Unités*

La définition d'un système d'unités implique le choix des unités de base. Ces unités sont considérées à la base du système dans le sens mathématique du mot, afin que les unités dites « dérivées » soient déduites des unités de base d'après des relations algébriques du même type que celles qui lient les grandeurs correspondantes. Ce choix comporte donc le choix des grandeurs de base et les définitions des unités de base correspondant aux étalons qui donnent une représentation matérielle de ces unités.

Le choix des unités de base du Système International est surtout une question de convention, dans laquelle on tient compte de l'usage général et des exigences du système d'équations mathématiques utilisé dans la science et la technologie pour la description quantitative des phénomènes physiques et chimiques. Mais ce choix est aussi une question de commodité métrologique, c'est-à-dire la commodité avec laquelle ces unités peuvent être réalisées, selon leur définition, avec haute précision et servir ainsi comme unité de base pour la définition précise des autres unités.

Le choix des grandeurs de base dépend du système d'équations qu'on utilise dans la physique et la chimie pour définir de nouvelles grandeurs ou pour exprimer des lois physiques. Pour chaque domaine de la physique on peut comparer le nombre total de grandeurs physiques utilisées dans ce système avec le nombre total d'équations indépendantes. La différence de ces deux nombres représente le nombre de grandeurs qui restent à définir indépendamment par le choix de leur unité. Cela donne donc le nombre des grandeurs et unités de base du système. Le choix des grandeurs qui serviront avec leurs unités comme base du système est alors déterminé par des exigences systématiques et métrologiques. Ces grandeurs sont donc définies comme indépendantes seulement dans le sens systématique ou dimensionnel : souvent le choix des unités de base n'implique nullement leur indépendance en métrologie expérimentale. Aussi les grandeurs choisies comme base du système ne doivent pas être nécessairement des grandeurs fondamentales ou très importantes. Ainsi par exemple, l'ampère, unité de base du SI, ne représente pas une unité qui est indépendante du point de vue métrologique; de même l'intensité de courant électrique ne représente pas la grandeur la plus importante ou fondamentale de l'électricité. Ce sont plutôt les exigences de la métrologie expérimentale qui ont donné à l'ampère la position d'unité de base du SI.

Quand nous voulons donner brièvement un aperçu sur le choix des grandeurs et unités de base du SI il est naturel de commencer avec la mécanique, qui demande trois grandeurs de base, pour laquelle on a choisi depuis longtemps la longueur, le temps et la masse, avec pour unités respectives le mètre, la seconde et le kilogramme. Depuis 1960, la C. G. P. M. a remplacé la définition originale du mètre par une définition atomique et depuis 1967 on a fait de même pour la définition de la seconde, ces deux changements s'étant surtout imposés par les exigences de la métrologie de haute précision. Pour ce qui concerne l'unité de masse, le choix d'une définition atomique, par exemple la masse du proton ou bien l'unité de masse atomique unifiée, pourrait sembler plus naturel; mais une telle proposition me semble encore loin de sa réalisation, parce qu'elle nécessite une détermination exacte de haute précision de la masse du proton. Dans ce cas, on voit clairement que ce sont les exigences de la métrologie qui sont prédominantes et qui nous obligent à maintenir un étalon macroscopique sous forme de prototype.

L'inclusion des phénomènes électriques demande d'ajouter une nouvelle grandeur et une nouvelle unité de base de nature électrique comme l'a indiqué le fameux physicien théoricien Sommerfeld en 1935. En effet, après la Seconde Guerre mondiale, la 9<sup>e</sup> C. G. P. M. (1948) a décidé de considérer l'ensemble de la mécanique et l'électromagnétisme fondé sur quatre grandeurs et unités de base en ajoutant l'ampère (adopté par la 10<sup>e</sup> C. G. P. M., 1954) comme unité de base pour la grandeur de base intensité de courant électrique. Ici, de nouveau, on pourrait imaginer la charge électrique du proton comme l'unité de charge électrique la plus naturelle ou fondamentale pour servir de base à un système universel d'unités; mais, dans ce cas aussi, ce sont les exigences de la métrologie qui rendent une telle proposition impraticable pour mesurer avec haute précision les grandeurs électriques.

Enfin, si l'on ajoute la thermodynamique physique et chimique l'usage général nous conduit maintenant à introduire deux autres grandeurs et unités de base : c'est-à-dire la température pour laquelle la 10<sup>e</sup> C. G. P. M. (1954) a introduit le kelvin comme unité de base, et la quantité de matière pour laquelle le monde scientifique a accepté depuis longtemps déjà la mole comme unité de base. Une proposition pour légaliser l'emploi de la mole dans le cadre du Système International est contenue dans le projet de résolution C (*voir* p. 21) qui, je l'espère, sera approuvé aussi par la Conférence Générale.

Dans ce projet de résolution on donne au point 1<sup>o</sup> la définition de la mole comme unité de la grandeur « quantité de matière » : « La mole est la quantité de matière d'un système qui contient autant d'entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12. »

On a utilisé dans la définition le terme « entités élémentaires » parce que la définition doit s'appliquer à une grande diversité soit de particules, d'atomes, de molécules, d'électrons, etc., mais aussi à des systèmes plus compliqués dans lesquels l'entité élémentaire peut être un groupement spécifié de telles particules. C'est la raison du point 2<sup>o</sup> de la proposition qui donne cette explication.

Enfin il est explicitement mentionné dans le point 3<sup>o</sup>, comme déjà indiqué ci-dessus, que la mole doit être considérée comme une unité de base du Système International d'Unités.

Naturellement, on peut se demander aussi dans ce cas s'il n'aurait pas été préférable de remplacer la définition de la mole donnée ici par une définition moléculaire; mais, comme dans le cas de l'unité de masse ou de l'unité de charge électrique, cela entraînerait des déterminations, telles qu'un comptage absolu de molécules ou bien la mesure de la masse des molécules, qui ne sont pas possibles avec une précision suffisante.

La définition de la mole donnée dans le projet de résolution C a déjà été acceptée littéralement par des organisations scientifiques et techniques qui doivent l'utiliser comme partie du Système International.

Par exemple, le président de l'U. I. C. P. A., l'Union internationale qui réunit tous les chimistes du monde, nous a envoyé le 22 septembre 1971 la résolution suivante :

*Resolution on the mole (I.U.P.A.C.)*

Concerning the need to define a unit of amount of substance the Council of IUPAC in 1969 expressed strong support for Recommendation U 1 (1969) of the Comité Consultatif des Unités that the mole be recognized as an SI Base Unit, and urged the Comité International des Poids et Mesures to present it with full support to the 14th Conférence Générale des Poids et Mesures.

At its more recent meeting in Washington on 21st and 23rd July 1971 the IUPAC Council resolved to convey to the 14th Conférence Générale des Poids et Mesures its earnest hope that the 14th Conférence Générale will adopt without amendment the draft resolution on the mole presented to it by the Comité International des Poids et Mesures :

1. The mole is the amount of substance of a system which contains as many elementary entities as there are atoms in 0.012 kilogram of carbon 12; its symbol is mol.

2. When the mole is used, the elementary entities must be specified and may be atoms, molecules, ions, electrons, other particles, or specified groups of such particles.

3. The mole is a base unit of the International System of Units.

As President of the International Union of Pure and Applied Chemistry, I am bringing this resolution to your attention and kindly ask you to ensure that it is presented at the appropriate point during the 14th Conférence Générale des Poids et Mesures.

Les chimistes désirent vivement que le SI soit introduit et employé exclusivement dans leurs travaux; ils estiment toutefois que cela leur est impossible tant que la mole ne sera pas reconnue comme unité de base.

De son côté, l'U.I.P.P.A. nous a envoyé une résolution approuvée par sa Commission S. U. N. (Symboles, Unités, Nomenclature) :

*Resolution on the mole (I.U.P.A.P./S. U. N.)*

The Commission on Symbols, Units and Nomenclature of the International Union of Pure and Applied Physics, meeting in Paris in August 1971,

considering the urgent need to promote the general usage of the International System of Units in science and technology, especially in chemistry and chemical technology,

recommends strongly that the draft resolution concerning the introduction of the mole as a base unit in the International System of Units, presented by the International Committee of Weights and Measures to the Fourteenth General Conference of Weights and Measures, be adopted without amendment.

En effet, cette Union internationale de physiciens a accepté la quantité de matière et son unité, la mole, déjà définie depuis une quinzaine d'années, comme unité de base.

Enfin, l'Organisation Internationale de Normalisation, et en particulier son Comité Technique ISO/TC 12 qui est bien connu pour la série des recommandations internationales sur les définitions des grandeurs et unités dans le domaine de la physique et de la chimie physique, nous a informés par lettre en date du 8 septembre 1971 «... que la définition de la mole proposée au C. I. P. M. [par l'U.I.C.P.A.] est employée depuis longtemps dans les documents de notre Comité Technique ISO/TC 12. Les Comités membres de l'I. S. O. ont adopté un Projet de Recommandation ISO N° 1777 (« Grandeurs et unités de chimie physique et physique moléculaire »), qui contient une définition de la mole ... » et qu'en conséquence elle soutenait « le projet de résolution relatif à la mole ».

Toutes ces prises de position montrent l'intérêt que ces organisations compétentes dans ce domaine attachent à l'approbation du projet de résolution C pour l'inclusion de la grandeur « quantité de matière » avec la « mole » comme unité de base dans le Système International.

Permettez-moi enfin d'ajouter encore quelques mots qui expriment ce qui, à mon avis, est le sens propre et peut-être un peu philosophique de l'inclusion de la mole dans le SI.

La proposition présentée complète vraiment un développement qui a commencé avec le concept vague indiqué par le mot latin « *quantitas materiae* » utilisé déjà au Moyen Age. Ce fut le fondateur de la mécanique, Newton, qui remplaça cette notion vague par le nouveau concept « masse » et il montra comment l'introduction de cette grandeur nouvelle pouvait être utilisée pour une description quantitative des lois de la mécanique dont il fut vraiment à l'origine.

Près de deux siècles plus tard, des savants renommés comme Avogadro, Dalton et Lavoisier, qui peuvent être considérés comme les fondateurs de la physicochimie, montraient que dans les réactions de la chimie physique ce n'est pas la masse mécanique de la substance qui compte, mais que la structure moléculaire de la matière demande un autre concept pour une description quantitative. C'est pour cette raison qu'au siècle dernier on était forcé d'utiliser par exemple l'unité dite « atome-gramme » ou « molécule-gramme », et ce fut Ostwald qui introduisit le mot allemand « mol » pour cette unité.

Comme souvent dans la science, les scientifiques sont en général plus intéressés au développement de leur science et à trouver de nouvelles lois pour la description de la nature, qu'au développement propre de la terminologie et du langage symbolique qu'ils utilisent. C'est la raison pour laquelle ce n'est qu'après la Seconde Guerre mondiale, époque où un intérêt international pour le langage symbolique de la physique s'est développé, qu'on a commencé à se rendre compte que la mole, utilisée par tout le monde dans la chimie, est vraiment de la nature d'une unité de base, correspondant à une grandeur de base qui fut alors appelée « quantité de matière » en français (« amount of substance » en anglais).

Ainsi, on a vraiment accompli un développement qui a commencé avec Newton. L'ancien concept « *quantitas materiae* » a donné lieu en premier à la grandeur *masse*, nécessaire comme grandeur de base, avec l'unité kilogramme, pour le développement systématique de la mécanique; maintenant on a achevé un deuxième développement avec l'introduction de la grandeur *quantité de matière*, nécessaire comme grandeur de base, avec l'unité mole, pour le développement systématique des systèmes moléculaires de la chimie physique.

La discussion est ensuite ouverte.

La Délégation de la Pologne, après avoir noté que la brochure sur le SI établie par le Bureau International constitue un document fort utile et une documentation précieuse sur toutes les décisions prises par notre Organisation dans le domaine des unités de mesure, présente quelques suggestions concernant la classification des unités en dehors du SI; elle aurait en outre souhaité que le Comité International précise ses intentions quant à l'autorisation d'emploi dans le futur des unités C. G. S.

L'adoption des noms « pascal » et « siemens » est par ailleurs approuvée par la Pologne.

En ce qui concerne le projet de résolution C sur la « mole », la Délégation polonaise présente quelques objections : les points 1<sup>o</sup> et 2<sup>o</sup> ne devraient pas être séparés, car ils forment ensemble une définition complète de



l'unité de quantité de matière, par exemple « mole d'atomes  $^{12}\text{C}$  », « mole d'électrons », etc. On ne devrait pas employer l'unité « mole » sans indiquer l'entité élémentaire considérée; en l'absence d'une telle indication, la mole est alors simplement « un nombre égal au nombre d'atomes contenus dans 0,012 kilogramme de carbone 12 ». La définition proposée dans le projet C pourrait être amendée par exemple comme suit :

« La mole d'entités élémentaires déterminées -- unité de quantité de matière -- est la quantité de matière d'un système qui se compose d'autant de ces entités élémentaires qu'il y a d'atomes dans 0,012 kilogramme de carbone 12. »

D'autre part, l'usage de l'unité de quantité de matière, définie comme ci-dessus, devrait être admis avec les unités SI, la mole étant toutefois considérée comme une unité en dehors du SI au même titre que le litre, la minute, etc.

Mr ISSAËV (U. R. S. S.) estime que la condition essentielle et première à laquelle doit satisfaire une unité de base est la possibilité de reproduction sous forme d'étalon et de transmission. La mole ne remplissant pas cette condition elle ne devrait pas être introduite parmi les unités de base. La Délégation soviétique ne peut en conséquence donner son appui à cette proposition qui entraînerait en outre des modifications dans les lois, les manuels, etc.

Mr DU TOIT (Afrique du Sud) félicite tout d'abord Mr de Boer pour son excellent exposé. Après avoir entendu les observations de la Délégation polonaise et après réflexion, il considère que le projet de résolution C constitue la meilleure proposition pour définir la mole; le SI doit couvrir toutes les activités et les chimistes en ont besoin. Il se déclare donc en faveur du projet C, la mole étant par ailleurs déjà adoptée en Afrique du Sud.

La Délégation sud-africaine approuve aussi l'adoption des noms « pascal » et « siemens » dont l'emploi se révèle très pratique.

Mr BRANSCOMB (États-Unis) approuve la remarque de Mr Issaev sur la nécessité de ne pas modifier trop fréquemment le SI afin de ne pas réduire sa valeur; mais les chimistes ont besoin de la mole pour éviter des conversions par l'intermédiaire du nombre d'Avogadro.

Quant à la valeur de la mole en tant qu'unité de base, c'est surtout une question de commodité métrologique, car la mole n'est pas en effet plus fondamentale que d'autres unités non comprises dans les unités de base.

Au sujet du « pascal » et du « siemens », la Délégation américaine n'a pas d'objection contre l'adoption de ces deux noms utiles pour les spécialistes, mais elle considère qu'il faut être prudent à l'avenir dans l'attribution de noms spéciaux à d'autres unités.

Mr OTERO ayant demandé à la Délégation de la Pologne si elle désire que sa proposition soit soumise au vote, cette Délégation répond qu'elle n'est pas contre l'adoption de la mole, mais qu'elle désire seulement que la définition de cette unité soit améliorée afin de la rendre plus précise et plus claire: selon le projet C, la mole n'est pas en effet une unité de quantité de matière.

Mr OTERO rappelle que plusieurs Organisations internationales se sont prononcées en faveur de la définition proposée; nous ne pouvons donc reconsidérer cette définition.

La Délégation de la Pologne ne pense pas qu'un vote sur le projet C changerait la situation. Nous pouvons difficilement modifier la définition ici; c'est plutôt une question à examiner de nouveau par le Comité International.

Mr DE BOER intervient en réponse aux différentes observations précédentes :

Sur les observations présentées par la Délégation polonaise, il rappelle que la définition de la mole donnée dans le projet de résolution C est le résultat de près de dix années de discussions. Cette définition n'émane pas du Comité International, mais des Unions internationales de Chimie et de Physique et nous essayons de suivre les avis autorisés de ces Unions compétentes qui rassemblent les chimistes et les physiciens du monde entier. L'unanimité s'est faite au sein de ces Unions sur le projet C et elles attachent une grande importance à la sanction de la Conférence Générale pour la définition proposée.

Mr DE BOER regrette de n'avoir pas eu le temps d'expliquer plus en détail la situation afin de lever les objections des Délégations polonaise et soviétique; il subsiste en effet des malentendus, alors qu'une étude scientifique de la question permettrait d'obtenir un accord. Quant à l'étalon de quantité de matière, il est représenté, d'après la définition proposée pour la mole, par un échantillon de carbone 12 dont la masse est 12 grammes; mais bien d'autres étalons seraient possibles. L'existence d'un étalon n'est du reste pas ce que l'on recherche toujours pour une grandeur de base (cas de la longueur et du temps par exemple).

Sur la remarque de Mr Branscomb, Mr DE BOER confirme qu'il n'est évidemment pas question de changer continuellement le SI; mais il faut faire une distinction entre « développements » et « changements ».

Au sujet de la mole en tant qu'unité de base, il est nécessaire d'avoir bien présent à l'esprit que l'indépendance *métrologique* ne doit pas être considérée comme une propriété spécifique d'une unité de base; c'est l'indépendance *dimensionnelle* qui compte.

Une grandeur de base est définie par son unité; une grandeur est une « propriété » : un échantillon de carbone 12 dont la masse est 12 grammes a une certaine propriété, que nous appelons « quantité de matière » et dont l'unité est la « mole ».

La Délégation de la Pologne confirme à nouveau qu'on devrait, à son avis, rechercher une meilleure solution, plus précise; c'est la raison de sa proposition.

La Délégation de la Tchécoslovaquie a accueilli avec satisfaction la publication par le Bureau International du document sur le SI qui sera traduit et édité en Tchécoslovaquie, avec quelques légères modifications concernant les unités admises temporairement. Elle approuve aussi l'adoption des noms « pascal » et « siemens ».

Pour la mole, la Délégation tchécoslovaque estime que la motivation indiquée dans le projet C devrait être réelle et elle souhaite que ce projet soit réexaminé d'après la proposition de la Délégation polonaise; elle se déclare en outre opposée à l'introduction de la mole comme unité de base.

Après ces dernières interventions, Mr OTERO soumet le projet de résolution C à l'approbation de la Conférence Générale; il est adopté avec 3 votes contre (Pologne, Tchécoslovaquie, U. R. S. S.) (*Résolution 3*, p. 78).

Mr ISSAËV précise le sens du vote de la Délégation de l'U. R. S. S. : nous ne sommes pas contre l'approbation de la définition de la mole en tant que telle, mais nous sommes en revanche contre l'introduction de la mole dans les unités de base. Si la mole avait été proposée comme unité supplémentaire nous aurions voté pour.

La Conférence adopte ensuite à l'unanimité les noms spéciaux *pascal* (symbole Pa) pour l'unité SI de pression et *siemens* (symbole S) pour l'unité SI de conductance électrique.

Mr CINTRA DO PRADO confirme que la Délégation du Brésil a voté en faveur de la mole, du pascal et du siemens.

Au sujet de l'invitation faite aux différents pays de traduire le document du Bureau International sur le SI, il déclare qu'une traduction de ce document a été faite en portugais par l'Instituto Nacional de Pesos e Medidas du Brésil pour être diffusée dans tous les milieux.

Il signale aussi deux nouveaux textes législatifs brésiliens relatifs au SI : décret-loi du 28 février 1967 et décret du 12 septembre 1968.

Mr TERRIEN rappelle que le document sur le SI a déjà été traduit en langue anglaise et publié indépendamment au Royaume-Uni et aux États-Unis d'Amérique.

### 11. Étalons matériels de référence

Mr OTERO résume la situation de cette question qui a son origine dans une proposition présentée au Comité International en octobre 1968 (voir p. 21 et 24).

Deux conclusions ressortent de l'étude et de l'enquête faites par le Comité International :

1<sup>o</sup> Impossibilité pour le Bureau International de s'occuper de l'ensemble des problèmes posés par les étalons matériels de référence sans une augmentation considérable de son personnel et de son budget.

2<sup>o</sup> Possibilité d'organiser au Bureau International un centre de coordination internationale et un centre d'information pour les étalons matériels de référence qui sont nécessaires à la réalisation des étalons des unités de base du SI. Cette activité, à laquelle les Comités Consultatifs et les laboratoires nationaux qui en sont membres seront invités à participer, pourra être entreprise sans trop augmenter les travaux du Bureau International et sans charges financières excessives.

En conséquence, Mr OTERO demande à la Conférence Générale si elle approuve la voie suivie par le Comité International et le programme de travail à confier au Bureau International suivant le point 2<sup>o</sup> ci-dessus.

Cette demande est approuvée par la Conférence sans avis contraire.

La Délégation de la France pose une question concernant l'expression « étalons matériels de référence » : ne serait-il pas préférable d'employer le mot « substances » au lieu de « étalons » afin de distinguer ces derniers des « étalons physiques » ?

Mr TERRIEN répond que le souci du Bureau International a été de trouver un équivalent français à l'expression américaine « standard reference materials ». Après avoir étudié les publications du National Bureau of Standards, il a constaté que ces « standard reference materials » ne sont pas uniquement des « substances » (ils peuvent être par exemple des verres colorés, etc.). L'expression française « étalons matériels de référence » a finalement semblé la meilleure.

Mr BRANSCOMB (États-Unis) pense que l'on pourrait peut-être trouver un nom qui convienne mieux au programme de travail limité confié au Bureau International : par exemple « étalons certifiés ». C'est une question que le Comité International pourrait examiner.

La Délégation de la Tchécoslovaquie présente les observations suivantes :

Le développement des étalons matériels de référence est une tâche très importante qui représente un problème du développement technique contemporain. Pour les organismes nationaux de métrologie et de normalisation cette activité est très large, les

travaux sont très nombreux et à cause de cela un organisme national n'est pas capable de jouer son rôle efficacement.

En Tchécoslovaquie, et sans doute dans d'autres pays, c'est l'Office de Normalisation et des Mesures qui coordonne cette activité et délivre des étalons ou « standards ». Du point de vue international il nous semble utile d'organiser systématiquement l'échange d'informations et de s'occuper des questions légales. Pour cette raison on doit prendre en considération si cette activité ne dépasse pas l'étendue de la compétence de notre Organisation. A notre avis, l'organisation autorisée pour ce domaine-ci est l'Organisation Internationale de Métrologie Légale.

La séance est levée à 17 h 15 min.

\* \* \*

A 18 h, les délégués ont assisté à la réception offerte par le Ministre des Affaires Étrangères sur le bateau « Borde-Frétigny » ancré sur les bords de la Seine.



## TROISIÈME SÉANCE

### DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE A L'OFFICE INTERNATIONAL DES ÉPIZOOTIES

12, rue de Prony, Paris

LE MARDI 5 OCTOBRE 1971, A 15 h 10 min

---

#### **12. État actuel et progrès récents dans quelques domaines importants de la métrologie de base, et rôle des Comités Consultatifs**

Ce point de l'ordre du jour a occupé toute la séance au cours de laquelle Mr TERRIEN, directeur du Bureau International des Poids et Mesures, a présenté un exposé d'ensemble sur la métrologie mondiale afin de situer les tâches du Bureau International dans le contexte des recherches et travaux métrologiques effectués dans les principaux laboratoires nationaux. Cet exposé est publié à l'Annexe 1, p. 81.

Après avoir remercié Mr Terrien pour ce petit cours de métrologie de haute qualité, Mr OTERO note que cet exposé a permis à la Conférence Générale de mieux se rendre compte de l'importance pour la métrologie mondiale des travaux — tant expérimentaux que de secrétariat — effectués au Bureau International d'après les conseils des Comités Consultatifs et les directives du Comité International, et cela avec des moyens financiers limités.

La séance est levée à 17 h 5 min.

---

---

## QUATRIÈME SÉANCE

### DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE A L'OFFICE INTERNATIONAL DES ÉPIZOOTIES

12, rue de Prony, Paris

LE MERCREDI 6 OCTOBRE 1971, A 15 h 5 min

---

A l'ouverture de la séance, Mr DU TOIT (Afrique du Sud) tient à féliciter et à remercier Mr Terrien pour le magnifique exposé sur l'état actuel de la métrologie qu'il a présenté à la 3<sup>e</sup> séance. Mr RUDBERG (Suède) s'associe à ces félicitations et la Conférence marque, par ses applaudissements unanimes, tout l'intérêt qu'elle a porté à l'exposé du directeur du Bureau International.

#### **7. Programme des travaux futurs du Bureau International**

Ce point de l'ordre du jour se rapporte au document multicopié « Programme de travail et budget du Bureau International des Poids et Mesures dans les quatre années 1973-1976 » qui était annexé à la Convocation de décembre 1970.

La Conférence n'ayant pas la possibilité de discuter en détail ce programme qui a été approuvé par le Comité International, Mr TERRIEN en résume l'essentiel en s'attachant particulièrement à exposer comment les contributions des États ont été utilisées pendant les quatre années passées et à justifier les dotations demandées pour l'exécution du programme de travail prévu pour la période 1973-1976.

Les Délégations sont ensuite invitées à présenter leurs observations sur ce programme de travail.

Mr ISSAIEV (U. R. S. S.) remercie Mr Terrien pour son exposé et remarque avec satisfaction que c'est la première fois que les États membres de la Convention du Mètre ont reçu un document aussi détaillé qui leur a

permis d'examiner les travaux passés et futurs du Bureau International et de juger de leur importance qualitative et quantitative.

Malgré les détails donnés des insuffisances apparaissent toutefois; il serait en particulier souhaitable, à l'avenir, de mettre en relief les tâches fondamentales qui incombent au Bureau International. Ainsi que cela a déjà été dit lors de la discussion du Rapport du président du Comité International, les tâches fondamentales du Bureau International devraient être annoncées sur la base d'un programme général en indiquant les comparaisons prévues, les délais et les niveaux de précision. L'établissement d'un tel programme précis permettrait de déterminer les besoins du Bureau International.

Mr ISSAËV cite quelques exemples à l'appui de ses observations en notant la nécessité de se limiter aux travaux qui concernent la mission fondamentale du Bureau International; il conclut en demandant au Comité International de prendre ces observations en considération et d'apporter les correctifs nécessaires au programme proposé.

La Délégation de la Tchécoslovaquie trouve que l'on manque de perspective pour apprécier le programme des travaux futurs du Bureau International et qu'il existe une différence entre les moyens demandés et nos possibilités. Elle estime nécessaire, avant toute décision, de prendre en considération les développements et les résultats obtenus dans les laboratoires nationaux les plus importants, ce qui permettrait de déterminer plus efficacement les objectifs à fixer au Bureau International.

A ces deux interventions, Mr OTERO rappelle que le programme des activités futures du Bureau International a été soigneusement examiné et discuté par le Comité International qui l'a approuvé. Il soumet en conséquence à l'approbation de la Conférence Générale le projet de résolution suivant :

*Projet de résolution D*

La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

*ayant considéré* le programme d'activité du Bureau International des Poids et Mesures étudié et proposé par le Comité International des Poids et Mesures pour les quatre années 1973-1976,

*ayant constaté* que ce programme est conçu de façon que le Bureau International des Poids et Mesures accomplisse ses missions en liaison avec les Comités Consultatifs et sous l'autorité du Comité International des Poids et Mesures, missions dont les plus importantes sont :

- la coordination des programmes de recherche métrologique ayant un intérêt international;
- la certification d'étalons servant de points de départ aux laboratoires qui le demandent;
- l'organisation de mesures comparatives en vue de l'uniformité mondiale des résultats de mesure et en vue de la détection des erreurs;



— l'élévation du niveau scientifique du personnel à un degré suffisant pour que le Bureau International des Poids et Mesures participe aux recherches métrologiques, assimile et mette en œuvre les nouvelles techniques, et fournisse une aide compétente aux pays de plus en plus nombreux qui s'efforcent de développer leur industrie et leur métrologie;

*donne son approbation* au programme d'activité du Bureau International des Poids et Mesures proposé par le Comité International des Poids et Mesures pour les quatre années 1973-1976.

Ce projet de résolution est adopté à l'unanimité (*Résolution 4*, p. 79).

#### **8. Dotation annuelle du Bureau International pour la période 1973-1976**

Mr DE BOER introduit ce point de l'ordre du jour en rappelant les considérations exposées dans la Convocation de décembre 1970 (p. 15 et 16).

Le Comité International propose que les dotations du Bureau International pour les quatre années 1973-1976 soient calculées sur la base de celle de 1972 (2 990 000 francs-or) avec une augmentation annuelle de 11,8 pour cent (au lieu de 14 pour cent demandé en 1967). Cette augmentation de 11,8 pour cent se décompose comme suit :

9 pour cent pour maintenir le fonctionnement du Bureau International à un niveau constant, c'est-à-dire pour tenir compte de l'accroissement des dépenses de personnel et de matériel dû à la hausse des prix, à l'élévation du niveau de vie et aux avancements du personnel (cette augmentation de 9 pour cent apparaît déjà insuffisante maintenant; elle devrait être au moins de 10 pour cent);

2,8 pour cent (au lieu de 5 pour cent demandé en 1967) pour assurer le développement des activités du Bureau International.

Le tableau des dotations demandées par le Comité International figure à la page 16.

Quelques membres du Comité International ont craint que cette proposition ne soulève des avis contraires à la Conférence Générale. Après un examen de la situation, le Comité International a étudié une nouvelle proposition; il soumet à l'approbation de la Conférence Générale le projet de résolution E suivant qui a reçu l'accord unanime des membres du Comité International dans sa séance du mercredi matin 6 octobre.

#### *Projet de résolution E*

La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures,

*considérant*

que le programme d'activité du Bureau International des Poids et Mesures proposé par le Comité International des Poids et Mesures a été approuvé,

que ce programme comporte la mise au point et la mise en œuvre permanente de techniques métrologiques nouvelles, particulièrement pour les mesure de lon-

gueur et les mesures électriques, nécessitant des investissements en matériel et en personnel compétent,

qu'un accroissement annuel de 9 pour cent de la dotation du Bureau International est déjà devenu insuffisant pour le maintien des activités à leur niveau actuel, compte tenu de l'évolution des prix et des salaires et du niveau scientifique croissant exigé du personnel,

*décide* que la partie fixe de la dotation annuelle sera augmentée de façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire [définies à l'Art. 6 (1921) du Règlement annexé à la convention du Mètre] soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la Treizième Conférence Générale :

en 1973 :	3 340 000 francs-or
1974 :	3 740 000
1975 :	4 180 000
1976 :	4 670 000

*autorise* que, sous réserve de la condition ci-après, un pourcentage de 22 pour cent des contributions annuelles puisse être payé en monnaie nationale, la condition obligatoire étant que le Comité International soit averti au moins un an avant le début de l'année en cause, afin que le budget annuel puisse être préparé, puis décidé par le Comité International, en tenant compte de la nature des devises qui seront disponibles;

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

Au sujet des deux derniers paragraphes du projet E, Mr DE BOER fait remarquer que le Comité International rencontre des difficultés pour utiliser la partie de certaines contributions qui n'est pas payée en devise convertible. Il souhaite que la présente Conférence charge le Comité International de présenter à la 15<sup>e</sup> Conférence Générale un rapport sur les résultats de cette expérience et sur l'usage de ces monnaies nationales.

Mr NDOUGOU (Cameroun) demande comment il faut interpréter le paragraphe « *décide* que...Générale » du projet E en ce qui concerne son pays qui n'a adhéré à la Convention du Mètre qu'à la fin de 1970. En réponse à cette demande et à des interventions de MM. GIRARD (France) et STILLE (Allemagne), MM. DE BOER et TERRIEN donnent les explications nécessaires et précisent que la contribution du Cameroun sera calculée, comme pour les autres États, sur la base des coefficients O. N. U., sans aucune discrimination.

Mr DJAKOV (Bulgarie) propose de modifier le troisième considérant du projet E suivant l'une des deux variantes suivantes :

- I. « que, conformément à la Convention du Mètre, le Comité International des Poids et Mesures a proposé aux États des dotations du Bureau International des Poids et Mesures en progression annuelle de 11,8 pour cent. »
- II. « qu'un accroissement annuel de 11,8 pour cent de la dotation du Bureau International des Poids et Mesures est nécessaire pour le maintien des activités..... exigé du personnel pour assurer un minimum de développement. »

Mr OTERO ne pense pas qu'une telle modification soit nécessaire. Le Comité International maintient un accroissement annuel de la dotation de 11,8 pour cent sans que cela soit dit explicitement.

Mr DU TOIT (Afrique du Sud) estime, après avoir étudié de façon approfondie le budget présenté, que les propositions du Comité International sont raisonnables compte tenu de l'évolution mondiale des prix et du fait que ce budget couvre une période de quatre années.

Après ces diverses observations, la Conférence est appelée à se prononcer sur le projet de résolution E; ce projet est adopté avec 3 abstentions (Pologne, Tchécoslovaquie, U. R. S. S.) (*Résolution 5*, p. 79).

Mr CINTRA DO PRADO déclare que « la Délégation du Brésil est d'avis qu'une répartition quelque peu différente des parts contributives pourrait être opportunément examinée par la Conférence Générale afin de rendre plus favorables les contributions demandées aux pays moins industrialisés, ce qui pourrait aussi attirer un plus grand nombre de pays, intéressés à la métrologie internationale, à s'inscrire parmi les États adhérents à la Convention du Mètre ».

MM. GOYCOOLEA (Chili) et NDOUGOU (Cameroun) s'associent à cette déclaration et l'appuient vivement.

Sur ces dernières interventions, Mr TERRIEN répond que le mode de répartition de la dotation du Bureau International entre les États est une question difficile que la Conférence Générale a déjà eu à discuter en plusieurs occasions. Le mode de répartition actuel, adopté par la 11<sup>e</sup> Conférence Générale (1960) après de laborieuses discussions, s'appuie sur les coefficients de l'Organisation des Nations Unies. Toute nouvelle demande d'examen de cette question par le Comité International devrait être accompagnée de propositions concrètes.

Au nom de la Délégation des États-Unis, Mr BRANSCOMB exprime sa satisfaction pour l'adoption du budget du Bureau International obtenue sans avis contraire, dans une atmosphère calme et réfléchie. Contrairement à ce qui s'est passé lors de la précédente Conférence Générale, l'esprit qui a prévalu aujourd'hui a caractérisé le désir de voir le Bureau International continuer ses activités dans la voie du programme fixé.

Au sujet de la possibilité laissée aux États de régler une partie de leur contribution en monnaie nationale, Mr BRANSCOMB note que ces quatre dernières années la plupart des États se sont néanmoins acquittés de leur contribution en devises convertibles. Afin que la 15<sup>e</sup> Conférence Générale puisse se rendre compte de la situation concernant les paiements en devises

non convertibles, Mr BRANSCOMB propose un projet de résolution dont il donne lecture.

Mr ISSAEV (U. R. S. S.) estime ne pas pouvoir se prononcer sur ce projet avant d'en avoir eu connaissance par écrit.

Il est en conséquence décidé de reporter l'examen de ce projet à la prochaine séance (*voir* point 15, p. 72).

Avant de lever la séance, Mr OTERO est heureux de constater l'esprit de compréhension qui a permis, malgré quelques difficultés pour tenir compte des désirs exprimés par certains pays, d'arriver à une solution pour l'adoption à la quasi-unanimité de la dotation du Bureau International. Il estime que la Conférence Générale a bien travaillé pour l'avenir du Bureau International et de la Convention du Mètre.

La séance est levée à 16 h 30 min.

\* \* \*

A 18 h, une réception a été offerte aux Chefs des Délégations par Mr Debiesse, Président du Comité de direction du Bureau National de Métrologie et Chef de la Délégation française.

---

---

## CINQUIÈME SÉANCE

### DE LA CONFÉRENCE GÉNÉRALE DES POIDS ET MESURES

TENUE A L'OFFICE INTERNATIONAL DES ÉPIZOOTIES

12, rue de Prony, Paris

LE JEUDI 7 OCTOBRE 1971, A 10 h 5 min

---

#### **13. Progrès du Système Métrique et diffusion du Système International d'Unités**

Mr OTERO introduit Mr Ritchie-Calder, président du « British Metri-cation Board », qui a été invité à présenter devant la Conférence Générale un exposé sur la réforme métrique en cours au Royaume-Uni.

(L'exposé de Mr Ritchie-Calder : *The change to metric in the United Kingdom*, est donné à l'Annexe 2, p. 100, avec sa traduction française.)

Mr OTERO remercie Mr Ritchie-Calder pour son très intéressant exposé qui a montré les problèmes que pose la réforme métrique dans un grand pays. Mr MARÉCHAL (France) s'associe à ces remerciements et exprime les félicitations d'un pays proche de la Grande-Bretagne pour les importants progrès déjà accomplis au cours de cette « révolution » que constitue la conversion métrique au Royaume-Uni.

Mr DU TOIT (Afrique du Sud) présente, en complément au rapport établi par Mr Moreau du Bureau International, quelques informations sur l'expérience qu'a acquise l'Afrique du Sud dans le problème de la conversion métrique et de l'adoption du SI, en s'attachant uniquement à souligner un certain nombre de principes susceptibles d'intéresser d'autres pays.

Depuis la Seconde Guerre mondiale l'Afrique du Sud a traversé une révolution industrielle et peut aujourd'hui être considérée comme presque complètement industrialisée. Bien que notre pays soit petit, notre expérience est vraisemblablement typique de celle de bien d'autres pays, y compris les pays passant des anciennes formes du système métrique au SI.

Selon notre expérience le passage au SI s'est opéré sans heurt et s'est révélé bien plus facile et moins onéreux que prévu. Le Gouvernement sud-africain décida du principe d'adopter le SI en avril 1967. Quatre ans et demi plus tard nous sommes en mesure de dire que le SI est déjà le système d'unités qui prédomine en Afrique du

Sud. Cela a été obtenu surtout par la persuasion et par une collaboration profonde avec les organisations intéressées.

C'est à l'excellence du SI lui-même qu'il faut surtout attribuer les progrès ainsi réalisés. Ce système, avec ses remarquables caractéristiques de simplicité, de logique et de cohérence, possède une telle beauté intrinsèque qu'il est facile de convaincre presque tout le monde de ses avantages.

Selon notre expérience le changement est grandement facilité si l'on suit un certain nombre de principes.

1. Ne jamais parler des problèmes du passage aux unités métriques. Notre devise a été : « Le passage aux mesures métriques ne crée pas de problèmes. Il résout les problèmes avec lesquels nous nous débattons depuis des siècles. » Il peut susciter des situations temporaires spéciales dont nous devons nous occuper, mais s'en occuper stimule l'ingéniosité et l'intelligence, et c'est en soi une expérience fructueuse. Un changement est toujours intéressant en soi.

2. Avoir deux systèmes d'unités côte à côte est la pire situation qui puisse exister. Elle entraîne des conversions numériques qui sont une source d'irritation, d'erreurs et d'inefficacité. Par conséquent la période du changement doit être aussi courte que possible.

3. Afin de réduire la durée de la période de changement, la réforme métrique doit être menée sur tous les fronts en même temps. L'élan doit être toujours maintenu ou accru si possible. Les gens dans leur ensemble doivent constamment avoir le sentiment que l'on avance et que quelque chose de nouveau a lieu presque chaque semaine.

4. S'appuyer sur les enthousiastes. Nous avons encouragé tous les organismes, usines, départements ministériels, municipalités, etc., à nommer un responsable officiel pour la réforme métrique, aidé dans les grands organismes par un comité métrique. Un tel responsable doit avoir deux qualifications. Il doit être entièrement acquis au SI et être suffisamment ancien dans l'organisme pour être en mesure de donner suite aux décisions de son comité. Ces responsables sont tous portés sur les listes du « Metrication Department » et si le « Metrication Advisory Board » émet une recommandation, comme par exemple l'emploi du mot masse au lieu du mot poids, nous savons qu'ils suivront immédiatement cette recommandation.

5. La presse et la radio ont un rôle décisif à jouer. Dans ces organisations, les responsables doivent tout d'abord être convaincus de la valeur du SI et l'on doit obtenir leur coopération pour diffuser toutes les informations en se servant seulement des unités SI avec leurs multiples et sous-multiples. Il faut apprendre aux journaux à écrire les nombres correctement, ainsi qu'à employer les symboles corrects du SI. Depuis 1969 les journaux sud-africains utilisent les recommandations de l'I. S. O. lorsqu'ils écrivent des nombres, introduisant ainsi l'emploi de la virgule comme signe décimal, ce qui a été entrepris en avril 1971; c'est une chose relativement simple.

6. Les Services de l'Éducation ont été invités à éliminer complètement et aussi rapidement que possible, dans tous les programmes scolaires et universitaires, toute référence aux unités qui n'appartiennent pas au SI ou qui n'ont pas été approuvées par la C. G. P. M. pour être utilisées avec le SI. Ils l'ont fait avec enthousiasme. Cette année les unités non SI ne sont utilisées qu'en classes terminales et l'an prochain toutes les unités non SI auront totalement disparu dans toutes les écoles sud-africaines. Cela devrait rapidement créer une population de jeunes qui ignoreront toutes unités autres que celles qui appartiennent au SI.

7. La clé du passage aux mesures métriques sera toujours l'utilisation d'instruments de mesure corrects. En août 1969, un contrôle d'importation a été imposé sur les instruments tarifés; ce contrôle a été étendu à tous les instruments de mesure à partir de janvier 1971. Les instruments à double échelle ne sont pas autorisés; ils doivent être uniquement métriques.

8. Selon notre expérience, et bien que toute personne ait un facteur RC (résistance au changement), tout changement peut être finalement accepté s'il découle d'une logique irréfutable.

En 1901, la 3<sup>e</sup> C. G. P. M. fit une déclaration parfaitement claire et logique. Il y était dit notamment : « 1<sup>o</sup> Le kilogramme est l'unité de masse; il est égal à la masse du prototype international du kilogramme; 2<sup>o</sup> le terme *poids* désigne une grandeur de la même nature qu'une *force*; le poids d'un corps est le produit de la masse de ce corps par l'accélération due à la pesanteur. » Cette déclaration avait été faite pour mettre un terme à l'ambiguïté courante alors dans l'utilisation du mot poids que l'on employait tantôt pour la masse, tantôt pour la force mécanique.

Soixante-dix ans après cette déclaration nous nous sommes aperçus que cette ambiguïté existe encore et nous avons décidé que le moment était maintenant venu d'y mettre fin. Je suis heureux d'être en mesure de vous dire que notre expérience a montré que cela peut être fait si l'on utilise une terminologie conséquente et logique. L'une de nos grosses sociétés, l'African Oxygen, pose des affiches sur les mesures métriques dans toutes ses usines. En énormes lettres rouges cette affiche dit : « La masse est la quantité de produit qu'un objet contient, le poids est la force avec laquelle la Terre l'attire ». Quand nos clients achètent des électrodes, des gaz, etc. à la masse, ce qui les intéresse c'est la quantité, non pas l'attraction de la Terre qui s'exerce sur ces produits.

Ce n'est là qu'un exemple. Nous mesurons maintenant la masse, comme nous le faisons pour toutes les autres grandeurs exprimées en unités SI. Nous utilisons des « massètres » pour le faire et nous posons des masses sur nos balances, c'est-à-dire des objets physiques au lieu de caractéristiques.

Mr NDOUGOU (Cameroun) indique que le SI a été adopté au Cameroun par le décret du 2 juin 1969. L'emploi du SI a été étendu à toute la République Fédérale, remplaçant ainsi les mesures anglaises qui étaient utilisées dans la partie anciennement sous administration britannique.

Une campagne d'information est faite parmi la population, les commerçants, etc. Dans l'enseignement, quelques difficultés se présentent du fait de la nécessité d'unifier les programmes français et anglais.

En conclusion de ce point de l'ordre du jour, Mr TERRIEN indique que les informations sur l'expansion des mesures métriques et du SI dans le monde depuis la précédente Conférence Générale sont rassemblées dans le rapport de Mr Moreau : *Les récents progrès du Système Métrique*, qui a été distribué aux délégués; ce rapport est publié à l'Annexe 3, p. 122.

#### 14. Centenaire de la Convention du Mètre en 1975

La Délégation de la Pologne présente les suggestions suivantes en vue de la célébration de cet anniversaire.

Les manifestations devront avoir un caractère international et pourraient comprendre par exemple :

- des manifestations principales à Paris et à Sèvres à l'occasion de la 15<sup>e</sup> Conférence Générale;
- une session scientifique consacrée aux résultats des travaux effectués par les organes de la Convention du Mètre;
- la publication d'un ouvrage commémoratif par les soins du Bureau International;

- la frappe d'une médaille par le Gouvernement français;
- l'émission, dans tous les pays membres de la Convention du Mètre, d'un timbre-poste dont le sujet serait identique (ce sujet pourrait faire l'objet d'un concours international).

Le Comité International pourrait en outre proposer à tous les pays membres de la Convention du Mètre d'entreprendre des actions convenables, telles que publications, expositions métrologiques, séminaires, etc., pour marquer ce centenaire dans chacun de ces pays.

La Délégation de la Tchécoslovaquie estime que l'événement important que constitue le centenaire de la Convention du Mètre doit être préparé avec soin et que le 20 mai 1975 pourrait être proclamé « Journée mondiale de la Convention du Mètre ».

Cet anniversaire devra être l'occasion de faire connaître internationalement les travaux du Bureau International des Poids et Mesures et des organismes nationaux en rapport avec lui. Autres suggestions :

- l'organisation d'une séance solennelle et de symposiums à l'occasion de la 15<sup>e</sup> Conférence Générale;
- la frappe d'une médaille;
- l'émission d'un timbre-poste;
- l'édition d'un ouvrage spécial qui devrait être publié avant la 15<sup>e</sup> Conférence Générale.

La Délégation tchécoslovaque souhaite que le Comité International élabore un projet concret des manifestations envisagées.

Aucune autre proposition n'étant faite sur ce sujet, Mr OTERO remercie les Délégations polonaise et tchécoslovaque de leurs suggestions qui seront étudiées par le Comité International.

La célébration du centenaire de la Convention du Mètre coïncidera probablement avec l'universalisation du Système Métrique et la France, berceau de ce système, doit jouer un rôle important à l'occasion de cet anniversaire.

#### 15. Propositions des Délégations

Mr DE BOER revient sur le projet de résolution présenté par les États-Unis à la fin de la 4<sup>e</sup> séance; il indique que la Délégation américaine ne demande plus que cette proposition soit soumise à la Conférence Générale en tant que projet de résolution, mais désire qu'elle soit reproduite dans les comptes rendus. Le texte de cette proposition est le suivant :

« La Délégation américaine, appuyée par la Délégation allemande,  
« reconnaissant qu'il importe de continuer à assurer l'efficacité des services et des recherches du Bureau International des Poids et Mesures, et afin de



garantir que les moyens financiers mis à la disposition du Comité International des Poids et Mesures peuvent effectivement être affectés au programme de travail du Bureau International approuvé par la Conférence Générale;

« *considérant* qu'une partie des contributions nationales annuelles payable au Bureau International en monnaie nationale ne peut être effectivement utilisée que si elle est limitée à un niveau tel que ces fonds puissent être employés pour satisfaire les objectifs fixés au Bureau International;

« *propose* en conséquence que le Comité International des Poids et Mesures soit invité à présenter un rapport devant la 15<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures, avec un résumé dans la Convocation à cette Conférence, décrivant dans quelle mesure et de quelle façon ces monnaies nationales ont été utilisées, afin de fournir une base objective pour déterminer les possibilités d'utilisation future de telles contributions et de fixer un niveau acceptable pour les contributions ultérieures dans ces monnaies nationales ».

Après avoir pris connaissance de ce texte, la Conférence charge le Comité International des Poids et Mesures de présenter à la prochaine Conférence Générale un rapport selon la demande ci-dessus.

#### 16. Renouvellement par moitié du Comité International

Suivant les indications portées dans la Convocation de décembre 1970 (voir p. 23), la Conférence est appelée à renouveler par moitié le Comité International. Les neuf membres sortants (sept membres cooptés depuis la Conférence Générale de 1967-1968 et deux membres désignés par tirage au sort) sont rééligibles et le Comité International les présente aux suffrages de la Conférence. Aucune autre candidature n'a été présentée.

Le vote a lieu par État à bulletin secret et le scrutin est dépouillé par trois scrutateurs (délégués de l'Autriche, du Cameroun et de la Norvège); le résultat est le suivant :

Nombre de bulletins : 36. Ont obtenu <sup>(1)</sup> :

Membres sortants rééligibles	}	MM. DE BOER.....	36
		SANDOVAL VALLARTA.....	35
		HONTI.....	36
		PRESTON-THOMAS.....	36
		BRANSCOMB.....	36
		ISSAEV.....	36
		DJAKOV.....	36
		STILLE.....	36
		PERLSTAIN.....	36

Les neuf membres présentés par le Comité International sont donc réélus.

<sup>(1)</sup> Le nom de Mr BLEVIN porté sur un bulletin a été déclaré non valable, un membre australien siégeant déjà au Comité International.

**17. Questions diverses**

Aucune question n'est présentée.

★

L'ordre du jour étant épuisé, Mr OTERO remercie vivement les Délégués pour leur présence à cette 14<sup>e</sup> Conférence Générale qui s'est déroulée dans une atmosphère de collaboration, d'amitié et de coopération. Il associe à ces remerciements Mr R. Vittoz, directeur de l'Office International des Epizooties, qui a mis gracieusement à la disposition de la Conférence Générale la salle de conférences où s'achèvent nos travaux.

Après un « au revoir » à tous les Délégués, Mr OTERO déclare close la Quatorzième session de la Conférence Générale des Poids et Mesures et lève la séance à 12 h 10 min.

\* \* \*

A 18 h 30 min, les délégués ont assisté à une réception offerte à l'Ambassade des États-Unis d'Amérique par Mr Branscomb, Chef de la Délégation américaine.

---

---

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

VENDREDI 8 OCTOBRE 1971, A 15 h

---

Au cours de la visite des laboratoires du Bureau International, au Pavillon de Breteuil à Sèvres, les délégués ont eu l'occasion de s'informer des travaux en cours et en projet et de voir les aménagements, installations et appareils récents, notamment :

— les transformations des salles 4 et 5 et les deux salles (104 et 105) créées en sous-sol;

— la nouvelle installation pour les balances (salles 5 et 105), dont la balance NBS-2 à un seul plateau, de portée 1 kg, mise récemment à la disposition du Bureau International par le National Bureau of Standards de Washington;

— l'aménagement de la salle 4 (avec cabine et enceinte à air thermostatées pour la conservation des étalons primaires de force électromotrice du Bureau International) en prévision des mesures utilisant l'effet Josephson; le nouveau bain d'huile pour la conservation et la comparaison des étalons de force électromotrice; le potentiomètre à comparateur de courant continu.

— le laser He-Ne stabilisé sur une raie d'absorption saturée du méthane ( $\lambda = 3,39 \mu\text{m}$ ) réalisé au National Bureau of Standards (Boulder) et l'installation pour la détermination de sa longueur d'onde par comparaison à celle de la radiation étalon du krypton 86; l'interféromètre japonais « Tsugami », récemment acquis par le Bureau International pour la mesure absolue des calibres à bouts plans jusqu'à 250 mm de longueur;

— l'utilisation, avec le comparateur photoélectrique et interférentiel, de la méthode du comptage de franges pour la mesure des étalons à traits et des étalons à bouts, et l'enregistrement automatique sur cartes de la plupart des données expérimentales;

— les nouvelles améliorations apportées à l'installation pour la détermination absolue de l'accélération due à la pesanteur, le point « Sèvres A » constituant maintenant une base gravimétrique internationale; un gravimètre absolu transportable en cours de montage;

dans les laboratoires de la section des rayonnements ionisants :

— deux chambres d'ionisation étalons en graphite pour la mesure de l'exposition produite par les rayons  $\gamma$  du  $^{60}\text{Co}$  et le manomètre à piston tournant permettant d'effectuer, avec ces chambres, des mesures à des pressions supérieures à la pression atmosphérique;

— l'installation achevée du spectromètre pour la mesure absolue de l'énergie des particules  $\alpha$ ;

— la nouvelle installation pour la mesure du débit de fluence des neutrons de la source  $\text{D}(\text{d}, \text{n})^3\text{He}$ , permettant de réduire notablement la diffusion par le sol; la mesure du taux d'émission de la source de neutrons  $\text{Ra-Be}(\gamma, \text{n})$  par la méthode de circulation du  $\text{MnSO}_4$  irradié.

Après cette visite et celle du caveau des Prototypes métriques, le Président du Comité International des Poids et Mesures, et le Directeur du Bureau International ont donné une réception dans la salle de conférences du Pavillon de Breteuil.

#### PROCÈS-VERBAL DE LA VISITE DU DÉPÔT DES PROTOTYPES MÉTRIQUES

Le 8 octobre 1971, à 15 h 30, en présence des Délégués à la Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures, des Membres du Comité International et du personnel scientifique du Bureau, il a été procédé à la visite du Dépôt des Prototypes métriques internationaux du Pavillon de Breteuil.

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

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

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

Température actuelle.....	20,5 °C
» maximale.....	22,0
» minimale.....	19,0
État hygrométrique.....	78 %

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

*Le Directeur du Bureau,*

J. TERRIEN

*Le Président du Comité,*

J. M. OTERO

*Le Conservateur  
des Archives de France,*

M. LE MOËL

---

**RÉSOLUTIONS ADOPTÉES**  
**PAR LA 14<sup>e</sup> CONFÉRENCE GÉNÉRALE**

---

**Temps Atomique International**

**Rôle du Comité International des Poids et Mesures concernant le Temps Atomique International**

**RÉSOLUTION 1**

*La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures,*

**CONSIDÉRANT**

*que la seconde, unité de temps du Système International d'Unités, est définie depuis 1967 d'après une fréquence atomique naturelle, et non plus d'après des échelles de temps fournies par des mouvements astronomiques,*

*que le besoin d'une échelle de Temps Atomique International (TAI) est une conséquence de la définition atomique de la seconde,*

*que plusieurs organisations internationales ont assuré et assurent encore avec succès l'établissement des échelles de temps fondées sur des mouvements astronomiques, particulièrement grâce aux services permanents du Bureau International de l'Heure (B. I. H.),*

*que le Bureau International de l'Heure a commencé à établir une échelle de temps atomique dont les qualités sont reconnues et qui a prouvé son utilité,*

*que les étalons atomiques de fréquence servant à la réalisation de la seconde ont été considérés et doivent continuer de l'être par le Comité International des Poids et Mesures assisté d'un Comité Consultatif, et que l'intervalle unitaire de l'échelle de Temps Atomique International doit être la seconde réalisée conformément à sa définition atomique,*

*que toutes les organisations scientifiques internationales compétentes et les laboratoires nationaux actifs dans ce domaine ont exprimé le désir que le Comité International et la Conférence Générale des Poids et Mesures donnent une définition du Temps Atomique International, et contribuent à l'établissement de l'échelle de Temps Atomique International,*

*que l'utilité du Temps Atomique International nécessite une coordination étroite avec les échelles de temps fondées sur des mouvements astronomiques,*

**DEMANDE** au Comité International des Poids et Mesures

**1° de donner une définition du Temps Atomique International <sup>(1)</sup>;**

---

<sup>(1)</sup> En prévision de cette demande, le Comité International des Poids et Mesures avait chargé son Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde de préparer une définition du Temps Atomique International. Cette définition, approuvée par le Comité International à sa 59<sup>e</sup> session (octobre 1970), est la suivante :

• *Le Temps Atomique International est la coordonnée de repérage temporel établie par le Bureau International de l'Heure sur la base des indications d'horloges atomiques fonctionnant dans divers établissements conformément à la définition de la seconde, unité de temps du Système International d'Unités.* •

2° de prendre les mesures nécessaires, en accord avec les organisations internationales intéressées, pour que les compétences scientifiques et les moyens d'action existants soient utilisés au mieux pour la réalisation de l'échelle de Temps Atomique International, et pour que soient satisfaits les besoins des utilisateurs du Temps Atomique International.

### Arrangements avec le Bureau International de l'Heure concernant le Temps Atomique International

#### RÉSOLUTION 2

*La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures,*

##### CONSIDÉRANT

*qu'une échelle de Temps Atomique International doit être mise à la disposition des utilisateurs,*

*que le Bureau International de l'Heure a prouvé qu'il est capable d'assurer ce service;*

*REND HOMMAGE au Bureau International de l'Heure pour l'œuvre qu'il a déjà accomplie;*

*DEMANDE aux institutions nationales et internationales de bien vouloir continuer, et si possible augmenter, l'aide qu'elles donnent au Bureau International de l'Heure, pour le bien de la communauté scientifique et technique internationale;*

*AUTORISE le Comité International des Poids et Mesures à conclure avec le Bureau International de l'Heure les arrangements nécessaires pour la réalisation de l'échelle de Temps Atomique International à définir par le Comité International.*

### **Systeme International d'Unités**

Pascal; siemens

*La 14<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures a adopté les noms spéciaux « pascal » (symbole Pa) pour l'unité SI de pression (newton par mètre carré) et « siemens » (symbole S) pour l'unité SI de conductance électrique (ohm à la puissance moins un).*

Unité de quantité de matière (mole)

#### RÉSOLUTION 3

*La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures,*

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

##### DÉCIDE

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

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

3° *La mole est une unité de base du Système International d'Unités.*

**Approbation du programme de travail du Bureau International des Poids et Mesures pour 1973-1976**

**RÉSOLUTION 4**

*La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures,*

AYANT CONSIDÉRÉ le programme d'activité du Bureau International des Poids et Mesures étudié et proposé par le Comité International des Poids et Mesures pour les quatre années 1973-1976,

AYANT CONSTATÉ que ce programme est conçu de façon que le Bureau International des Poids et Mesures accomplisse ses missions en liaison avec les Comités Consultatifs et sous l'autorité du Comité International des Poids et Mesures, missions dont les plus importantes sont :

- la coordination des programmes de recherche métrologique ayant un intérêt international;
- - la certification d'étalons servant de points de départ aux laboratoires qui le demandent;
- l'organisation de mesures comparatives en vue de l'uniformité mondiale des résultats de mesure et en vue de la détection des erreurs;
- l'élévation du niveau scientifique du personnel à un degré suffisant pour que le Bureau International des Poids et Mesures participe aux recherches métrologiques, assimile et mette en œuvre les nouvelles techniques, et fournisse une aide compétente aux pays de plus en plus nombreux qui s'efforcent de développer leur industrie et leur métrologie;

DONNE SON APPROBATION au programme d'activité du Bureau International des Poids et Mesures proposé par le Comité International des Poids et Mesures pour les quatre années 1973-1976.

**Dotation du Bureau International pour la période 1973-1976**

**RÉSOLUTION 5**

*La Quatorzième Conférence Générale des Poids et Mesures,*

CONSIDÉRANT

que le programme d'activité du Bureau International des Poids et Mesures proposé par le Comité International des Poids et Mesures a été approuvé,

que ce programme comporte la mise au point et la mise en œuvre permanente de techniques métrologiques nouvelles, particulièrement pour les mesures de longueur et les mesures électriques, nécessitant des investissements en matériel et en personnel compétent,

qu'un accroissement annuel de 9 pour cent de la dotation du Bureau International est déjà devenu insuffisant pour le maintien des activités à leur niveau actuel, compte tenu de l'évolution des prix et des salaires et du niveau scientifique croissant exigé du personnel,

DÉCIDE que la partie fixe de la dotation annuelle sera augmentée de façon que l'ensemble de la partie fixe et de la partie complémentaire [définies à l'Art. 6 (1921) du Règlement annexé à la Convention du Mètre] soit, pour les États parties à la Convention à l'époque de la Treizième Conférence Générale :

en 1973	3 340 000 francs-or
1974	3 740 000
1975	4 180 000
1976	4 670 000

AUTORISE que, sous réserve de la condition ci-après, un pourcentage de 22 pour cent des contributions annuelles puisse être payé en monnaie nationale, la condition obligatoire étant que le Comité International soit averti au moins un an avant le début de l'année en cause, afin que le budget annuel puisse être préparé, puis décidé par le Comité International, en tenant compte de la nature des devises qui seront disponibles;

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



---

ANNEXE 1

---

**État actuel et progrès récents  
dans quelques domaines importants  
de la métrologie de base,  
et rôle des Comités Consultatifs (\*)**

Par J. TERRIEN

Directeur du Bureau International des Poids et Mesures

---

MONSIEUR LE PRÉSIDENT,  
MESDAMES, MESSIEURS,

On vous a demandé, au début de cette Conférence, de modifier un peu l'ordre du jour parce que, avant d'examiner le programme de travail du Bureau International, il semblait logique de faire un exposé assez détaillé sur l'état de la métrologie dans les différents laboratoires afin de placer le Bureau International des Poids et Mesures dans le contexte de l'ensemble des recherches et des travaux métrologiques. En effet, les possibilités du Bureau International des Poids et Mesures avec une trentaine de physiciens et techniciens ne sont presque rien comparées au travail des milliers de personnes des laboratoires nationaux des différents pays; il est donc important de bien choisir les travaux qui sont confiés au Bureau International et ceci ne peut se faire que si l'on connaît ce qui est fait et même ce qui est en projet dans les autres laboratoires. C'est à cette condition que l'on peut découvrir les actions essentielles qui doivent être entreprises par le Bureau International et aussi les actions qui ne peuvent être entreprises correctement que par le Bureau International. C'est d'ailleurs pour être moi-même bien informé de cette situation générale que j'ai participé, et que je participe de plus en plus, à des réunions internationales organisées par des unions scientifiques ou par des laboratoires, et que je visite des laboratoires; de plus en plus j'engage également mon personnel à faire des voyages pour qu'il soit bien conscient de la position particulière du Bureau International dans cet ensemble des travaux

---

(\*) Exposé présenté à la 14<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures, le mardi 5 octobre 1971.  
La traduction en langue anglaise de cet exposé sera publiée dans *Metrologia*, **8**, 1972.

métrologiques mondiaux; et c'est sans doute pour cette raison que le Comité International m'a demandé de vous faire un exposé où j'essaierai de résumer mon impression sur l'ensemble de la métrologie mondiale, ce qui est une tâche peut être trop ambitieuse, mais j'essaierai.

Je voudrais d'abord faire une remarque; le Bureau International s'occupe surtout des étalons les plus précis, ceux qui sont à la tête de la hiérarchie; on pourrait donc penser que nous connaissons mal les besoins de l'industrie. Or la métrologie n'est pas un amusement pour quelques scientifiques spécialisés, c'est une œuvre utilitaire, nécessaire au développement de l'industrie et de la puissance économique des différents pays et qui sert par conséquent à favoriser leur indépendance. Ce n'est d'ailleurs pas par hasard que les pays les plus puissants économiquement sont aussi ceux qui consacrent le plus d'argent, le plus d'efforts et de personnel à un laboratoire d'étalonnage, de recherches métrologiques et d'aide à l'industrie.

En ce qui concerne les besoins industriels, j'ai été frappé par un exposé de P. Kramer des Laboratoires de Recherches Philips à Eindhoven, donné à Delft à l'occasion du 150<sup>e</sup> anniversaire de l'adoption du système métrique aux Pays-Bas; il exprimait l'opinion d'un industriel et non pas l'opinion d'un métrologiste isolé dans son laboratoire. Il a rappelé que dans le passé assez lointain, vers 1800, la précision des mesures de longueur était suffisante avec 0,25 mm. Un siècle plus tard en 1900, on exigeait déjà souvent 0,01 mm. En 1950, cela devient 0,25  $\mu$ m. En 1970, on peut demander dans certains cas pour certaines applications industrielles 12 nm. Il y a là une progression extrêmement rapide des exigences de précision de l'industrie. L'explication de cet accroissement très rapide, c'est que dans un passé pas très lointain les assemblages mécaniques se faisaient par ajustage individuel des pièces; mais maintenant, pour qu'une industrie puisse vivre il faut faire des fabrications en grandes séries, c'est-à-dire que les pièces qui s'emboîtent les unes dans les autres pour former un ensemble doivent être aux dimensions correctes de façon très exacte, sans aucune retouche : sinon la fabrication en série est impossible. C'est pourquoi dans ces dernières années l'industrie a demandé une précision nettement plus grande qu'il y a vingt ans. Et enfin, certaines techniques industrielles de pointe, telle que la miniaturisation électronique, posent des exigences dimensionnelles plus sévères que jamais. Par conséquent, lorsque je vais vous parler maintenant de l'état de la métrologie dans la mesure des longueurs, je pense que nous avons tous conscience qu'il ne s'agit pas d'un jeu, mais vraiment d'une nécessité pratique pour l'économie des États.

Une autre chose qui m'a frappé en ce qui concerne la vérification des étalons de longueur, par exemple les règles divisées et les étalons à traits de 1 m, c'est que depuis la nouvelle définition du mètre en 1960 je pensais que les règles en platine iridié ou en acier nickelé de 1 m, qui étaient les étalons de départ autrefois, perdaient de leur intérêt puisque l'on pouvait se référer à la raie orangée du krypton qui est le nouvel étalon du mètre. Contrairement à mes prévisions, le Bureau International des Poids et Mesures n'a jamais reçu autant de demandes de contrôle de règles de 1 m que depuis la nouvelle définition du mètre. Cela peut se comprendre: les laboratoires qui avaient un étalon de 1 m ont voulu qu'il soit certifié dans la nouvelle définition du mètre. En conséquence, les installations qui existent au Bureau International, qui ont été étudiées depuis 1956 et qui ont été mises au point complètement dans les huit années suivantes, c'est-à-dire le comparateur interférentiel à microscopes photoélectriques qui permet de mesurer les étalons à traits et les étalons à bouts de 1 m ou de longueur plus courte en fonction de la nouvelle définition du mètre, ces installations sont en service continu depuis sept ou huit ans.

Le Bureau International des Poids et Mesures et l'industrie surtout utilisent aussi des calibres à bouts plans. Ces calibres en acier à bouts plans sont mesurés par des méthodes interférentielles. Je le rappelle parce que je voudrais remercier ici le Japon, et en particulier le fabricant d'instruments de mesure Tsugami pour la raison suivante. Nous avons au Bureau International un petit comparateur interférentiel pour mesurer des calibres jusqu'à 100 mm, qui a été construit sur les plans de A. Pérard en 1923, et c'est toujours le même qui nous sert. Bien entendu, nous avons le projet d'en construire un plus moderne et pour des étalons un peu plus longs. Or, nous avons trouvé que Tsugami fabriquait un interféromètre qui répondait parfaitement à nos besoins, mais son prix était trois fois plus élevé que le prix que nous avons estimé pour une construction faite au Bureau International. J'ai rendu compte de cette situation à Mr Tomonaga, membre du C. I. P. M., et la générosité de la Maison Tsugami et des autorités japonaises a permis au Bureau International d'obtenir un interféromètre industriel, bien construit, étudié par le Dr Sakurai, sans augmentation de nos dépenses prévues, c'est-à-dire trois fois moins que le prix de catalogue. Donc, je renouvelle mes remerciements, ceux du Comité International et ceux de vous tous, au Japon qui a permis d'avoir au Bureau International un interféromètre que nous n'aurions pas pu acheter sans cette générosité.

★

Je reviens aux techniques des *mesures de longueur*, aux étalons de longueur et aux progrès qui permettront de faire face aux besoins futurs. Il est bien certain que ces exigences de précision, qui se sont accrues si rapidement dans ces dernières années, ne vont pas s'arrêter aujourd'hui parce que ce serait plus agréable pour nous. Une technique nouvelle, dont vous avez sans doute entendu parler, permet d'envisager un nouvel étalon de longueur, peut-être une nouvelle définition du mètre, qui ferait gagner deux ou trois décimales sur la précision. Il existe, dès maintenant, la possibilité de produire une radiation monochromatique dont la longueur d'onde soit reproductible à une précision relative de l'ordre de  $10^{-11}$ ; les essais ne sont qu'à leur début, mais on peut déjà affirmer que cette reproductibilité est nettement meilleure que les possibilités actuelles de la radiation orangée du krypton, qui sont probablement limitées à  $10^{-9}$ . Pour la radiation du krypton qui sert à la définition du mètre, le Comité International des Poids et Mesures a publié des recommandations sur la mise en pratique de cette définition; ce sont des recommandations d'usage pratique, et non pas des recommandations qui permettent la précision maximale. Elles sont suffisantes pour tous les besoins, ou presque tous, et elles assurent une exactitude de l'ordre de  $10^{-8}$  en valeur relative. Cependant, même à l'époque où l'on a formulé ces recommandations, on savait qu'il était possible de faire mieux avec cette même radiation; nous le faisons au Bureau International des Poids et Mesures, on le fait dans quelques autres laboratoires, et ceci permet de donner des résultats de mesure, de la mesure de  $g$  accélération due à la pesanteur par exemple, avec une exactitude de l'ordre de quelques  $10^{-9}$ . Mais malgré les possibilités d'améliorer jusqu'à  $10^{-10}$  la précision de la définition actuelle du mètre, je ne crois pas qu'il soit sage de consacrer trop d'efforts à ce travail, parce que l'on peut s'orienter dans une direction tout à fait différente, celle que je viens d'évoquer.

Il s'agit de l'utilisation de lasers à gaz. Il existe des lasers à gaz de qualité très différente au point de vue métrologique; les plus simples fonctionnent sur plusieurs modes, c'est-à-dire qu'ils émettent simultanément plusieurs radiations de longueurs d'onde voisines. On peut s'arranger de façon à avoir un seul mode d'oscillation; même s'il y a un seul mode d'oscillation, la radiation émise par un laser est, comme il est

bien connu, de très haute luminance, très directive, sa longueur d'onde a un profil spectral très étroit et elle est capable de produire des interférences sur des différences de marche très grandes; mais la longueur d'onde d'une telle radiation est un mauvais étalon de longueur, plus mauvais que celle de la radiation du krypton, parce que la décharge dans le tube producteur d'un rayonnement laser se fait dans un gaz à une pression bien supérieure à la pression des gaz d'une lampe à krypton, parce que la pression du gaz change avec l'âge à cause de l'absorption dans les parois, dans les électrodes, et parce que cette longueur d'onde dépend des dimensions de la cavité résonnante. La longueur d'onde émise par un laser, même de la meilleure qualité, même bien stabilisé, varie au cours du temps et l'on ne peut pas se fier à mieux que  $10^{-7}$  en valeur relative à la valeur de la longueur d'onde d'une radiation d'un laser hélium-néon par exemple.

Mais il est possible d'asservir la longueur d'onde de cette radiation sur celle d'une raie d'absorption, c'est-à-dire que l'étalon est cette fois la longueur d'onde de cette raie d'absorption. Pour cela, il faut qu'il y ait une coïncidence accidentelle entre la longueur d'onde de la radiation produite par le laser et la longueur d'onde d'une raie d'absorption. De telles coïncidences accidentelles sont d'autant plus probables que le spectre d'absorption est plus riche en raies, et c'est pour cette raison que l'on a trouvé des coïncidences dans des spectres d'absorption moléculaire où les bandes moléculaires offrent une richesse de raies abondante. On connaît déjà peut-être une vingtaine de telles coïncidences, dans quelques années on en connaîtra sans doute une centaine. Deux d'entre elles ont été spécialement étudiées : premièrement la coïncidence entre une radiation infrarouge de longueur d'onde  $3,39 \mu\text{m}$  qui est émise facilement par un laser à gaz hélium-néon, coïncidence avec une raie d'absorption du méthane; une deuxième coïncidence connue est entre la raie rouge, bien familière aux utilisateurs de lasers hélium-néon à la longueur d'onde  $632,8 \text{ nm}$ , avec une raie d'absorption de la molécule d'iode. Il est possible de faire fonctionner un laser couplé avec une cuve d'absorption de façon que la raie d'émission du laser soit asservie à coïncider avec la raie d'absorption. Encore mieux, une raie d'absorption moléculaire ou atomique d'un gaz est en général élargie par l'effet Doppler d'agitation thermique des atomes ou des molécules absorbantes. Avec le rayonnement particulier d'un laser qui est très directif, il est possible d'obtenir un signal qui provient uniquement des atomes ou des molécules dont la vitesse n'a pas de composante radiale dans la direction du faisceau de lumière; cela veut dire que la raie d'absorption obtenue dans ces conditions est dépouvue de l'élargissement d'agitation thermique. C'est donc une raie d'absorption extrêmement fine et c'est pour cette raison que l'on peut obtenir une stabilisation de l'ordre de  $10^{-10}$  ou  $10^{-11}$  de la raie d'émission, grâce à cette absorption moléculaire.

Un tel dispositif a été réalisé dans un petit nombre de laboratoires depuis un an ou deux, en particulier au National Bureau of Standards (N. B. S.) à Washington et au Joint Institute for Laboratory Astrophysics (J. I. L. A.) à Boulder. Au cours d'un voyage aux États-Unis, le Dr Ambler m'a proposé, sur ma suggestion, qu'un tel ensemble, capable de produire la radiation stabilisée, à la longueur d'onde  $3,39 \mu\text{m}$ , soit transporté au B. I. P. M. afin que cette longueur d'onde soit comparée à la longueur d'onde étalon de la définition du mètre au B. I. P. M., pendant qu'elle l'était également au N. B. S. Je tiens à remercier, au nom de nous tous, le N. B. S. et le J. I. L. A. qui nous ont permis d'essayer de mettre en œuvre ces techniques d'avenir au B. I. P. M. sans attendre que nous soyons capables de construire nous-mêmes un tel ensemble. Je crois que cette initiative a été bénéfique pour tous car, comme toujours lorsqu'il s'agit d'une mesure difficile, les premiers résultats obtenus au N. B. S. et au B. I. P. M. sur la comparaison de la longueur d'onde de la raie du méthane à celle

de la raie du krypton ont donné des résultats un peu divergents, parce qu'il y a quelque part des erreurs systématiques. D'ailleurs ces comparaisons de longueurs d'onde ont un intérêt pratique; elles sont non seulement le test d'exactitude d'une mesure, mais elles montrent la possibilité d'utiliser ces étalons d'une très haute précision. Le travail qui a été fait pour cette comparaison est un travail préliminaire indispensable pour que ces nouvelles sources de rayonnement, qui sont peut-être à la base d'une définition future du mètre, soient rattachées à d'autres grandeurs de l'espèce longueur et par conséquent soient utilisables pratiquement.

Il y a là des possibilités d'avenir et c'est le rôle du Comité Consultatif pour les mesures de longueur, qui continue à porter le nom de Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (C. C. D. M.) et qui rassemble les spécialistes des grands laboratoires nationaux et d'autres spécialistes des mesures de longueur, de discuter les programmes de recherches et les décisions à prendre. Ce Comité Consultatif s'est réuni l'an dernier sous la présidence de notre Président, Mr Otero. Ses conclusions ont été qu'il était nécessaire de pousser les études des lasers stabilisés sur une raie d'absorption moléculaire, et il a chargé le Bureau International de rassembler les résultats et de les diffuser. Il a estimé aussi, certainement à juste titre, qu'il était encore prématuré de prévoir les modalités d'un futur changement éventuel de la définition du mètre.

En continuant sur le sujet des mesures de longueur, je pense utile de remarquer qu'elles sont utilisées non seulement dans l'industrie mais aussi en spectroscopie; la spectroscopie est elle aussi un outil indispensable pour l'industrie mais elle est surtout indispensable pour les sciences, en particulier pour l'astronomie et c'est pour cette raison que les tables d'étalons de longueurs d'onde sont depuis très longtemps sous l'autorité reconnue de l'Union Astronomique Internationale et en particulier de sa Commission 14 qui, à l'origine, sous un nom différent, s'est beaucoup occupée de la définition de l'angström. Dans cette Commission les directeurs du B. I. P. M. ont toujours été des membres ainsi que les spécialistes des mesures de longueur dans les grands laboratoires nationaux. Je suis heureux de vous dire qu'il y a une excellente liaison entre cette Commission 14 de l'Union Astronomique Internationale, le C. C. D. M., le B. I. P. M. et les grands laboratoires nationaux, car il est intéressant pour vous de savoir qu'il y a une coordination excellente dans l'établissement des programmes et dans l'évaluation des résultats qui intéressent les mesures de longueur.

On pourrait évoquer une autre question qui a été discutée au C. C. D. M., non pas très complètement parce que ce serait prématuré, concernant les relations entre les mesures de longueur et la vitesse de la lumière, la vitesse des ondes électromagnétiques dans le vide. Actuellement, on fait déjà des mesures de longueur importantes en géodésie en utilisant la durée de parcours de la lumière ou d'ondes électromagnétiques sur la distance à mesurer. Il existe des appareils commerciaux : le « géodimètre » qui travaille en lumière visible, le « telluromètre » qui travaille avec des ondes courtes, des appareils du genre « radar » qui produisent des impulsions très brèves dont on mesure la durée de propagation entre l'instant du départ et l'instant de retour à l'émetteur.

C'est ainsi que l'on mesure aussi la distance de la Terre à la Lune, ou plus exactement la distance d'un observatoire terrestre à l'un des rétroreflecteurs qui ont été déposés sur la Lune par les missions spatiales américaines ou soviétiques. La durée de trajet aller et retour dans le cas des signaux envoyés sur la Lune est de l'ordre de 2,5 s et l'on mesure cette durée à 10<sup>-4</sup>. Ce qui veut dire que si nous connaissions la vitesse de la lumière à 10<sup>-4</sup>, nous pourrions mesurer la distance entre les extrémités de ce parcours à 30 cm près. Mais la vitesse de la lumière est connue non pas à 10<sup>-4</sup> en valeur relative

mais environ 10<sup>-6</sup>. C'est là en quelque sorte un scandale pour la métrologie : on sait mesurer assez facilement des longueurs à 10<sup>-8</sup> et même mieux, mesurer des temps à 10<sup>-10</sup> et même mieux, mais dès que l'on combine le temps et la longueur pour avoir des résultats en mètre par seconde en ce qui concerne la vitesse de la lumière, on perd un facteur 100. En fait, de gros efforts sont dépensés dans un petit nombre de laboratoires pour améliorer cette connaissance de la vitesse de la lumière, non pas seulement pour un plaisir esthétique, et non pas seulement pour le plaisir des astronomes, car mesurer la distance de la Terre à la Lune ne sert pas seulement à connaître ce qui se passe entre la Terre et la Lune mais aussi ce qui se passe sur la Terre. En effet la distance d'un point de la Terre à la Lune dépend du mouvement de la Terre autour de son axe, de la dérive des continents, et encore d'autres causes. Avec cette précision de l'ordre de 30 cm, on peut déterminer par exemple la durée du jour, les déplacements des pôles, les déplacements des continents, etc., avec plus de précision qu'on ne sait le faire à présent.

Même si l'on se limite aux déterminations purement métrologiques, une valeur exacte de la vitesse de la lumière est une donnée nécessaire. Par exemple, l'attribution d'une valeur exacte à des étalons électriques est en ce moment limitée par l'imprécision de la mesure de la vitesse de la lumière. Cela peut paraître paradoxal mais c'est parfaitement vrai. Je vois Mr Olmer, directeur du Laboratoire Central des Industries Électriques à Fontenay-aux-Roses, qui dit « oui » en faisant un signe de tête. Pourquoi? C'est parce que la méthode la plus précise pour relier le farad, unité de capacité, aux unités de base, est la méthode du condensateur à variation calculable de Lampard-Thompson; c'est une méthode électrostatique qui nous donne à presque 10<sup>-8</sup> la valeur d'une capacité électrique par une simple mesure de longueur, mais non pas dans le Système International d'Unités, mais dans un système électrostatique. Et pour passer d'une unité électrostatique à l'unité du Système International qui est de nature électromagnétique, il faut appliquer un facteur égal au carré de la valeur de la vitesse de la lumière, et c'est là le point le moins précis du rattachement des unités de base au farad, puis à l'ohm qui s'en déduit assez facilement par des mesures d'impédance à une fréquence connue. Par conséquent, la vitesse de la lumière est utile pour des mesures de longueur, mais aussi pour beaucoup d'autres choses.

★

Je vais parler maintenant de la *grandeur masse*, dont l'unité est le kilogramme. Lorsque j'ai commencé mon activité métrologique, il était courant de dire que les mesures de masse étaient les plus précises de toutes : la balance et les étalons de masse permettent une reproductibilité de l'ordre de 10<sup>-8</sup> et même quelques 10<sup>-9</sup>. Maintenant les mesures de longueur, les mesures de temps ont progressé énormément. De telle sorte que la masse maintenant reste en arrière par rapport au progrès des autres étalons des grandeurs de base.

Que peut-on faire pour améliorer cette situation? On a pensé depuis longtemps à rattacher l'unité de masse à une constante physique; malheureusement aucune des propositions qui ont été faites n'est réaliste, elles ne permettraient que des déterminations avec une précision 100 ou 1000 fois moins bonne que ce qu'on obtient avec le kilogramme étalon et la balance de nos grands-pères. On peut pourtant améliorer des détails comme nous avons vraiment l'habitude de le faire au B. I. P. M. Tout d'abord, il faut une meilleure balance. Quelques laboratoires nationaux ont construit une balance nouvelle ou modifié une balance ancienne, afin qu'il ne soit plus nécessaire de soulever le fléau pendant que l'on manipule les étalons de masse pour les placer sur les plateaux

ou les enlever. Après un soulèvement du fléau, le contact entre le couteau et son plan ne peut pas se reproduire identique, les propriétés de la balance sont changées, et ce changement est une cause d'infidélité. La meilleure balance du Bureau International, qui date de l'origine, reste excellente, mais son fléau doit être soulevé pendant l'échange des étalons de masse. Au National Bureau of Standards, un modèle amélioré était à l'étude depuis une dizaine d'années et sa mise au point s'est achevée l'an dernier. Le directeur du N. B. S. a mis cette balance à la disposition du Bureau International, et vous pourrez la voir lors de la visite de nos laboratoires. Je remercie au nom de vous tous le directeur du N. B. S. de cette aide généreuse qui nous permettra d'améliorer à l'avenir la précision des étalons de masse dont la vérification nous est demandée.

Mais il ne suffit pas d'avoir une bonne balance, il faut l'installer et l'utiliser dans des conditions où ses qualités soient exploitées au mieux. Ces conditions sont relatives à la stabilité mécanique et à la stabilité thermique.

Les microvibrations du sol et du pilier qui supporte la balance sont un facteur perturbateur. Le Bureau International a déjà été amené à neutraliser les mouvements indésirables du sol pour deux installations importantes : le comparateur interférentiel à microscopes photoélectriques et l'appareil pour les mesures de l'accélération due à la pesanteur où les mouvements du sol sont vraiment une chose qu'il faut éviter à tout prix. L'expérience ainsi acquise nous a permis de concevoir et de construire pour les balances des piliers plus stables que tous ceux que nous avons eus précédemment au Bureau International et nous avons les moyens de mesurer les vibrations de ces piliers. Donc nous aurons une meilleure stabilité mécanique.

Nous savons aussi, toujours à cause des essais, des erreurs et des réussites dans les installations d'autres appareils, comment obtenir une température stable; or il faut que la balance soit dans une ambiance dont la température ne change pas ou le moins possible. Il est évident que si l'on demande aux deux bras d'un fléau de rester dans le même rapport à  $10^{-6}$ , tandis que ce fléau est fait en un métal dilatable dont la longueur varie de  $10^{-6}$  par kelvin, il faut que la stabilité de l'égalité de température des deux bras soit assurée à  $10^{-6}$  K, c'est-à-dire à un dix-millième de kelvin, pendant la durée d'une pesée.

Il faut peut-être d'autres conditions qui n'ont jamais été étudiées sérieusement. La période d'oscillation d'une balance est assez longue, de l'ordre de 30 secondes. Or, il se trouve que pour la mesure de  $g$ , A. Sakuma a été amené à étudier les mouvements du sol ayant une périodicité analogue de l'ordre de 20 ou 30 s, et nous savons maintenant non seulement les détecter mais encore les neutraliser complètement. Ce sont là des essais que nous allons faire, qui prendront du temps, mais on est en droit d'espérer que nous pourrions améliorer, certainement pas d'un facteur 100, mais d'une quantité appréciable, nos mesures de masse.

Le nettoyage des étalons de masse est aussi un point important. On est certain que l'évaporation du platine iridié est négligeable, mais on sait que si l'on conserve un prototype du kilogramme dans une atmosphère considérée comme propre, sous un ensemble de trois cloches en verre, comme nous le faisons pour le prototype international, au bout de quelques années sa masse a changé par l'apport de matières surajoutées, que l'on peut enlever par un nettoyage. Une étude qui a été faite plusieurs fois au B. I. P. M. dans les dizaines d'années passées et qu'il faudra reprendre encore plus soigneusement, doit répondre à la question : comment peut-on nettoyer un étalon de masse en platine iridié ou en acier inoxydable de façon à enlever les matières indésirables surajoutées sans user cet étalon, sans enlever de métal? il n'y a guère que

le B. I. P. M. qui puisse faire cette étude parce qu'il dispose d'une assez grande quantité d'étalons de masse en platine iridié; il peut comparer les influences du traitement sur un étalon par rapport à un étalon de référence qui n'a pas été manipulé.

Nous devons faire tous ces travaux parce que l'unité kilogramme est définie au moyen d'un étalon conservé au B. I. P. M. Ce prototype du kilogramme que le B. I. P. M. a le privilège de posséder est le point de départ de toutes les mesures de masse. Cela veut dire que de lui dépendent non seulement les mesures de masse, mais encore toutes les mesures qui impliquent une mesure de masse. C'est par exemple le cas de l'ampère; en effet, pour déterminer l'ampère vous savez qu'on envoie le courant que l'on veut mesurer dans des bobines, ces bobines s'attirent avec une certaine force qui est appliquée à l'extrémité du fléau d'une balance; à l'autre extrémité on équilibre cette force en posant une masse. Il faut donc pouvoir mesurer la masse avec toute la précision de la détermination de l'ampère. Il faut connaître aussi l'accélération due à la pesanteur puisque la force est le produit de ces deux grandeurs.

J'aimerais bien parler aussi d'une grandeur qui est reliée à la masse, il s'agit de la *masse volumique*. Le Bureau International a organisé entre 1952 et 1964 des mesures comparatives internationales de la masse volumique d'un cylindre en acier inoxydable. Les sept laboratoires et le Bureau International qui ont participé à ces mesures comparatives étaient en accord à  $10^{-5}$ . Depuis, on a fait des progrès dans plusieurs laboratoires et particulièrement au B. I. P. M., en apportant beaucoup de soins à de petits détails, en améliorant la stabilité et l'uniformité de température du bain d'eau qui sert aux pesées hydrostatiques (car la masse volumique se détermine par une pesée hydrostatique), et en accordant plus de soin aux pesées. On a aussi amélioré la préparation, un peu mystérieuse, de ce fil de platine-platiné qui s'accroche par un bout au plateau d'une balance et par l'autre bout au support du corps immergé dans l'eau; en effet ce fil doit traverser la surface de l'eau, c'est-à-dire qu'il est soumis aux forces capillaires qui le tirent dans un sens ou dans l'autre. Le procédé mis en œuvre depuis 60 ou 70 ans au B. I. P. M. a été encore amélioré. En conséquence, nous faisons couramment maintenant des mesures de masse volumique fidèles à  $10^{-6}$  et même mieux.

Cela ne veut pas dire que nous connaissons la masse volumique, en kilogrammes par mètre cube, à  $10^{-6}$ ; nous ne faisons que des mesures relatives. En effet, des mesures qui s'exprimeraient en kilogrammes par mètre cube exigeraient la mesure du volume du corps immergé à  $10^{-6}$  et c'est là toute la difficulté qui a été rencontrée par ceux qui ont fait entre 1895 et 1905 la mesure de la masse volumique de l'eau. Actuellement c'est leur résultat,  $0,999\,972\text{ kg/dm}^3$ , qui sert de référence pour la plupart des mesures de masse volumique. Cette détermination du siècle dernier était certainement bien faite, mais elle souffre d'un grave défaut : c'est qu'on ne connaît pas la composition isotopique de l'eau utilisée à cette époque, pour la bonne raison que l'existence des isotopes était inconnue. Ce que nous avons fait au B. I. P. M., en partie avec des crédits fournis en faveur des recherches océanographiques, c'est comparer la masse volumique de l'eau naturelle provenant de différentes origines, par exemple de la Méditerranée, de l'Atlantique, ou des neiges du Groenland. Les phénomènes atmosphériques naturels produisent une séparation partielle des isotopes, oxygène 18 et deutérium. Nous avons constaté expérimentalement, pour la première fois sans doute, que des échantillons d'eaux naturelles, après qu'ils ont été purifiés chimiquement, c'est-à-dire débarrassés de substances chimiques étrangères, mais sans altération de leur composition isotopique, peuvent différer par leur masse volumique de dix fois  $10^{-6}$ , soit  $10^{-5}$ . Heureusement, c'est dans les régions tempérées que se trouvent la plupart des laboratoires de métrologie, et l'on peut espérer que les eaux naturelles qui y sont



utilisées ont à peu près la même composition isotopique, et à peu près la composition isotopique de l'eau du siècle dernier lorsque Ch.-Ed. Guillaume ouvrait le robinet d'eau au Pavillon de Breteuil.

Mais il y a là dans notre connaissance de la masse volumique de l'eau une lacune qui est signalée avec insistance par les océanographes. Vous savez en effet que la recherche océanographique a de nos jours une grande importance économique car on fonde de grands espoirs sur l'exploitation des océans; or la connaissance des océans exige la connaissance des mouvements de l'eau des océans, qui sont fonction presque uniquement de petites différences de masse volumique. Une meilleure connaissance de la masse volumique de l'eau est réclamée aussi par l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée, car en chimie on a besoin de connaître les propriétés physiques des substances chimiques, en particulier leur masse volumique qui est mesurée par comparaison à l'étalon de base qui est toujours l'eau. Il y a donc un besoin à satisfaire; ce besoin ne sera pas satisfait par le B. I. P. M., bien qu'on me l'ait demandé plusieurs fois, mais je pense que c'est aux laboratoires nationaux de décider s'ils portent un intérêt suffisant à ce travail et s'ils ont les crédits pour le faire.

★

Je passe maintenant aux mesures et aux *étalons de temps*. Vous savez que le B. I. P. M. n'a aucune activité expérimentale dans le domaine des mesures de temps ou de fréquence. Cependant, mon personnel et moi-même considérons que nous devons être bien informés de tout ce qui se passe à ce sujet. Pour cela je suis membre de la Commission de l'Heure de l'Union Astronomique Internationale, je suis toujours invité aux Assemblées Générales de l'Union Radioscopique Internationale et je suis bien au courant de ce qui est discuté au Comité Consultatif International des Radiocommunications de l'Union Internationale des Télécommunications. J'ai visité plusieurs fois quelques-uns des laboratoires dans lesquels on a construit des étalons atomiques de fréquence, soit des étalons à césium, soit des étalons masers à hydrogène. Et cela a, je crois, rendu service parce que dans les discussions qui se sont produites dans ces dernières années, en particulier entre les astronomes et les physiciens, il y a eu des malentendus regrettables; bien sûr, tous ceux qui étaient compétents ont cherché à éclairer les personnes qui souffraient de ces malentendus et j'y ai participé dans une bonne mesure.

Je voudrais me limiter, dans le domaine des mesures de fréquence, à vous indiquer quels sont les progrès à faire. On a déjà des étalons atomiques de fréquence à césium. Ce sont des étalons à jet de césium qui fournissent la fréquence de la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'atome de césium à son état normal d'équilibre; la transition entre ces deux niveaux hyperfins est produite par émission stimulée dans un champ alternatif provenant d'un oscillateur extérieur construit par l'homme; à partir de cet oscillateur on synthétise la fréquence de transition du césium et, si la fréquence de l'oscillateur est exactement réalisée, la transition du césium se produit et l'on peut vérifier que l'étalon construit par l'homme a la fréquence voulue, ou stabiliser l'étalon sur la valeur de la fréquence naturelle du césium.

Le principe est simple, mais lorsqu'on le met en œuvre réellement il faut des précautions; par exemple la précaution suivante : cette transition est obtenue dans la plupart des appareils au moyen de ce qu'on appelle une cavité de Ramsey; c'est une cavité double, composée de deux parties distinctes qui devraient osciller exactement en concordance de phase. Malgré une construction estimée symétrique et des contrôles,

on n'est jamais sûr que cette concordance de phase soit parfaite. On connaît des méthodes pour éliminer les erreurs produites par cette différence de phase résiduelle. Une méthode presque évidente, bien connue de tous les métrologistes, consiste à inverser le signe de cette erreur; il suffit de faire voyager les atomes de césium du jet en sens inverse, et de prendre la moyenne des deux résultats. Malheureusement, pour faire voyager les atomes de césium en sens inverse, il faut mettre côte à côte à chaque extrémité du jet atomique un détecteur extrêmement sensible qui peut compter les atomes ayant subi la transition, et une source de chaleur qui est le four dans lequel le césium s'évapore avec une tension de vapeur suffisante pour produire le jet. Or, ces deux parties sont quasiment incompatibles côte à côte. Cette circonstance pratique rend difficile la mise en œuvre du principe simple du retournement.

Il y a d'autres limitations; par exemple ce jet de césium est obtenu à partir d'une vapeur qui s'échappe par des canaux ou par de petits trous afin que les atomes soient canalisés dans la direction voulue; cette vapeur est en équilibre d'agitation thermique, c'est-à-dire que le jet est composé d'atomes ayant une distribution de vitesses. Or, il est nécessaire d'appliquer une petite correction Doppler de second ordre qui est fonction de ces vitesses. Il serait donc bien agréable, ou bien d'avoir des atomes monocinétiques, et je ne vois pas très bien comment, ou bien d'avoir des atomes lents car la correction deviendrait petite. Il y a peut-être encore d'autres procédés, mais voilà un deuxième problème qu'il faut résoudre si l'on veut améliorer l'exactitude des étalons de fréquence à césium.

Maintenant, on peut se demander s'il est vraiment nécessaire de pousser l'exactitude plus loin qu'elle n'est atteinte actuellement. Si nous posons la question à Mr Guinot, directeur du Bureau International de l'Heure, il répondra que c'est absolument nécessaire et dès aujourd'hui. En effet, le rôle du B. I. H. n'est pas de mesurer une fréquence à un instant donné, c'est d'accumuler des secondes pendant tout le temps qu'il le pourra; lorsque l'on accumule des secondes, même une toute petite erreur relative finit par donner des erreurs qui atteignent des microsecondes, puis des millisecondes qui sont intolérables si l'on veut avoir une échelle de temps pouvant servir aux usages auxquels elle est destinée. Et c'est effectivement la conclusion du Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde qui a recommandé que l'on continue à poursuivre activement l'amélioration des étalons atomiques de fréquence. Ceci peut se faire avec les étalons à césium dont je vous ai parlé. Peut-être peut-on le faire aussi avec des masers à hydrogène. Vous savez que lorsque la Conférence Générale a adopté la nouvelle définition de la seconde en 1967, certains trouvaient que cette adoption était trop tardive, qu'on aurait dû le faire dès la Conférence Générale de 1964, car on avait dès ce moment besoin d'un accord international sur la définition d'une fréquence parce que ces fréquences étaient déjà utilisées pratiquement. Et l'une des raisons, peut-être la raison principale, qui a empêché de changer la définition de la seconde et d'adopter une définition atomique dès 1964 est que, à cette époque, le maser à hydrogène était un concurrent sérieux de l'étalon à césium; on croyait qu'il allait gagner la bataille et qu'il deviendrait supérieur à l'étalon de fréquence à césium. L'expérience a montré qu'il n'en était rien parce que les conditions de l'amélioration de l'étalon à césium ont pu être satisfaites, tandis que les conditions de l'amélioration du maser à hydrogène étaient plus difficiles.

De quoi s'agit-il? Vous savez que le maser à hydrogène est un oscillateur, et non pas un système passif qui ne peut que dire oui ou non lorsqu'on lui présente une fréquence et qu'on lui demande si c'est la bonne. Le maser à hydrogène est un oscillateur qui marche tout seul, sans qu'il soit besoin d'avoir un oscillateur construit séparé-

ment. Ses oscillations sont celles de l'atome d'hydrogène, c'est encore une fréquence de transition hyperfine de l'état électronique normal. On produit dans un jet d'atomes d'hydrogène des atomes excités, c'est-à-dire portés à l'état supérieur de cette transition hyperfine; on les envoie dans une cavité résonnante et l'on a les conditions nécessaires pour le fonctionnement d'un maser, c'est-à-dire d'un oscillateur entretenu alimenté par l'énergie des atomes excités envoyés dans la cavité. En principe, la fréquence de l'oscillation produite devrait être exactement celle de l'atome d'hydrogène. Malheureusement il faut que l'atome d'hydrogène reste pendant quelques dixièmes de seconde ou quelques secondes dans cette cavité. Or, ces atomes se déplacent à des vitesses d'agitation thermique de l'ordre de 1 km/s. Le seul subterfuge qu'on ait trouvé, et qui a permis le fonctionnement du maser à hydrogène, est d'introduire dans la cavité résonnante électromagnétique un ballon dont les parois sont recouvertes intérieurement de téflon, et où les atomes d'hydrogène sont enfermés. En effet, il se trouve que les atomes d'hydrogène peuvent rebondir sur les parois sans changer la phase des oscillations. Malheureusement, quand je dis sans changer la phase, ce n'est qu'une première approximation. En réalité tous ces chocs sur les parois du ballon altèrent la fréquence produite. Que peut-on faire pour savoir de quelle quantité la fréquence est changée, car peu importe ce changement si l'on sait mesurer exactement sa valeur afin d'appliquer une correction? On peut faire fonctionner le maser avec deux ou trois ballons de grandeur différente et extrapoler jusqu'à un diamètre infini. Cette méthode suppose que les revêtements de téflon soient identiques dans tous ces ballons. Il y a quelques autres méthodes, mais c'est à cause de difficultés de ce genre que le maser à hydrogène est resté en arrière par rapport à l'étalon à césium.

★

Je vais vous parler maintenant des *mesures électriques*. Là, le B. I. P. M. joue un rôle expérimental parce que les grands laboratoires nationaux considèrent que c'est une tâche importante pour eux. Jusqu'à présent ce rôle du B. I. P. M. est resté modeste : il consiste à comparer périodiquement les étalons représentatifs de l'ohm et du volt des grands laboratoires nationaux. Lors de mes visites dans les laboratoires nationaux j'ai été frappé par la remarque suivante : il y a une dizaine d'années, lorsque des laboratoires industriels demandaient de certifier la force électromotrice d'éléments Weston, ils demandaient que les certificats soient donnés avec une précision relative de  $10^{-3}$ , c'est-à-dire  $10 \mu\text{V}$ ; depuis quelques années ils demandent dix fois mieux, soit  $1 \mu\text{V}$ . Par conséquent, l'industrie a besoin maintenant de mesures électriques nettement plus précises qu'il y a une dizaine d'années. Pour satisfaire cette demande, les laboratoires nationaux ont fait des efforts pour améliorer eux aussi leurs étalons et le B. I. P. M. reçoit des étalons qui sont certifiés avec une décimale de plus qu'auparavant. Nous devons donc améliorer nos installations, nous avons commencé et nous continuerons à le faire.

Une deuxième chose importante est qu'en 1968-1969 nous avons obtenu un résultat espéré depuis 40 ans : l'unification des valeurs attribuées aux étalons qui conservent l'ohm et le volt dans les laboratoires nationaux. La valeur assignée aux étalons de l'ohm et du volt, c'est-à-dire des bobines de manganine et des éléments voltaïques du type Weston, provient de ce que j'appelle des mesures absolues, c'est-à-dire des mesures qui se rapportent uniquement aux unités de base et aux définitions des unités. Ce sont des mesures avec la balance de courant, avec le condensateur Lampard-Thompson, etc. Ces mesures ne sont possibles qu'avec une exactitude insuffisante, mais les laboratoires nationaux et tous ceux qui utilisent leurs étalonnages peuvent

bénéficier d'une précision meilleure; en effet, par entente internationale, on attribue aux étalons une valeur moyenne, en partie conventionnelle en ce qui concerne la dernière décimale. Cette valeur moyenne est extrêmement précieuse car elle permet d'exprimer des résultats de mesure au moyen d'étalons qui sont bien définis, qui n'ont peut-être pas la durée au cours des siècles d'une définition fondée sur une constante naturelle, mais qui sont utiles car, sans eux, certains travaux perdraient leur valeur.

Dans les comparaisons internationales de 1967 entre les étalons représentatifs de l'ohm et du volt de dix laboratoires nationaux il y avait, je ne dis pas des désaccords, mais des divergences moyennes de  $4 \mu\text{V}$  et de  $3 \mu\Omega$  sur les étalons de force électromotrice et de résistance, les divergences maximales étant de  $15 \mu\text{V}$  et de  $17 \mu\Omega$ . Aux comparaisons internationales suivantes effectuées au B. I. P. M. en 1970, la moyenne des divergences s'est abaissée à  $0,25 \mu\text{V}$  et  $0,25 \mu\Omega$ . Il y a donc une amélioration d'un facteur 10, et maintenant les certificats de mesures électriques délivrés par tous les laboratoires nationaux qui ont participé à ces comparaisons sont cohérents à mieux que  $10^{-6}$  dans le monde entier.

Même cette cohérence améliorée n'est déjà plus suffisante pour certaines applications récentes, par exemple l'utilisation de l'effet Josephson pour la conservation des étalons du volt et la détermination de quelques constantes physiques fondamentales. Après qu'on a déterminé le volt en valeur absolue, on le conserve au moyen d'éléments Weston comme je vous l'ai dit. Or, c'est véritablement un miracle qu'une pile électrique, c'est-à-dire un élément voltaïque du type Weston, soit capable de conserver, avec une stabilité meilleure que le millionième par an, une force électromotrice; si l'on pense à tous les phénomènes qui peuvent se produire, croissance de cristaux, diffusion de molécules à l'intérieur de cet édifice très complexe qui contient du mercure, du cadmium, de l'amalgame, du sulfate de cadmium, de l'eau etc., il est étonnant que ces éléments Weston puissent conserver le volt. Et en fait, il n'y a qu'un petit nombre d'éléments Weston qui en soient capables; on sélectionne soigneusement ceux qui sont utilisés dans les laboratoires nationaux. C'est un grand bonheur que l'on puisse maintenant contrôler cette stabilité, non pas au moyen de ces édifices physicochimiques fragiles et complexes, mais au moyen d'un phénomène naturel qui est lui aussi un phénomène exceptionnel, de découverte récente et qu'on n'aurait pu espérer il y a une dizaine d'années.

On pense que les phénomènes quantiques, tels que les transitions d'état énergétique d'un atome, sont parfaitement définis, que rien ne peut les perturber et qu'ils sont les mêmes partout sur la Terre, sur Sirius ou aux confins de notre Univers. Mais on croyait que ces phénomènes quantiques n'existaient qu'au niveau des particules élémentaires, des atomes. Or, B. D. Josephson a découvert un phénomène qui met les phénomènes quantiques à la portée des laboratoires qui manipulent des grandeurs macroscopiques. Je ne peux pas entrer dans le détail, mais le résultat pratique pour un laboratoire de métrologie est le suivant : en utilisant un étalon de fréquence, en exposant à un rayonnement électromagnétique de fréquence connue ce qu'on appelle une jonction Josephson, c'est-à-dire le contact imparfait entre deux substances supraconductrices refroidies dans l'hélium liquide, il est possible d'en tirer des échelons de potentiel qui sont fonction uniquement de la fréquence. On peut changer la température, la nature des matériaux utilisés dans la jonction, et bien d'autres paramètres, ces échelons de fréquence restent invariables avec une très haute précision. Il est donc possible d'utiliser ces échelons de potentiel qui sont dans une relation très simple avec la fréquence pour constater si nos éléments Weston sont assez stables. On pourrait même en principe se passer des éléments Weston, mais cela n'arrivera sans doute jamais parce que l'élément Weston est beaucoup plus commode. La mise en œuvre

de l'effet Josephson n'est pas simple, mais il faut le faire et nous le ferons au B. I. P. M. Nous n'aurons qu'à copier ce qui est fait dans quelques grands laboratoires nationaux, mais même copier n'est pas facile. Il faut des tours de mains, des recettes techniques pour faire ces jonctions; sinon on ne réussit pas.

Il y a d'autres techniques pour conserver les étalons macroscopiques matériels qui sont les points de référence pour les certificats d'étalonnage des grandeurs électriques en courant continu, par exemple l'utilisation du coefficient gyromagnétique du proton qui permet de relier un champ d'induction magnétique à une fréquence. Voyez, on se rapporte encore aux fréquences parce que c'est une grandeur que l'on sait mesurer avec une grande exactitude. Pour produire un champ magnétique il faut faire passer un courant dans une bobine et le champ est fonction non seulement de l'intensité du courant mais malheureusement aussi des dimensions du bobinage. Donc, à la condition que l'on sache faire un bobinage dont les dimensions soient stables avec une précision de  $10^{-7}$  par exemple, ou si l'on sait contrôler ces dimensions pour mesurer leur valeur et calculer des corrections, il est possible de reproduire l'ampère par une mesure de fréquence. C'est une technique qui est déjà en œuvre dans quelques grands laboratoires nationaux mais que je n'envisage pas de mettre en œuvre au B. I. P. M. Voilà ce que je peux dire au sujet des grandeurs en courant continu qui sont les grandeurs de base de la métrologie électrique.

Il y a d'autres grandeurs qui intéressent l'électricité; je veux parler des grandeurs dans le domaine des hautes fréquences, qui exigent des techniques presque indépendantes de celles des laboratoires d'électricité tels que nous les connaissons il y a une dizaine d'années, bien qu'il s'agisse également de potentiels, d'intensités de courant, avec encore d'autres grandeurs qui sont particulières aux hautes fréquences. C'est l'Union Radioscopique Internationale qui, la première, avait pris l'initiative d'assurer une certaine coordination entre les laboratoires spécialisés en cette matière. Et c'est à la demande de l'Union Radioscopique Internationale que le Comité Consultatif d'Électricité (C. C. E.) et le C. I. P. M. ont décidé que notre Organisation devait également s'occuper de cette coordination. Pourquoi? parce que cette coordination exige des mesures comparatives, des transports d'étalons, des expériences. La coordination ne se fait pas seulement par des discussions orales ou des distributions de documents, il faut aussi des mesures expérimentales. Or, une association telle que l'Union Radioscopique Internationale n'a pas de laboratoire ni de physiciens permanents pour assurer une telle coordination. Elle s'est donc adressée au B. I. P. M. comme on a tendance à le faire quand on veut qu'un travail métrologique soit fait correctement. Mais si le B. I. P. M. a la réputation de travailler bien, c'est parce qu'il se limite aux travaux pour lesquels il sait qu'il est compétent. Comme le Bureau International n'avait ni le personnel ni l'équipement nécessaires, le C. C. E. a mis sur pied une organisation dans laquelle les mesures comparatives sont dirigées non pas par le B. I. P. M. mais par un laboratoire volontaire que nous avons appelé laboratoire pilote. Un assez grand nombre de mesures comparatives ont été décidées. Ce sont des comparaisons circulaires dans lesquelles des étalons, dont certains sont très fragiles, doivent passer d'un laboratoire à un autre; on y fait les mêmes mesures, on constate si les résultats sont identiques ou de combien ils diffèrent et l'on cherche pourquoi ils diffèrent s'il y a lieu. Malheureusement, si quelques-unes de ces mesures comparatives se sont déroulées avec succès, la plupart n'ont pas donné les résultats que l'on en attendait. Dans un tel travail en collaboration, si l'un ou plusieurs des collaborateurs ne sont pas prêts, on va à un échec à peu près certain. C'est ainsi, par exemple, que certaines de ces comparaisons ont été interrompues parce que les étalons trans-

portés (c'étaient des instruments de mesure de puissance de rayonnement électromagnétique) étaient extrêmement fragiles; à cause des retards dans l'accomplissement du programme, ils sont devenus inutilisables.

Un cas semblable s'est présenté en ce qui concerne les étalons de capacité électrique. Il avait été proposé au C. C. E. que, en supplément des comparaisons des étalons de l'ohm et du volt, on fasse des comparaisons des étalons du farad. Cela paraissait parfaitement raisonnable. Le B. I. P. M. ne pouvait pas y participer à ce moment. On a demandé aux laboratoires de fournir des étalons suffisamment stables et de les faire circuler d'un laboratoire à l'autre. Ce fut un échec à peu près complet, parce que cette comparaison a duré onze ans, de 1959 à 1970. Il y avait sept condensateurs étalons au départ; à la fin des comparaisons on en a gardé quatre, mais il n'y en avait guère que deux qui aient conservé une stabilité suffisante. C'étaient des condensateurs d'une capacité de  $0,1 \mu\text{F}$  avec isolant au mica. Les résultats n'ont pas été toutefois entièrement négatifs, mais la comparaison était insuffisamment préparée et certainement plusieurs laboratoires ont travaillé sans grand profit.

Je ne voudrais pourtant pas conclure ces commentaires sur les comparaisons circulaires d'une façon exagérément pessimiste. Je veux croire que les délais qui retardent et compromettent ces comparaisons sont justifiés par une prise de conscience des laboratoires retardataires; sachant que leurs résultats seront confrontés à ceux des laboratoires d'autres pays, ils désirent vérifier l'exactitude de leurs mesures, ce qui exige toujours plus de temps qu'on n'avait prévu. Et sans doute, il en résulte un net progrès dans les laboratoires qui ont fait de telles vérifications.

Je voudrais ajouter que le B. I. P. M., s'il ne participe pas à de telles comparaisons circulaires y consacre cependant du temps et de l'argent. En effet, il en est le secrétariat central et il se sent responsable de leur bonne marche. Quand les étalons sont perdus, il les cherche; quand les étalons sont immobilisés à une frontière parce que certains douaniers trop scrupuleux ne comprennent pas de quoi il s'agit, il s'en occupe, etc. J'ai demandé à G. Leclerc qui est chargé de ce travail au B. I. P. M. quelle fraction de son temps il passait pour assurer le secrétariat, la surveillance et la bonne marche de ces comparaisons; il m'a répondu qu'il devait y consacrer un tiers de son temps. Même s'il a un peu exagéré, il est évident que lorsque l'on décide de confier au B. I. P. M. la surveillance de tels travaux, il n'est pas vrai que cela ne lui coûte rien.

★

En ce qui concerne les *températures*, vous savez que la Conférence Générale des Poids et Mesures de 1967 a autorisé le Comité International à mettre en vigueur une Échelle Internationale Pratique de Température dite de 1968 qui entre en usage en ce moment. Le Comité Consultatif de Thermométrie s'est réuni en juillet 1971; il a constaté que les mesures de température sont faites dans cette nouvelle Échelle dans la plupart des cas, mais non pas dans tous les cas car la mise en œuvre de cette Échelle exige encore d'assez grands efforts. Cette Échelle est assez compliquée, c'est le prix qu'il faut payer pour obtenir la précision. Le Comité Consultatif a examiné aussi quels pourraient être les progrès futurs, non pas pour changer l'Échelle Internationale dès maintenant ni à bref délai, mais parce qu'il faut se tenir toujours au courant des progrès afin que, dans dix ou quinze ans, on soit prêt à introduire toutes ensembles les améliorations de l'échelle future.

L'un des points importants est d'obtenir des températures thermodynamiques qui soient plus exactes; pour cela il faut faire des mesures de température au thermo-

mètre à gaz, par conséquent faire des mesures de pression; les mesures de pression nécessitent un manomètre à mercure, la connaissance de la masse volumique du mercure (qui a été très bien déterminée par A. H. Cook) et la connaissance de l'accélération due à la pesanteur. Les mesures thermodynamiques peuvent aussi utiliser la loi du rayonnement du corps noir de Planck et confirmer ainsi certains résultats du thermomètre à gaz. En effet, les résultats du thermomètre à gaz deviennent incertains aux températures élevées, en particulier parce qu'on enferme une certaine quantité de gaz supposée constante dans un volume connu, mais on ne sait jamais exactement quelle est la partie de gaz adsorbée sur les parois ni sa variation aux diverses températures. Il y a d'autres méthodes, telles que l'utilisation du bruit d'agitation thermique qui ne dépend que de la température et qui permettra peut-être de faire des mesures thermodynamiques, correctes et précises.

La concordance entre les températures assignées aux points de définition dans l'Échelle Internationale et la température thermodynamique de ces points est donc un des sujets sur lesquels les efforts doivent porter maintenant. En effet, il ne suffit pas de repérer avec précision une température dans une échelle arbitraire; la température est une variable des théories thermodynamiques. Sur ces théories thermodynamiques reposent un grand nombre de procédés de la technologie chimique industrielle et si l'Échelle de Température est inexacte, si elle a des discontinuités, une propriété thermodynamique déterminée en fonction de cette Échelle présentera elle aussi des discontinuités donnant l'apparence d'un changement de phase, alors que c'est simplement un phénomène parasite. La cause n'en sera pas une propriété de la substance étudiée mais une erreur dans l'Échelle. Cet exemple vous montre l'importance pratique, économique, industrielle, d'avoir une Échelle Internationale conforme à la thermodynamique.

Il faut aussi chercher à améliorer la précision des instruments qui servent à interpoler entre les points fixes de définition de l'Échelle. En particulier, la précision du thermocouple platine rhodié/platine prescrit entre 630 et 1064 °C est parfois insuffisante, car elle n'est guère meilleure que 0,1 K. Des études déjà faites laissent espérer que le thermomètre à résistance de platine est utilisable même à ces températures élevées, avec une bien meilleure précision, mais avec l'inconvénient d'être plus coûteux et moins robuste. La pyrométrie optique photoélectrique est une autre méthode prometteuse, dont l'étude a été recommandée par le Comité Consultatif de Thermométrie.

Pour la première fois le Comité Consultatif a commencé à se préoccuper d'introduire dans l'Échelle Internationale Pratique de Température des techniques simplifiées. En effet, si vous regardez comment il faut opérer pour mesurer les basses températures entre 13 et 273 K dans l'Échelle Internationale Pratique de Température de 1968, vous verrez que c'est assez compliqué. Il est donc intéressant que le Comité Consultatif s'occupe non seulement des mesures au plus haut niveau de précision, mais aussi des mesures pratiques d'un niveau raisonnable en conseillant les utilisateurs sur la façon de faire des mesures suffisamment exactes pour leurs besoins, et en leur donnant des points de référence et des modes opératoires qui aient reçu la vérification des laboratoires les plus compétents et qui soient recommandés par nos organismes auxquels ils font confiance.

★

La *photométrie* est un domaine où les unités et les étalons ont une mauvaise réputation. Beaucoup de physiciens regrettent même que la candela soit une unité de base. Mais il faut bien reconnaître que l'industrie de l'éclairage a une importance écono-

mique, et qu'il est bien utile de mesurer des grandeurs lumineuses, même si la précision est de l'ordre de 1 pour cent ou encore moins bonne. Comme la concurrence internationale est sérieuse, il était nécessaire que les mesures photométriques des laboratoires nationaux soient cohérentes, et c'est pourquoi le Bureau International a été chargé de comparer leurs étalons.

A la suite des comparaisons périodiques des valeurs attribuées par les laboratoires nationaux à leurs lampes à incandescence étalons de la candela et du lumen, le Bureau International publie les résultats dans un rapport qui est examiné par le Comité Consultatif de Photométrie. L'unification mondiale des mesures photométriques dans le monde n'est pas parfaite, mais elle reste dans les limites de  $\pm 1$  pour cent, ce qui est à mon avis acceptable pour la quasi-totalité des besoins réels pratiques.

Les progrès à envisager pourraient s'appliquer soit à la définition des grandeurs photométriques, soit à l'amélioration des techniques de mesure.

En ce qui concerne les grandeurs, il faut bien reconnaître qu'elles sont définies d'une façon arbitraire et conventionnelle, et qu'elles mélangent des éléments physiques clairement définis avec des valeurs de l'efficacité lumineuse relative des radiations monochromatiques pour l'œil humain, valeurs qui ont été choisies de façon que le résultat puisse être considéré comme une mesure de l'éclairage tel que nous pouvons l'apprécier. Ces efficacités lumineuses relatives, que l'on désigne par le symbole  $V(\lambda)$ , sont critiquables, et elles le seront toujours, car les valeurs qui leur sont attribuées résultent d'expériences dans lesquelles on demande à des observateurs de constater une identité lumineuse sur des rayonnements qui n'ont pas la même couleur ni la même composition spectrale. Le jugement d'égalité peut reposer sur des critères différents, qui ne donnent pas les mêmes résultats, et dont aucun n'est nettement préférable à un autre; de plus, les différences de jugement entre deux observateurs sont parfois considérables. On ne peut donc guère espérer améliorer la définition des grandeurs photométriques, car le problème n'a pas de solution parfaite, et les conventions actuellement en vigueur sont raisonnablement satisfaisantes. Ces conventions sont admises partout, elles sont bien établies, et il est sage de ne pas perturber cette entente internationale.

Avant que le Comité International ait créé un Comité Consultatif de Photométrie (C. C. P.), c'était la Commission Internationale de l'Éclairage (C. I. E.) qui avait pris la responsabilité de définir les grandeurs, les unités et les techniques de mesure en photométrie. Son œuvre a eu un succès remarquable, son autorité s'est imposée dès le début et elle s'est maintenue. Aussi a-t-elle vu sans plaisir l'apparition du C. C. P. qui la déposait de responsabilités importantes. Heureusement, après une courte période, une bonne entente s'est établie. Plusieurs experts sont communs aux deux organisations, et les tâches sont réparties tout naturellement de façon à confier au C. C. P. les unités et les étalons de base, et à la C. I. E. les applications pratiques. Les dates des réunions sont coordonnées; ainsi par exemple, le C. C. P. s'est réuni au début de septembre 1971, et l'Assemblée Générale de la C. I. E. aussitôt après. Trois personnes du Bureau International participaient à l'une et à l'autre.

Le C. C. P., dont les principaux membres sont les laboratoires nationaux, s'est préoccupé surtout de l'amélioration des techniques de mesure qui restent difficiles. Plusieurs laboratoires sont engagés dans des recherches visant à améliorer la réalisation du corps noir au point de congélation du platine qui est l'étalon de la candela; on travaille aussi à améliorer la photométrie hétérochrome et le passage des étalons d'intensité lumineuse aux étalons de flux lumineux. Ce sont des travaux ingrats parce que les efforts les plus méritoires n'amènent que de petits progrès dans l'exactitude ou la précision.



Une autre question qui a occupé une grande partie de la dernière réunion du C. C. P. est l'incertitude qui subsiste sur la relation quantitative entre le flux lumineux, exprimé en lumens, et le flux énergétique, exprimé en watts, d'un même rayonnement optique. On a des valeurs expérimentales; on a aussi des valeurs théoriques qui impliquent une connaissance de la température thermodynamique du point de congélation du platine, mais ces résultats sont assez fortement divergents. Si l'on fixait conventionnellement cette relation qui permet la conversion des lumens en watts, on aurait par là même donné une nouvelle définition des unités photométriques. On pourrait abandonner la définition actuelle de la candela et ne faire que des mesures radiométriques, c'est-à-dire des mesures de puissance ou d'énergie. On espère pouvoir faire de telles mesures avec une précision meilleure que 1 pour cent. Au National Standards Laboratory d'Australie, ces mesures ont atteint un niveau remarquablement exact et le C. C. P. a recommandé que l'on consacre des efforts analogues dans les autres laboratoires; cependant il serait prématuré de penser à changer la définition de la candela.

Quant aux *mesures radiométriques et spectroradiométriques* elles-mêmes, leur intérêt ne se limite pas à l'éventualité d'une nouvelle définition des unités photométriques. Leur intérêt est primordial dans toutes les utilisations du rayonnement, pour la simple raison que le rayonnement n'est décrit complètement que par ces mesures qui sont de nature purement physique. Or, j'ai entendu dire que dans certains excellents laboratoires industriels d'éclairage on faisait des mesures spectroradiométriques, dont les résultats s'expriment par une courbe qui donne l'énergie ou la puissance rayonnée en fonction de la longueur d'onde, et qu'il existe entre ces laboratoires industriels des divergences de l'ordre de 20 pour cent. Ce n'est pas étonnant étant donné la difficulté de ces mesures. Et c'est là une autre des recommandations du C. C. P. : il faut d'abord que les laboratoires nationaux sachent faire ces mesures avec une précision meilleure, que l'on puisse comparer leurs résultats, et qu'ils puissent ensuite conseiller les laboratoires industriels, de façon que ces mesures spectroradiométriques entrent dans la pratique industrielle avec une précision raisonnable car c'est un besoin réel.

Au B. I. P. M. nous nous limitons pour le moment aux comparaisons des étalons sous forme de lampes à incandescence; nos mesures sont uniquement comparatives. Comme notre Président, qui a été aussi président du C. C. P., nous l'a conseillé plusieurs fois, il serait utile, et c'est prévu dans le programme dont nous parlerons demain, que le Bureau International joue un rôle dans les mesures radiométriques. L'expérience montre que l'intervention du Bureau International donne un nouvel essor aux mesures, aux travaux et aux efforts des laboratoires nationaux. Cela permet aussi, il ne faut pas l'oublier, de transférer plus facilement l'expérience et l'acquis des grands laboratoires nationaux vers les pays de moindre importance qui nous visitent, qui lisent nos publications avec une grande attention, qui viennent s'instruire au Bureau International et qui, grâce à notre intermédiaire, peuvent bénéficier efficacement du progrès réalisé à grands frais dans les grands laboratoires nationaux.

★

Je dois avouer que je suis un peu gêné pour parler des mesures des grandeurs qui sont attachées aux phénomènes nucléaires, aux *rayonnements ionisants*, et cela pour deux raisons. D'abord parce que ce n'est pas ma spécialité, mais je crois qu'il y a aussi une raison plus fondamentale, c'est que les problèmes qui se posent sont plus difficiles à classer qu'en ce qui concerne les mesures des grandeurs plus classiques telles que longueur, masse ou grandeurs électriques.

En effet, les rayonnements ionisants sont des rayonnements de natures diverses; il y a des rayons alpha, des rayons bêta, des électrons, des rayonnements gamma qui sont de nature électromagnétique, des faisceaux de neutrons qui n'ont pas de charge électrique et qui n'ionisent pas la matière, il y a les faisceaux d'électrons qui sont considérés aussi comme du domaine de compétence des laboratoires des rayonnements ionisants. De plus, chacun de ces rayonnements présente une gamme d'énergie énorme, depuis des énergies relativement basses jusqu'à des énergies extrêmement élevées. Lorsqu'on passe d'un domaine d'énergie à un autre, les techniques deviennent différentes. C'est comme dans l'Échelle Internationale Pratique de Température où les techniques sont différentes au voisinage de 4 K, région où l'on utilise la tension de vapeur de l'hélium, dans la région de 4 à 13 K, où l'on ne sait pas trop quoi utiliser, peut-être des thermomètres au germanium, dans la région du thermomètre à résistance de platine, dans la région du thermocouple, dans la région du pyromètre, dans la région des plasmas où les techniques sont encore à choisir. L'Échelle de Température s'étend donc sur un grand domaine, mais je crois que ce n'est rien à côté des domaines couverts par les rayonnements ionisants. Enfin les modes de désintégration des nucléides sont souvent multiples, les nucléides engendrés sont souvent eux-mêmes radioactifs, et toutes ces désintégrations se déroulent d'une façon aléatoire.

Lorsqu'on a demandé au Bureau International de s'occuper de coordonner les travaux de mesure dans le domaine des rayonnements ionisants, ce projet a été soutenu par les Gouvernements avec enthousiasme. Deux contributions exceptionnelles, puis une troisième, pour la construction des bâtiments et pour l'équipement de base de la section des rayonnements ionisants du Bureau International ont été accordées à l'unanimité par la Conférence Générale, sans discussion. Cet enthousiasme provenait du sentiment qu'il y avait un besoin réel et important. Nous nous sommes trouvés devant ce problème : que faire pour satisfaire cette demande pressante? En fait, le Comité Consultatif créé à cet effet avant 1960 avait déjà défini des lignes d'activité et prévu un programme de travail. Ce programme a été mis en œuvre, et je puis dire avec succès, et même plus de succès que je ne l'espérais. En effet, presque immédiatement, l'équipe du B. I. P. M. a acquis une réputation internationale et, dans les années qui ont suivi, un assez grand nombre de mesures comparatives internationales de l'activité de radionucléides ont été organisées, ainsi que des mesures comparatives d'exposition aux rayonnements X à plusieurs énergies, des comparaisons de rayonnements de neutrons, de rayonnements gamma du cobalt, etc. Toutes ces mesures comparatives ont été organisées avec un soin extrême, les dernières bénéficiant de l'expérience acquise au cours des premières; quelques laboratoires volontaires parmi les plus avancés ont dû consacrer aussi un travail considérable à la préparation de ces comparaisons et à la fabrication des échantillons à distribuer, à tel point que le temps qu'ils y passaient a fini par devenir excessif. C'est pourquoi le rythme de ces comparaisons s'est nettement ralenti dans les trois dernières années.

Le travail international semble s'orienter maintenant selon des modalités un peu différentes. A titre d'exemple voici l'organisation convenue lors de la réunion de la Section II (Radionucléides) du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants en octobre 1970. Un examen aussi complet que possible a révélé une trentaine de problèmes qui limitent l'exactitude ou la précision des mesures utiles en radioactivité, soit dans l'emploi des techniques, soit à cause de la complexité des modes de désintégration, soit encore à cause des particularités propres à certains radionucléides et du besoin de contrôler les résultats les concernant par des comparaisons internationales. On a choisi d'étudier d'abord les techniques de mesure et, à

cette fin, on a désigné parmi les membres présents neuf personnes ou groupes de deux ou trois personnes qui ont été chargés de s'occuper chacun d'un problème particulier, par tous les moyens appropriés et avec l'aide de tous ceux qui pourraient y contribuer. Lorsque leurs rapports seront disponibles, on estime que de nouvelles mesures comparatives de radionucléides pourront être choisies en connaissance de cause afin qu'elles apportent un bénéfice certain.

De plus, et dès maintenant, afin d'aider les laboratoires de mesure de radioactivité nouvellement créés qui ont grand besoin de conseils et de vérifications, le Bureau International, lorsqu'il ne peut fournir lui-même cette aide, sert d'intermédiaire entre ces laboratoires jeunes et les laboratoires les plus avancés pour la fourniture d'étalons certifiés, ou pour la formation de techniciens par des stages d'étude.

★

Me voici parvenu à la fin de cet exposé. Je pense avoir montré à quel point la coopération internationale est active et nécessaire dans les divers aspects de cette métrologie au niveau le plus élevé, qui est le support indispensable de toutes les mesures physiques de la science et de l'industrie. Je pense aussi vous avoir fait comprendre les méthodes d'action du Bureau International et des autres organismes de la Convention du Mètre pour que cette coopération soit favorisée et orientée d'une façon efficace, sous votre haute autorité.

---

---

ANNEXE 2

---

**Passage au Système Métrique au Royaume-Uni (\*)**

**The change to metric in the United Kingdom (\*)**

By Lord RITCHIE-CALDER

Chairman of the British Metrication Board

---

On m'a invité à vous parler du passage aux mesures métriques au Royaume-Uni. « Metrication » est l'expression que nous, Britanniques, avons adoptée pour nommer ce passage d'un système traditionnel de poids et mesures au système métrique. Les connaisseurs pointilleux de l'anglais ont insinué que nous abâtardissions notre langue et que le terme exact à employer est « metrification ».

J'ai été en mesure de risposter, car alors que le changement en était à ses tout premiers débuts, le National Physical Laboratory, avec une prévoyance qu'il nous faut admirer, avait pris conseil de l'éditeur de l'Oxford Dictionary. Selon lui, le choix était à faire entre « metricization » et « metrication ». Ce choix se porta sur « metrication ».

Bien que j'aurai un mot ou deux à dire plus tard sur la « metrication » en tant que mouvement d'une ampleur mondiale, vous serez sans doute intéressés d'avoir un compte rendu pratique de la façon dont le changement est survenu au Royaume-Uni et de ses répercussions pour un important pays industriel qui opère ce changement au moins cent ans plus tard qu'il n'aurait dû le faire.

---

(\*) Exposé présenté à la 14<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures, le jeudi 7 octobre 1971.

*I have been invited to talk to you about metrication. This is the term which we British have adopted to describe the process of changing from a traditional system of weights and measures to the metric system. Sensitive students of English have suggested to me that we are bastardizing our language and that the proper term to use is " metrification ".*

*I have been able to counter this because when the process of change was in its infancy, the National Physical Laboratory, with admirable foresight, decided to consult the editor of the Oxford Dictionary. He advised that the choice lay between " metricization " and " metrication ". The choice came down in favour of " metrication ".*

*Although I shall have a word or two to say later about metrication as a world-wide movement, I think you will be interested in a practical account of how the change came about in the United Kingdom and what it involves for a major industrial country which is making the change at least 100 years later than it should have done.*

---

(\*) Speech delivered before the 14th Conférence Générale des Poids et Mesures on Thursday, October 7th, 1971.

Bien des gens pensent que le passage au système métrique est un problème tout récent au Royaume-Uni. Ils ont tort. Dès le début, en 1790, nous avons été invités par le Gouvernement français à le faire. La question a été l'objet de discussions à différentes reprises au cours des 180 années qui ont suivi; il existe d'ailleurs un parallélisme remarquable avec des discussions comparables aux États-Unis. En Grande-Bretagne il y a eu deux phases principales dans les discussions : de 1863 à 1907 et de 1948 à l'heure actuelle.

Dans les années 1860, les États-Unis d'Amérique et le Royaume-Uni reconnaissaient les mérites du système métrique en autorisant son utilisation comme second système de poids et mesures. En 1861, Clark Maxwell et William Thomson, qui devint plus tard Lord Kelvin, jouèrent un rôle décisif en instituant un comité de la British Association for the Advancement of Science chargé d'étudier la possibilité d'établir les unités de force électromotrice, d'intensité de courant et de résistance directement reliées au système métrique. Cette initiative aboutit, après une série de réunions internationales entre 1881 et 1908, à l'adoption sur le plan international de l'ampère, de l'ohm et du volt comme unités de mesure. En 1863, un projet de loi sur les Poids et Mesures métriques, tendant à rendre dans les deux années suivantes le changement obligatoire, fut présenté au Parlement britannique; ce projet n'obtint pas l'appui suffisant. Quarante-quatre ans plus tard, en 1907, un projet similaire fut rejeté à la Chambre des Communes. Durant cette période pas moins de quatre essais furent tentés pour rendre le système métrique obligatoire. Le second essai, en 1871, échoua devant la Chambre des Communes par cinq voix seulement. Le troisième projet, en 1904, fut adopté par la Chambre des Lords, mais n'arriva jamais devant la Chambre des Communes. Entre-temps, bien que tardivement, nous avons adhéré à la Convention du Mètre et avons pris par la suite une part active aux travaux de la Conférence Générale des Poids et Mesures (C. G. P. M).

Les tenants du changement avaient également un succès intérieur à leur actif. En

*Many people seem to think that metrication is quite a recent issue in the United Kingdom. They are wrong. We were invited by the French Government to join them at the outset in 1790. The subject has been debated off and on over the succeeding 180 years and there has been a remarkable parallelism with the similar debate in the United States. In Britain there have been two main phases in the discussion — from 1863 to 1907 and from 1948 to the present day.*

*In the 1860's both the United States of America and the United Kingdom acknowledged the virtues of the metric system by authorising it as a second system of weights and measures. In 1861 Clark Maxwell and William Thomson, who later became Lord Kelvin, were instrumental in setting up a committee of the British Association for the Advancement of Science to consider the possibility of establishing units of electrical motive force, current and resistance, directly related to the metric system. This initiative led through a series of international conferences between 1881 and 1908 to the ampere, the ohm and the volt becoming internationally accepted units of measurement. In 1863 a Weights and Measures (Metric System) Bill, which aimed at compulsory change within two years was introduced into the British Parliament, but failed to gain sufficient support. Forty-four years later in 1907, a similar Bill was defeated in the House of Commons. During that period no less than four attempts were made to introduce the metric system compulsorily. The second, in 1871, failed in the House of Commons by only five votes. The third Bill in 1904 passed the House of Lords, but never reached the House of Commons. Meantime, albeit belatedly, we adhered to the Convention of the Metre, and in later years have been active in the work of the Conférence Générale des Poids et Mesures (C. G. P. M).*

*The proponents of change also had one domestic achievement to their credit. In 1897 the use*

1897 l'utilisation du système métrique avait été rendue légale pour tous les usages, sauf ceux pour lesquels il était spécifiquement stipulé que seules les mesures impériales devaient être utilisées. C'est encore la situation aujourd'hui. Il existe par exemple une cinquantaine de produits alimentaires qui doivent être vendus en quantités exprimées dans le système impérial lorsqu'ils sont préemballés.

On nous aurait épargné un grand nombre de soucis aujourd'hui si, parmi nos législateurs de 1871, seulement trois de plus avaient eu la prévoyance de la minorité éclairée !

★

La phase actuelle commença en 1948 avec la nomination du « Committee on Weights and Measures Legislation », couramment appelé le « Comité Hodgson » du nom de son président. Le Comité remit son rapport en décembre 1950. Aux termes d'une de ses recommandations unanimes, le Gouvernement devait prendre des mesures pour abolir l'usage du système impérial au Royaume-Uni au cours d'une période bien délimitée. Le Comité fit toutefois deux réserves; premièrement, que le changement ne soit effectué qu'en accord avec les pays d'Amérique du Nord et du Commonwealth qui utilisaient les unités impériales; deuxièmement, que la monnaie soit d'abord décimalisée.

Cette recommandation n'a pas été immédiatement acceptable, ni pour les milieux d'affaires, ni pour le Gouvernement. En mai 1951, le Ministre du Commerce dit qu'elle soulevait des problèmes extrêmement importants qui ne pouvaient être résolus sans un examen assez long et particulièrement sérieux. Cela serait fait lorsque cela serait possible.

Il s'écoula presque dix ans avant l'étape importante suivante. En 1960 un Comité, qui avait été constitué conjointement par la British Association for the Advancement of Science et l'Association of British Chambers of Commerce pour étudier s'il était souhaitable ou non d'adopter une monnaie décimale

*of the metric system was made legal for all purposes, except where it was specifically provided that only imperial measures were to be used. This is still the position. For example, there are some 50 food stuffs which must be sold in imperial quantities when they are pre-packed.*

*We would have been saved a lot trouble today if only three more of our legislators in 1871 had had the foresight of the enlightened minority!*

★

*The present phase began in 1948, with the appointment of the Committee on Weights and Measures Legislation, commonly called the Hodgson Committee, after the name of its Chairman. The Committee reported in December 1950. One of its unanimous recommendations was that the Government should take steps to abolish the use of the imperial system in the United Kingdom within a defined period. They made, however, two reservations. First, that the change should only be done in concert with those countries of North America and the Commonwealth which used imperial units. Secondly, that the coinage should first be decimalised.*

*This recommendation was not immediately acceptable, either to business opinion or to the Government. In May 1951, the President of the Board of Trade said that it raised most important issues which could not be determined without lengthy and most serious consideration. This would be given to it as time permitted.*

*It was nearly ten years before the next important move. In 1960, a Committee which had been set up jointly by the British Association for the Advancement of Science and the Association of British Chambers of Commerce to consider whether or not it was desirable to adopt a decimal currency and a metric system*

et un système métrique de mesures, remit son rapport. Celui-ci montrait qu'une majorité des milieux industriels était encore opposée au passage au système métrique. Toutefois, le Comité reconnaissait que la tendance mondiale était favorable aux mesures métriques et recommandait de reconsidérer la situation tous les deux ans.

En 1963 la British Standards Institution publia les résultats d'une très large enquête faite parmi ses membres. Ils révélaient une large majorité en faveur d'un passage aux mesures métriques. La même année le « yard » et le « pound » étaient légalement définis d'après le mètre et le kilogramme. L'évolution des milieux industriels se confirma en 1965 lorsque la Federation of British Industries informa le Ministre qu'une majorité de ses membres, tant par le nombre que par l'importance des affaires, était favorable à l'adoption du système métrique comme le premier et ultérieurement le seul système de mesures à utiliser au Royaume-Uni. La Fédération suggérait que le temps était venu pour le Gouvernement d'appuyer le principe du changement et d'en choisir le moment.

Le 24 mai 1965, le Ministre du Commerce fit une déclaration à la Chambre des Communes. Il dit que le Gouvernement était impressionné par l'affaire qui lui avait été soumise par la Federation of British Industries et estimait souhaitable que « l'industrie britannique sur un front de plus en plus large adopte les unités métriques, secteur par secteur, jusqu'à ce que ce système devienne avec le temps le système primaire de poids et mesures dans l'ensemble du pays ». Le Ministre poursuivait en disant que le Gouvernement encouragerait le changement en utilisant les spécifications métriques pour les appels d'offre de fournitures par les Services officiels et autres autorités publiques, que le Gouvernement souhaitait que d'ici à dix ans la plus grande partie de l'industrie britannique aurait effectué le changement, et qu'un « Standing Joint Committee » serait constitué pour aider à surmonter les obstacles et contrôler régulièrement les progrès.

Deux ans plus tard le Standing Joint Committee remit son rapport qui contenait

*of measurement, made their report. This showed that a majority of industry was still against metrication. The Committee, however, recognised that the world trend was towards metric and they recommended that the situation should be reviewed every two years.*

*In 1963 the British Standards Institution published the results of a very wide consultation with its membership. This showed a large majority in favour of going metric. In the same year the yard and the pound were legally defined in terms of the metre and the kilogramme. The shift in industrial opinion was confirmed in 1965, when the Federation of British Industries, as it then was, informed Ministers that a majority of its members, both by numbers and by the size of their businesses, was in favour of adopting the metric system as the primary and ultimately the only system of measurement to be used in the United Kingdom. The Federation suggested that the time was appropriate for general Government support for the principle and the timing of the change.*

*On 24 May 1965 the President of the Board of Trade, Mr Douglas Jay, made a statement in the House of Commons. He said that the Government was impressed with the case which had been submitted by the Federation of British Industries and considered it desirable that "British Industries on a broadening front should adopt metric units, sector by sector, until that system can become in time the primary system of weights and measures for the country as a whole". Mr Jay went on to say that the Government would encourage the change by the use of metric specifications for procurement tenders by Government Departments and other public authorities, that the Government hoped that within ten years the greater part of British industry would have effected the change and that a Standing Joint Committee would be formed to facilitate the removal of obstacles and to keep progress under constant review.*

*Two years later the Standing Joint Committee reported. They made three recommendations.*

trois recommandations. Les industries de fabrication ne pouvaient effectuer le changement de façon efficace et économique que si toute l'économie évoluait dans le même sens selon un programme assez semblable dans le temps et d'une manière ordonnée. Un « Metrication Board » devrait être institué pour guider, stimuler et coordonner le programme. Tout obstacle législatif au passage au système métrique devrait être levé.

Le 26 juillet 1968, le Ministre de la Technologie annonçait que le Gouvernement acceptait ces trois recommandations. Il ajoutait que le Metrication Board serait un conseil consultatif, qu'on ne demanderait aucun pouvoir coercitif et qu'il ne saurait être question de compensation. « Les frais incombent à ceux sur lesquels ils tombent. » Le Gouvernement accepta la fin de 1975 comme la date finale pour l'ensemble, avec la restriction que certains secteurs pourraient progresser plus rapidement et d'autres prendre plus longtemps. Des dispositions seraient prises pour que le secteur public suive l'évolution. Il convient de dire que ces décisions soulevèrent peu l'intérêt public et que le Parlement ne fut guère tenté de contester les décisions du Gouvernement ou de mettre en discussion le problème.

Ainsi en venons-nous à mon « Board » qui commença à fonctionner en mai 1969. On nous chargea de faciliter le changement. Nous sommes essentiellement un organisme de conseil. Nous n'avons pas véritablement de fonctions d'exécution et nous n'avons aucun pouvoir pour obliger quiconque à faire quoi que ce soit. Comme je me plais à le dire « nous ne pouvons pas supprimer la pinte, nous pouvons seulement mettre le litre en liberté ».

★

Avant de parler du rôle du « Board » je devrais dire un mot des raisons pour lesquelles nous faisons en Grande-Bretagne ce changement. Bien que je sache que je prêche des convertis, tout exposé sur le passage aux mesures métriques serait incomplet si l'on ne mentionnait pas les motivations. Vous me pardonnerez si je précise quelques points qui sont évidents pour vous tous. La raison primordiale pour le changement est, bien

*Manufacturing industry could make the change efficiently and economically only if the economy as a whole moved in the same direction on a broadly similar timescale and in an orderly way. A Metrication Board should be established to guide, stimulate and co-ordinate the planning. Any legal barriers to metrication should be removed.*

*On 26 July 1968, the Minister of Technology, Mr Anthony Wedgwood Benn, announced that the Government accepted all three recommendations. He added that the Metrication Board should be advisory, that no compulsory powers should be sought and that there could be no question of compensation. "The costs must lie where they fall". The Government accepted the end of 1975 as the general target date, with the proviso that some sectors might move more quickly and others might take longer. Arrangements would be made to ensure that the public sector kept in step with progress. It should be said that these decisions aroused little public interest and there was no inclination in Parliament to question the Government's decisions or to debate the issues.*

*So we come to my Board, which became operational in May 1969. We were given the task of facilitating the change. We are a purely advisory body. We have no truly executive functions and we have no powers to compel anyone to do anything. As I say "we cannot suppress the pint, we can only liberate the litre".*

★

*Before I talk about the work of the Board I ought to say something about the reasons why we in Britain are making this change. Although I know that I am preaching to the converted, any talk on metrication would be incomplete if there were no mention of motivation. You will forgive me if I now make a few points which will be obvious to you all. The primary reason for changing is, of course, that as the Hodgson Committee themselves said in 1950,*



entendu, comme l'a dit lui-même le Comité Hodgson en 1950, que le système de mesures métriques est meilleur que le système de mesures impériales. Le SI, que la C. G. P. M. a mis au point et que nous, au Royaume-Uni, adoptons d'emblée, est le meilleur système conçu jusqu'ici. De plus, le système métrique est le seul système qui convienne à toutes les utilisations, qu'elles soient scientifiques, industrielles, commerciales ou éducatives, et son emploi s'est inévitablement étendu au cours des années. Aucun pays industriel ou commercial ne peut se permettre d'encombrer son industrie avec un système de mesures de qualité inférieure et il est évidemment peu économique de se servir de deux systèmes lorsqu'on peut l'éviter. Agir ainsi impose un fardeau inutile à la société dans son ensemble.

Ensuite, le système métrique est le langage international des mesures. Dans son premier rapport publié en avril 1970, le Metrication Board exprimait l'opinion qu'il fallait s'attendre à ce qu'avant la fin des années 70 le monde entier aurait adopté le système métrique. A l'exception d'une seule, toutes les grandes nations commerciales du monde qui n'utilisaient pas déjà le système métrique comme principal système de mesures ont décidé d'opérer le changement. Ces pays comprennent, en plus du Royaume-Uni, l'Afrique du Sud, l'Australie, le Canada, le Ghana, l'Irlande, le Kenya, le Koweït, la Nouvelle - Zélande, l'Ouganda, le Pakistan et la Tanzanie. La seule exception notable concerne les États-Unis d'Amérique qui étaient alors presque à mi-chemin d'une étude d'ensemble, autorisée par le Congrès en 1968, pour déterminer les conséquences sur l'économie américaine de l'utilisation à l'échelle mondiale du système métrique.

Depuis lors il y a eu un fait nouveau de la plus haute importance. Le rapport « U. S. Metric Study » a été, comme vous le savez tous, présenté au Congrès par le Ministre du Commerce le 30 juillet 1971. C'est un document historique. Je suis certain que tous ceux d'entre vous qui l'ont lu seront d'accord pour dire qu'il est également très encourageant. De façon ferme et sans ambiguïté, le rapport recommande que les États-Unis

*metric is a better system of measurement than imperial. SI, which C. G. P. M. has evolved and which we in the United Kingdom are adopting from the outset, is the best system so far devised. Moreover, the metric system is the only system which is suitable for all purposes, whether scientific, industrial, commercial or educational, and its uses have inevitably been extending year by year. No industrial or trading country can afford to burden its industry with an inferior system of measurement, and it is plainly uneconomic to operate two systems where this is avoidable. To do so is to impose an unnecessary burden on society as a whole.*

*Next, metric is the international language of measurement. In the Metrication Board's first report, published in April 1970, the Board expressed the view that there was a prospect that before the end of the '70s the whole world would have adopted the metric system. With one exception, all the important trading nations of the world who were not already using the metric system as their principal system of measurement had then decided to make the change. These countries included, in addition to the United Kingdom, Australia, Canada, Ghana, the Republic of Ireland, Kenya, Kuwait, New Zealand, Pakistan, South Africa, Tanzania and Uganda. The one notable exception, the United States of America, was then almost half-way through the comprehensive study which had been authorised by Congress in 1968 to determine the impact of increased world wide use of the metric system upon the American economy.*

*There has since been a development of the utmost importance. The report of the US Metric Study was, as you all know, presented to Congress by the Secretary of Commerce on 30 July 1971. It is an historic document. I am sure that all those of you who have read it will agree that it is also very stimulating. Firmly and unambiguously, the report recommends that the United States should change to the metric system through a co-ordinated national programme.*

passent au système métrique selon un programme national coordonné. Le Ministre a appuyé ces recommandations et a proposé un programme d'action avec un engagement ferme du Gouvernement pour une échéance de dix ans à la fin de laquelle les États-Unis deviendraient d'une manière prédominante, quoique non exclusive, un pays métrique.

Le Congrès des États-Unis doit accepter les recommandations avant que le programme ne soit mis en exécution. Mais le rapport montre qu'au cours des trois années de consultations et de discussions il n'y a rien eu qui puisse faire penser que ces recommandations seraient inacceptables à l'un ou l'autre des secteurs majeurs de l'opinion américaine. Cela ne veut pas dire qu'il n'y aura pas d'opposition. Il ne serait pas réaliste d'attendre un accord unanime sur la nécessité d'un changement d'une telle envergure. Malgré tout, une caractéristique de l'ensemble des discussions est que le changement est largement considéré comme inévitable.

Encore une autre raison pour passer aux mesures métriques aussi rapidement que possible est l'importance croissante de la normalisation internationale, qui entre en possession de son bien. Presque toutes les normes internationales sont, comme vous le savez, métriques et leur nombre s'accroît rapidement d'année en année.

Enfin, le système métrique a de grands avantages pédagogiques. Là encore je n'ai pas besoin de m'étendre. La prochaine génération au Royaume-Uni sera à la fois plus nombreuse et mieux instruite qu'aucune des précédentes.

En dépit de ces avantages qui peuvent paraître évidents à la plupart d'entre vous, il y a au Royaume-Uni une certaine résistance au passage au système métrique et je voudrais consacrer quelques minutes pour exposer les raisons de l'opposition.

Les Britanniques sont par instinct un peuple conservateur (avec un « c » minuscule je n'ai pas besoin de préciser). Bien sûr il y a de l'opposition et une partie de cette opposition est très bruyante. Mais presque tout ceci repose essentiellement sur la répugnance qu'ont beaucoup de gens à modifier leurs vieilles habitudes. L'homme de la rue britannique

*The Secretary of Commerce has endorsed the recommendations and has proposed an action programme with a firm Government commitment to a target date of ten years, by which time the United States would have become predominantly, though not exclusively, a metric country.*

*The Congress of the United States has to accept the recommendations before the programme can be carried through. But the report shows that during the three years of discussion and consultation there has been nothing to suggest that the recommendations would be unacceptable to any significant sector of American opinion. This does not mean that there will be no opposition. It would be unrealistic to expect unanimous acceptance of the need for such a major change. Even so, a feature of the whole debate has been the widespread acceptance that the change is inevitable.*

*Still another reason for making the change to metric as quickly as possible is the growing importance of international standardisation, which is at last coming into its own. Nearly all international standards are, as you know, metric and the number is increasing rapidly year by year.*

*Finally, the metric system has great educational advantages. Again I do not need to labour the point. The next generation in the United Kingdom will be both more numerate and better educated than any of its predecessors.*

*Despite these advantages which may seem to most of you to be self-evident, there is in the United Kingdom some resistance to the change to metric and I would like to spend a few minutes to set out the grounds of opposition.*

*The British are instinctively a conservative people — with a small “ c ” I need hardly say. Of course, there is opposition and some of it is very vocal. Nearly all of it is based primarily on the very human dislike of changing the habits of a lifetime. The British “ man in the street ” does not like to suffer any inconvenience, however small and temporary, unless he*

n'aime pas être dérangé, si peu et si momentanément que ce soit, à moins qu'il ne prévoit en tirer un profit immédiat. Bien sûr, vous et moi savons qu'il tirera profit du passage au système métrique, mais il a été difficile de l'en convaincre. Il nous faut encore lui faire comprendre que si la Grande-Bretagne ne se convertit pas au système métrique, l'industrie britannique sera moins efficace qu'elle pourrait l'être et que, en conséquence, le niveau de vie à l'avenir ne sera pas aussi élevé qu'il pourrait l'être autrement. Nous devons également faire comprendre que le passage au système métrique rendra les choses plus faciles à l'acheteur conscient de la valeur lorsqu'il voudra comparer les prix des marchandises et des services qui lui sont proposés. C'est une chose qui est souvent difficile avec le système impérial. A la différence des unités du SI, les unités du système impérial ne sont pas cohérentes et les comparaisons peuvent entraîner des calculs très compliqués.

Une fois que nous aurons fait admettre ces vérités aux gens, je n'ai aucun doute que tout n'aille bien et que le changement ne rencontre une large approbation. Il est certain que ceux qui ont une expérience pratique de l'utilisation des mesures métriques sont enthousiastes pour le changement. Nous sommes en train de rassembler des exemples pratiques destinés à montrer que les craintes d'un changement difficile sont sans fondement.

Mis à part ce conservatisme inné, il y a un certain nombre d'arguments un peu plus compliqués contre le changement ou peut-être, devrais-je dire, d'arguments qui ne sont que l'expression intellectualisée de cette objection fondamentale. Ceux qui font campagne contre le passage au système métrique sont assez naturellement gênés de leur résistance au changement fondée sur l'argument de chien de garde selon lequel il faut maintenir le système existant parce qu'il est familier et que le système métrique est étranger et continental. On a donc avancé d'autres arguments.

L'un de ces arguments qui reposait sur le fait que les États-Unis d'Amérique, un marché important pour nous, ne changeront pas, a été maintenant sapé par les conclusions du rapport « U. S. Metric Study ».

*can see an immediate benefit from it. Of course, you and I know that he stands to benefit from metrication. But it has been difficult to convince him of it. We have yet to get him to realise that if Britain does not go metric, British industry will be less efficient than it might be and as a consequence the future standard of living will not be as high as it would otherwise be. We also have to make it clear that metrication will make it easier for the value-conscious shopper to compare the prices of goods and services offered to him or her. This is often difficult under the imperial system. Unlike SI units, these units are not coherent and comparisons can involve very complicated calculations.*

*Once we can get these truths over to the people I have no doubt that all will go well and the change will enjoy widespread support. Certainly those who have practical experience of working in metric are enthusiastic for the change. We are accumulating practical examples showing that fears of a difficult changeover are without foundation.*

*Apart from this in-born conservatism there are a number of somewhat more sophisticated arguments against the change or perhaps I should say arguments which represent the intellectualisation of this basic objection. Those who campaign against metrication not unnaturally feel self-conscious about resisting the change on the dog-in-manger argument that the existing system should be kept because it is familiar and that metric is a foreign continental system. Other arguments have therefore been advanced.*

*One, that the United States of America — an important market to us — would not change, has now been undermined by the conclusions of the U.S. Metric Study.*

L'autre argument est fondé sur le coût du changement. Des chiffres inquiétants acquièrent beaucoup de publicité. Le fait est, comme l'« U. S. Metric Study » l'a montré en termes très convaincants dans son analyse complète des coûts et des profits, qu'il est impossible d'avancer une évaluation certaine du coût. On ne peut faire aucune estimation sensée du prix auquel le changement reviendra, pas plus que nous ne pouvons déterminer à combien reviendrait le refus du changement. La seule vérité évidente est qu'un changement à moindre frais dépend d'une bonne organisation de l'opération.

Il vous paraîtra évident que la question pour le Royaume-Uni de passer au système métrique est tout à fait indépendante du problème de son entrée dans la Communauté Économique Européenne. Bien entendu, si nous devenons membre de cette Communauté cela accentuera la nécessité d'utiliser le même système de mesures que les pays déjà membres. Mais ce n'est là qu'une sorte de bon point. Vous n'aurez pas manqué de remarquer que certains pays, l'Australie, l'Afrique du Sud et le Canada entre autres, qui ne pourraient entrer dans la C. E. E. même s'ils le voulaient, vont passer au système métrique pour la raison évidente que le changement servira leurs intérêts commerciaux. Utiliser les mesures métriques dans un monde qui les utilise est évidemment aussi profitable pour le Royaume-Uni.

Certains se sont demandés s'il était sage d'adopter le SI avant que ce système ne soit répandu de façon générale. La réponse est assez simple. Chaque pays qui prend part à cette Conférence va passer au SI, certains plus rapidement que nous ne le faisons au Royaume-Uni, d'autres à peu près au même rythme. Il est sans conteste que le SI s'implante rapidement comme le système universel de mesures dans tous les domaines. Il est normal qu'en passant au système métrique au Royaume-Uni nous adoptions le système international sur lequel tout le monde s'accorde.

★

Je vais maintenant parler du travail du « Metrication Board ».

*The other argument is based on the cost of the changeover. Some weird figures got a lot of publicity. The fact is that, as the U.S. Metric Study demonstrated in very convincing terms in its comprehensive analysis of costs and benefits, it is impossible to prepare an authoritative cost assessment. No meaningful estimate of total costs of changing can be made. Nor can we measure the cost of resisting the change. One manifest truth is that low-cost metrication is a function of good management.*

*It will be evident to you that the case for the United Kingdom to go metric exists quite independently from the question of Britain entry into the European Economic Communities. Of course, if we do become members that will underline the importance of using the same system of measurement as the present members. But that is only in the nature of a bonus point. It will not have escaped your notice that, among others, Australia, South Africa and Canada, who could not enter the E.E.C. even if they wished to do so, are going metric for the obvious reason that the change is in their commercial interests. The benefits of being metric in a metric world are equally clear for the United Kingdom.*

*Some have questioned the wisdom of adopting SI before it is generally established. The answer to this is simple enough. Every country which is in membership of this Conference is going over to SI, some faster than we are in the United Kingdom, others at about the same pace. There is no question but that SI is rapidly establishing itself as the universal system of measurement for all purposes. It is evident common sense that in making the change to metric we in the United Kingdom should adopt the agreed international system.*

★

*I now turn to the work of the Metrication Board.*

Notre champ d'action est immense et, si on le regarde en face, décourageant. En fait, lorsque je fus nommé président j'ai reçu autant de messages de compassion que de félicitations, mais je n'ai jamais envisagé mon rôle de cette façon. Le processus évident était de le scinder en secteurs faciles à diriger. Aussi, dès notre première réunion, mon Board décida qu'il fallait nommer un certain nombre de « Steering Committees » destinés à surveiller le travail dans des secteurs particuliers.

Ces Comités sont au nombre de huit; ils sont présidés chacun par un membre du Board et un autre membre du Board au moins y siège.

[Voir ci-contre la liste de ces huit Comités]

Chaque président avait la responsabilité du recrutement des membres de son Comité mais, naturellement, il faisait son choix en accord avec moi. Nous avons eu la chance de nous attacher les services de plus de cinquante personnes dévouées au bien public et de grande envergure, qui prêtèrent leurs concours bénévolement. Leur sagesse et leur expérience cumulées ont été inappréciables. Nous avons délibérément choisi les membres parmi des personnes notables qui avaient intérêt à passer au système métrique et qui étaient en mesure de conseiller le Comité auquel elles appartenaient sur un certain nombre de problèmes. Mais nous avons pris soin d'éviter de nommer des gens selon un système de représentation, car nous aurions eu alors des Comités qui auraient pris des proportions difficiles à diriger.

*Our field is enormous and, on the face of it, daunting. Indeed, when I was first appointed I had as many messages of commiseration as of congratulation, but I never saw my job that way. The obvious course was to break it down into manageable sectors. And so, at our very first meeting, my Board decided that we must appoint a number of Steering Committees to oversee the work in particular sectors.*

*At our second meeting, only three weeks later, we set up the Committees, each under the chairmanship of a member of the Board and each having at least one other member of the Board.*

*The Committees were :*

*Steering Committee for the agriculture, forestry, fisheries and land sector.*

*Steering Committee for the distribution, food, and consumer goods industries.*

*Steering Committee for the education and industrial training sector.*

*Steering Committee for the engineering industries.*

*Steering Committee for the fuel and power sector.*

*Steering Committee for the industrial materials and construction industries.*

*Steering Committee for the transport and communication industries.*

*Information Policy Committee.*

*Each chairman was responsible for recruiting the members of his own committee, although, of course, he made his choice in consultation with me. We were fortunate to obtain the services of more than fifty public-spirited people of very high calibre, who gave their services freely without reward. Their combined wisdom and expertise has been invaluable. We deliberately chose the members from people of standing who had an interest in changing to the metric system and who were in a position to advise the committee to which they were appointed on a range of problems. But we were careful to avoid appointing people in a representative capacity because this would have resulted in committees of an unmanageable size. An exception was that, because the metrication of British standards is of interest to*

Seule la British Standards Institution avait un représentant dans chaque Comité, puisque la conversion métrique des normes britanniques intéressait chacun des Comités. Nous avons également invité des représentants des services administratifs concernés à suivre le travail des Comités. Notre choix des Comités s'est avéré dans la pratique satisfaisant et ce sont les mêmes Comités qui fonctionnent aujourd'hui.

Comme le passage aux mesures métriques en Grande-Bretagne est fondé sur le fait qu'il est librement consenti, la coordination des efforts des autres constitue l'essence même du travail du Board et de ses Steering Committees. De plus, c'est une coordination d'un type particulier car nous sommes intervenus quand beaucoup de travail avait déjà été fait. Dans les quatre années 1965-1969, des secteurs importants de l'industrie britannique, avec l'aide d'un certain nombre d'organisations, en particulier la British Standards Institution, avaient déjà fait de grand progrès dans la planification de la réforme métrique.

L'enseignement, sous la direction du Schools Council et de la Royal Society, avait bien suivi. Dans l'industrie, la British Standards Institution, par le truchement de quatre commissions métriques spécialement nommées qui réunissaient les chefs de file des industries concernées, avait conçu des programmes généraux pour l'introduction des mesures métriques dans quatre secteurs clefs : la construction, la mécanique, l'électricité et la marine. Étant donné le large éventail de production que chacun de ces programmes couvrait, ceux-ci étaient très généraux. Leur but était de servir de base pour établir des programmes plus détaillés, tant pour les secteurs dans leur ensemble que pour des sociétés individuelles. La British Standards Institution avait aussi avancé notablement dans l'établissement de normes britanniques métriques.

Lorsqu'on coordonne il faut connaître ce qu'il y a à coordonner. A nos débuts il n'existait aucune étude complète de la situation sur laquelle nous pouvions fonder notre travail. Par conséquent, notre première tâche fut de découvrir, avec autant de précision que nous le pouvions, où en était exactement chaque secteur.

*every committee, the British Standards Institution had a representative on each. We have also invited representatives of the appropriate Government Departments to join in the work of the Committees. Our choice of committees has in practice proved to be about right and the same ones operate today.*

*Because metrication in Britain is based on the voluntary principle, co-ordination of the efforts of others is the very essence of the work of the Board and of its Steering Committees. Moreover, it is co-ordination with a difference because we came in when much work had already been done. In the four years 1965-1969, important sectors of British industry, with the help from a number of institutions, notably the British Standards Institution, had made a great deal of progress in planning the changeover.*

*The education system, under the guiding hands of the Schools Council and the Royal Society, had kept well in step. On the industrial front, the British Standards Institution, working through four specially appointed metric panels manned by leading people in the industries concerned, had devised general programmes for the introduction of metrication in four key sectors, the construction industry, the engineering industries, the electrical industry and the marine industry. Because of the wide range of production which each of these programmes covered, they were in very general terms. Their purpose was to provide a base on which more detailed programmes, both for sectors and for individual firms, could be built. The British Standards Institution had also made notable progress in planning the metrication of British standards.*

*Any co-ordinator needs to know what he has to co-ordinate. When we began, there was no comprehensive record of progress on which we could base our work. Our first task, therefore, was to find out, as precisely as we could, just how far each sector had got.*

Nos Steering Committees, à l'exception de celui de l'Information que je préside moi-même et dont le rôle est quelque peu différent, travaillent surtout en liaison étroite avec les associations professionnelles, les instituts spécialisés et les sociétés savantes. Nous avons établi des relations avec plus de mille organismes. Avec leur aide, nous avons dressé une vue d'ensemble de l'état d'avancement et identifié les domaines dans lesquels on avait besoin d'aide, d'avis ou de persuasion pour combler les lacunes, éviter les chevauchements ou résoudre les problèmes courants. Nous gardons constamment nos informations à jour de la même façon.

Je dois souligner qu'à aucun moment nous n'avons été responsable de l'élaboration de programmes dans un secteur particulier. Ce n'est pas, et ce ne saurait être notre travail. La préparation d'un programme industriel fait appel à la connaissance détaillée des rouages et des problèmes du secteur particulier pour lequel est conçu le programme. Mais c'est notre tâche de veiller à ce que les programmes soient élaborés dans tous les domaines où c'est nécessaire et, si besoin est, de stimuler et d'encourager l'action.

La plupart des programmes ont été élaborés soit par les associations professionnelles ou par des groupes de travail nommés par elles, soit par des groupes de personnalités dirigeantes dans le secteur intéressé. De leur côté les programmes fournissent la base sur laquelle chaque société peut établir son propre plan. Notre tâche est de s'assurer que les programmes particuliers sont compatibles.

Voici maintenant quelques mots sur notre autre fonction principale, l'information. C'est là que nous approchons le plus d'un rôle d'exécution. Nous avons jusqu'ici jugé bon de concentrer nos activités d'information dans l'industrie et dans l'enseignement, car ce sont les secteurs où il a été fait le plus de progrès et où il existe un besoin immédiat d'un courant efficace d'informations détaillées et complètes.

Comme les progrès dans l'utilisation des mesures métriques nous rapprochent du moment où des produits métriques apparaî-

*Our Steering Committees, with the exception of the Information Policy Committee which I chair myself, and which has a rather different role, work mainly in close liaison with trade associations, professional institutions and learned societies. We have established contact with well over a thousand organisations. With their help, we built up a conspectus of progress and identified the areas where help, advice or persuasion was needed to close gaps, prevent overlaps or solve common problems. Through the same organisations, we keep our information constantly up-to-date.*

*I should emphasise that at no time have we been responsible for the formulation of programmes for any particular sector. This is not, and indeed could not be, our job. The preparation of an industrial programme calls for detailed knowledge of the workings and the problems of the particular sector for which the programme is intended. But it is our job to see that programmes are worked out in all areas where they are needed and, where necessary, to stimulate action and help it along.*

*Most programmes have been worked out either by trade associations or by working parties set up by them, or by groups of leading figures in the sector concerned. The programmes in turn provide the basis on which individual firms make their own plans. Our job is to ensure that the individual programmes are mutually compatible.*

*Now a few words about our other main function, information. This is the nearest we come to an executive role. We have so far thought it right to concentrate our information activities on industries and on education because these are the sectors where most progress has been made and where there has been an immediate need for an adequate flow of comprehensive information. As metrication progresses towards the point where metric goods appear in our shops in quantity, so we shall develop our plans to advise and inform the general public about the issues and their effect. I am quite*

tront en grande quantité dans nos magasins, nous développerons nos plans pour conseiller et informer le grand public sur les problèmes posés et leurs conséquences. Je suis presque certain que nous avons eu raison dans le choix de nos priorités, mais en nous retenant de faire de la publicité de masse nous avons plutôt laissé le champ ouvert à nos critiques, bien que nous corrigions assidûment les informations erronées.

★

Je voudrais vous donner maintenant un aperçu de la situation de la réforme métrique au Royaume-Uni. Qu'avons-nous accompli au cours des deux années d'existence du Board ? La plupart des secteurs sont dans la bonne voie et nous ne voyons aucune raison pour laquelle l'objectif général d'arriver à une utilisation très répandue des mesures métriques d'ici à la fin de 1975 ne serait pas atteint. Bien des secteurs seront métriques avant cette date. En fait, un bon nombre le sont déjà. Réciproquement, comme nous l'avons toujours pensé, certains le seront plus tard. L'essence même d'un programme volontaire est que chaque secteur, et en fait chaque organisme propre à l'intérieur de chaque secteur, progresse au rythme qui convient le mieux à ses propres besoins, en tenant complètement compte des progrès réalisés dans les autres secteurs et organismes avec lesquels il est en relation.

Il est logique de commencer par les matériaux industriels, en partie parce que la fourniture assurée des matériaux appropriés constitue un élément fondamental de la planification pour l'industrie de transformation, et en partie parce que les producteurs de matériaux trouvent le changement simple, car il n'entraîne bien souvent rien de plus que l'adoption des unités métriques pour la vente.

La plupart des matériaux industriels sont déjà fournis en unités métriques, et de nombreuses industries ont déjà opéré le changement. D'autres le feront au cours des six prochains mois. La principale exception est l'acier, qui bien sûr offre une large gamme de produits qui servent à de nombreux usages

*sure that we have got our priorities right, but holding back on our mass-publicity has tended to leave the field to our critics, although we assiduously correct misinformation.*

★

*I would now give you an outline of the general state of progress in the United Kingdom. What have we achieved during the two years of the Board's existence ? Most sectors are well on target and we see no reason why the general objective of achieving substantial metrication by the end of 1975 should not be met. Many sectors will be metric before then. Indeed, a good many are already. Conversely, as we always expected, there will be some who will need longer. The very essence of a voluntary programme is that each sector, and indeed each individual organisation within each sector, moves at the pace best suited to its own needs, taking full account of progress in other related sectors and organisations.*

*The logical place to start is industrial materials, partly because an assured supply of the appropriate materials is an essential part of the basic planning for manufacturing industry and partly because many producers of materials find the change simple because it frequently involves no more than the adoption of metric units of sale.*

*Most industrial materials are already being supplied in metric units, and many industries have completed the change. Others will do so within the next months. The main exception is steel, which of course has a wide range of products which go to many diverse uses. Progress there ranges from reinforcement bars, for*



variés. Dans ce domaine, les progrès vont des armatures, pour lesquelles existent déjà des normes métriques, aux barres et aux bandes, qui sont disponibles en dimensions métriques, jusqu'à certains types de profilés laminés à chaud pour lesquels le changement est encore à faire et les plans attendent un accord international pour de nouvelles normes. Entre-temps les spécifications existantes seront données en mesures métriques et peuvent être utilisées pour des fabrications métriques.

L'industrie de la construction a fait de grands progrès. Le programme de base qui a été publié en 1967 prévoit l'achèvement du passage aux mesures métriques pour la fin de 1972. Beaucoup de progrès ont été faits dans le secteur public pour lequel, au 30 juin 1971, près de 3 000 millions de £ de travaux au stade des plans étaient en unités métriques. Dans le secteur privé le développement a d'abord été lent, mais avec l'aide et les conseils de la Royal Institution of British Architects le rythme des progrès s'est beaucoup accru depuis le début de 1971. D'après toutes les indications que nous avons l'industrie de la construction dans sa totalité aura achevé le changement selon le programme prévu.

Les industries mécaniques constituent un ensemble hétéroclite d'industries de transformation. En général, la plupart des sociétés passent aux mesures métriques au fur et à mesure que les produits sont redessinés, des modifications sont apportées ou de nouveaux produits sont introduits. C'est le secteur dans lequel le rôle de coordination du Board est de la plus haute importance. Le programme de principe pour ces industries est que 75 pour cent de la production devrait être métrique à la fin de 1975. Cela tient compte du fait que certaines industries auront besoin d'une période plus longue afin d'éviter des dépenses inutiles. Là également, les indications que nous avons laissent à penser que l'objectif de principe sera atteint.

En agriculture, un groupe spécialisé a été créé; il est constitué de représentants de tous les exploitants agricoles. Les dirigeants agricoles et horticoles voient l'importance qu'il

*which metric sizes are already standard, through bar and strip, which are available in metric sizes, to certain classes of hot-rolled sections where the change has yet to be made and where plans await international agreement on new standards. Meantime existing specifications will be described in metric terms and can be used to make metric products.*

*The construction industry has made a great deal of progress. The basic programme which was published in 1967 provides for complete metrication by the end of 1972. Most progress has been made in the public sector, where at 30 June 1971 nearly £ 3 000 million of work at the design stage was in metric units. Developments in the private sector were slow at first, but with the help and advice of the Royal Institution of British Architects, the rate of progress has been increasing fast since the beginning of 1971. All the indications are that the construction industry as a whole will complete the change in accordance with the programme.*

*The engineering industries are a heterogeneous collection of manufacturing industries. In general, most engineering firms are going metric as products are re-designed or modifications are made or new products are introduced. This is the sector where the co-ordinating role of the Board is of the utmost importance. The broad programme for these industries is that 75 per cent of production should be metric by the end of 1975. This takes account of the fact that for some of them a longer period will be needed in order to avoid unnecessary expense. Here, too, the indications are that the broad objective will be achieved.*

*In agriculture, a joint metrication group has been set up, representative of all the farming interests. The leaders of the farming and horticultural interests see the importance of adopting*

y a à adopter une politique positive à l'égard des changements dans leurs fournitures, la construction et les organismes qui commercialisent les produits fermiers.

D'une manière générale, le commerce de détail sera le dernier secteur à accomplir le changement. Malgré tout, quelques produits métriques se trouvent déjà dans les boutiques. Tous les produits pharmaceutiques et la plupart des produits de toilette sont métriques depuis 1969, et pourtant la plupart des gens ne se sont pas aperçu que le changement avait été fait. Les lits et les fournitures de literie sont maintenant disponibles en mesures métriques. Dans les boutiques de bricolage, celles où l'on trouve ce qu'il faut pour entretenir et décorer la maison, les produits métriques font leur apparition en quantité croissante. Cela n'est pas étonnant car ces boutiques font le commerce de matériaux qui sont en relation étroite avec ceux qui sont utilisés dans l'industrie de la construction.

Les développements de notre infrastructure suivent ceux de l'industrie. J'ai déjà parlé de l'enseignement et vous ne serez donc pas surpris d'apprendre que la plupart des éducateurs appuient fortement le changement. Ils ont un rôle essentiel pour exercer les élèves à penser en mesures métriques. Nous devons bien entendu tous le faire à la longue, mais les écoliers ont le grand avantage de le faire dès le départ. En ce qui concerne les combustibles et l'énergie, apprenez que notre industrie électrique utilise les unités métriques pour la fourniture depuis le tout début. L'emploi des unités métriques dans les centrales électriques et pour le matériel suit bien les progrès faits dans les industries de la construction et de la technique électrique. L'Atomic Energy Authority, le Gas Council et le National Coal Board ont élaboré des programmes pour le changement, de même que l'industrie pétrolière; selon ces programmes il est prévu que le passage aux unités métriques sera entièrement effectué à la fin de 1975.

Tout cela n'aurait pu être réalisé sans l'appui et la participation du Gouvernement. Cet appui et cette participation se sont manifestés non seulement dans des déclarations

*a positive policy towards the changes in their supplying industries, in the construction industry and in the organisations which market and sell farm products.*

*Generally speaking, the retail trade will be the last sector to complete the change. Even so, some metric goods are already in the shops. All pharmaceuticals and most toiletries have been metric since 1969, yet most of the public never even realised that the change had been made. Metric beds and bedding are now available as standard. In what we call "do it yourself" shops, those which supply the needs of the man who maintains and decorates his own home, metric goods are appearing in increasing quantities. This, of course, is not surprising because these shops deal very largely in materials which have a close relationship with those used by the construction industry.*

*Developments in our infrastructure are keeping pace with industry. I have already mentioned education and indeed it will be no surprise to you to hear that most educationists strongly back the change. They have an essential role in training their pupils to think metric. We shall, of course, all have to do this in time, but pupils at school have the great advantage of doing this from the outset. As regards fuel and power, you will know that our electrical industry has used metric units of supply from the very beginning. Metrication of power stations and equipment is well in step with progress in the construction industry and the electrical engineering industry. The Atomic Energy Authority, the Gas Council and the National Coal Board have all worked out programmes for the change. So too has the petroleum industry, whose timetables provide for the completion of the changeover by the general target date of end of 1975.*

*All this progress could not have been achieved without the support and participation of the Government. This has been manifested not only in affirmations of policy but also in the*

d'intention, mais également dans le fonctionnement des appels d'offre pour l'administration et dans l'usage que le Gouvernement a fait de ses pouvoirs pour modifier les règlements qui gênent les progrès de la conversion métrique.

Le Gouvernement, les industries nationalisées et les autorités locales sont de très gros clients de l'industrie. La fourniture des administrations est donc d'une grande importance, tant par sa quantité que par son exemple. Les effets sont bien illustrés par la très grande quantité d'affaires en mesures métriques dans le secteur public qui a été passée avec l'industrie britannique de la construction, ce qui joue un rôle stimulateur pour les autres secteurs.

Dans toute société moderne la vie quotidienne est organisée par un large éventail de règlements. Beaucoup font appel à des unités de mesure dans un grand domaine de contextes. Les règlements britanniques, comme vous pouvez vous y attendre, comportent un grand nombre de références aux unités impériales. Certaines de ces références gêneraient la conversion métrique dans des secteurs particuliers de l'industrie si elles n'étaient pas modifiées au moment voulu. Le Gouvernement a de larges pouvoirs pour effectuer des modifications dans de tels règlements et les autorités ont fait comprendre que lorsqu'une industrie donnée en arrive au point où des modifications deviennent nécessaires le Gouvernement est prêt, après accord dans les règles, à utiliser ses pouvoirs. En fait cela a déjà eu lieu.

★

Je vais maintenant parler brièvement de quelques problèmes généraux dont nous, en tant que Board, avons estimé bon nous occuper nous-mêmes.

Un problème évident est la transformation des appareils de pesage. De tels appareils sont utilisés dans tous les secteurs de l'économie, l'industrie, le commerce, les transports, l'enseignement et les foyers. Ils vont de la simple balance ménagère aux appareils les plus complexes destinés à peser de lourdes charges. Le nombre total en est très grand

*operation of public procurement tenders and in the use of the Government's powers to amend regulations which impede the progress of metrication.*

*The Government, the nationalised industries and the local authorities are very big customers of industry. Public procurement is therefore of great importance both in its extent and by its example. The effects are well illustrated by the very large amount of metric business in the public sector which has been placed with the British construction industry, making it a pacemaker for other sectors.*

*In any modern society daily life is ordered by a vast range of regulations. Many of them include references to units of measurement in a wide range of contexts. British regulations, as you would expect, include a great many references to imperial units. Some of these references would impede metrication in particular sectors of industry if they were not amended at the appropriate time. The Government has wide powers to make changes in such regulations and they have made it clear that when individual industries progress to the point where amendments become necessary the Government are prepared, after due consultation, to use their powers. They have in fact done so.*

★

*I will now outline some general problems with which we, as a Board, found it desirable to deal ourselves.*

*An obvious one is the conversion of weighing machines. Such machines are used in every sector of the economy, industry, commerce, transport, education and in the home. The machines range from simple household scales to the most sophisticated apparatus for weighing heavy loads. The total numbers are very large and almost all will, at some point in time,*

et presque tous, à un moment donné, devront être transformés pour donner des indications en unités métriques ou devront être remplacés. C'est une tâche énorme. A l'inverse, notre industrie des appareils de pesage est de modeste proportion en comparaison de l'étendue des industries qu'elle sert.

La plupart des appareils durent longtemps; aussi leur industrie de fabrication est prévue essentiellement pour fournir des pièces de rechange et pour entretenir le matériel existant plutôt que pour un rééquipement à grande échelle. Aussi bien le Board que l'industrie voulaient être sûrs que les progrès du passage aux mesures métriques ne seraient retardés par aucun goulot d'étranglement dans la transformation des appareils de pesage; aussi avons-nous nommé en 1969 un groupe de travail commun pour étudier les aménagements nécessaires. Le groupe de travail couvrait un vaste champ. Il a présenté son rapport le mois dernier et ce rapport est rassurant. Il montre que presque tous les types d'appareils peuvent être transformés et que, sauf pour des matériels anciens et usés, le prix de revient pour la plupart des appareils est modeste. Particulièrement rassurante est la conclusion du groupe de travail d'après laquelle l'industrie des appareils de pesage sera en mesure de faire face au travail des remplacements et des transformations dans le temps imparti pour le programme général de la conversion métrique.

Un autre sujet de très large portée est la question des transports, qui touche à presque toutes les formes de l'activité économique. Dans une première étape de notre travail nous avons porté notre attention sur le fret. Il n'existe aucune association professionnelle dans ce secteur qui puisse rassembler toutes les formes de transport. Nous avons par conséquent organisé une réunion des représentants de toutes les classes de transporteurs, des usagers, des services de l'Administration et des autres organisations intéressées. A cette réunion on a été d'accord pour établir deux groupes de travail : l'un pour s'occuper du fret avec l'étranger et l'autre pour s'occuper du fret intérieur. Les deux groupes de travail ont maintenant présenté leurs rapports qui sont en cours d'étude par les parties intéressées.

*need to be converted to read in metric units or to be replaced. This is a very big task. Conversely, our weighing machine industry is of modest size in relation to the range of industries it serves.*

*Most machines have a long life so the industry is geared mainly to supplying replacements and servicing existing machines rather than to wholesale re-equipment. Both the Board and the industry wanted to make sure that the progress of metrication would not be delayed by any bottlenecks in the conversion of weighing machines and so, in 1969, we jointly set up a working party to examine arrangements. The working party covered a great deal of ground. It produced its report last month and the report is reassuring. It shows that almost all types of machine can be converted and that, apart from old and worn-out equipment, the cost for most machines is modest. Particularly reassuring is the conclusion of the working party that the weighing machine industry will be able to deal with the replacement and conversion workload within the timescale for the general metrication programme.*

*Another very wide-ranging subject is transport, which enters into nearly all forms of economic activity. At an early stage in our work, we turned our attention to freight. There is no one trade association in the sector which could bring together all forms of transport. We therefore arranged a meeting of representatives of all classes of carriers, of users, of Government Departments and of other interested bodies. At this meeting it was agreed that two working parties should be established — one to deal with overseas freight and one to deal with inland freight. Both working parties have now made reports which are being considered by the interests concerned.*

La conclusion du groupe de travail sur le fret avec l'étranger fut que le 1<sup>er</sup> janvier 1972 serait vraisemblablement la date la plus acceptable pour l'application des mesures métriques pour les tarifs douaniers et la classification du commerce d'exportation. D'amples consultations ont suivi pour voir si cette date limite serait acceptable aux négociants. Les recommandations du groupe de travail furent soumises au « Customs and Excise Department » qui, en accord avec ses obligations, entreprit de nouvelles consultations et soumet actuellement des propositions au Gouvernement. Le groupe du fret intérieur ne fut pas en mesure de se mettre d'accord sur une date commune et les problèmes sont encore à l'étude.

En 1970 nous avons entendu de fréquentes doléances de la part des utilisateurs d'éléments de fixation qui avaient des difficultés à obtenir du matériel métrique. En coopération avec la Confederation of British Industry, nous avons organisé une réunion des associations professionnelles intéressées pour examiner les doléances et pour étudier quelles mesures pouvaient être prises pour y remédier. Les recommandations élaborées au cours de cette réunion conduisirent à l'établissement d'un groupe de travail commun au Board et à la Confederation, qui comprenait des représentants des usagers, des fabricants, des stockistes et de la British Standards Institution.

Le groupe de travail a préparé des listes des dimensions métriques préférées pour la plupart des éléments de fixation les plus couramment utilisés et a passé des accords avec les fabricants pour assurer que ces dimensions soient disponibles. Ce travail a donc déjà eu un but utile et le groupe continue d'étudier la question pour les autres types d'éléments de fixation.

Nos discussions avec les industries mécaniques montrèrent la nécessité d'avoir un conseil qui fasse autorité pour décider dans quelle mesure les machines-outils avaient besoin d'être transformées pour travailler en unités métriques et pour considérer les facteurs qui influencent le choix de la méthode pour celles des machines qui ont besoin d'être transformées. Assez souvent nous avons rencontré

*The working party on overseas freight came to the conclusion that 1 January 1972 was likely to be the most acceptable date for general metrication of the Customs Tariff and the Overseas Trade Classification. Extensive consultations followed to see whether this target date would be acceptable to traders. The recommendations of the working party were submitted to the Customs and Excise Department, who, in accordance with their obligations, undertook further consultations and are now submitting proposals to the Government. The Inland Freight group were not able to agree on a common date and the issues are still being examined.*

*In 1970 we heard frequent complaints from users of fasteners that there were difficulties in obtaining metric supplies. In co-operation with the Confederation of British Industry, we organised a meeting of interested trade associations to examine the complaints and to consider what action could be taken to overcome them. The recommendations of the meeting led to the establishment of a joint working party of the Board and of the Confederation, which included representatives of users, manufacturers, stockists and the British Standards Institution.*

*The Working Party has prepared lists of preferred metric sizes for most of the more commonly used fasteners and has made arrangements with the producers which should ensure that these sizes are readily available. Their work has thus already served a useful purpose. They are continuing to work through other ranges of fasteners.*

*Our discussions with the engineering industries showed that there was a need for authoritative guidance about the extent to which machine tools needed to be converted to work in metric units and about the factors which should influence the choice of method for those machines which needed conversion. Quite often we came across engineering firms who were afraid that metrication would be an expensive business for them*

des sociétés de mécanique qui craignaient que la conversion métrique ne soit une affaire onéreuse pour elles, uniquement parce qu'elles avaient été amenées à penser qu'il faudrait entreprendre des modifications coûteuses, sinon un rééquipement total. Nous avons donc demandé deux études, l'une confiée à la Machine Tool Industry Research Association et l'autre à une société d'ingénieurs-conseils.

La Machine Tool Research Association publia un manuel qui explique en détail les différentes méthodes existantes pour modifier les machines-outils des types de celles qui ont besoin de l'être; ce manuel explique aussi, dans un langage simple et direct, comment le changement peut être effectué de la façon la plus efficace et la plus économique. Le manuel couvre la gamme complète des machines - outils, depuis les plus simples jusqu'aux plus compliquées.

Les experts étudièrent à fond le cas de trois sociétés de mécanique extrêmement différentes qui avaient déjà beaucoup avancé dans la mise en œuvre de leurs plans. L'étude de ces cas montre comment ces sociétés établirent leurs plans, les problèmes qui survinrent dans leur mise en œuvre et les moyens adoptés pour les surmonter. En se servant de ces études comme exemples, les experts ont établi un manuel qui donne des conseils pratiques pour l'exploitation technique, à tous les niveaux, sur chaque aspect de l'utilisation des mesures métriques (planification, exploitation, considérations techniques, prix de revient réalistes, méthodes de conduite du changement) afin d'obtenir le maximum de profits. Ces deux manuels viennent juste d'être publiés. Ils devraient être d'une grande valeur pratique aux sociétés particulières désireuses de savoir comment opérer le changement d'une manière ordonnée et économique.

★

De ce qui est problème je passe maintenant à ce qui n'en est pas. On me demande souvent comment la conversion métrique affectera le public. Ceux d'entre vous qui viennent de pays qui ont effectué le changement au cours des dernières années ou qui, comme

*solely because they had been led to believe that expensive modifications would have to be undertaken, if not complete re-equipment. We therefore commissioned two surveys, one by the Machine Tool Industry Research Association and another by a firm of consulting engineers.*

*The Machine Tool Research Association produced a manual which explains in detail the various methods which are available for modifying those types of machine tools which need to be altered and, in simple and direct language, explains how the change can be most effectively and economically carried through. The manual covers the whole range of machine tools from the simplest to the most complicated.*

*The consultants carried out thorough case studies of three widely differing engineering companies who had made considerable progress in implementing their plans. The case studies show how these companies made their plans, the problems which occurred in implementing them and the means adopted to overcome them. Using these studies as illustrations, the consultants produced a manual which gives practical advice to engineering management at all levels on every aspect of metrication, including planning, management and technical considerations, realistic costing and methods to control the changeover and to ensure that maximum benefits are obtained. These two manuals have just been published. They should be of great practical value to individual firms wishing to know how to bring about the change in an orderly and economical way.*

★

*I turn now from problems to non-problems. I am often asked what the effect of metrication will be on members of the public. Those of you who come from countries which have changed within recent years, or which, like us, are engaged in changing, will I am sure agree*

nous, sont en train de changer, seront j'en suis certain d'accord pour répondre que l'impact est léger et de courte durée. Certes, au Royaume-Uni, un très large éventail de produits ne sont vendus ni à la masse, ni à la longueur, mais au nombre. Cela est vrai non seulement pour les machines à laver et les réfrigérateurs, mais aussi pour un grand nombre de produits alimentaires en paquets. Même là, l'acheteur ne choisit pas selon la masse, la longueur, la largeur ou la hauteur, mais selon la qualité du produit, son prix et l'agrément de sa présentation. L'appréciation de la taille par rapport aux besoins est presque entièrement visuelle. C'est une des raisons pour lesquelles, comme je l'ai déjà dit, très peu de gens se sont même rendu compte qu'un changement est intervenu dans la vente des produits pharmaceutiques et de toilette. Un grand nombre d'autres produits, en particulier les produits alimentaires, sont maintenant achetés par paquet. Pour les quelques articles qui sont encore pesés ou mesurés en présence du client, cela n'implique que deux ou trois unités très simples. Les personnes âgées devront assurément faire un effort conscient pour abandonner les habitudes d'une vie entière. Mais nous pouvons faire cela très rapidement lorsque nous sommes en visite dans un autre pays, un pays métrique, et nous l'avons tous fait très facilement quand nous sommes passés à la décimalisation de la monnaie en février 1971.

En disant tout cela, je ne fais pas simplement qu'exprimer mon point de vue mais également celui des organisations qui représentent les consommateurs et les ménagères. En particulier, la conférence du « Women's Advisory Committee » de la British Standards Institution, tenue en 1970, a exprimé de façon quasi unanime que les théoriciens faisaient par trop d'embarras sur les soi-disant problèmes de la conversion métrique pour la ménagère. Les femmes feront face aux changements lorsque et dans la mesure où ce sera nécessaire pour elles de le faire.

L'apprentissage n'est pas non plus un problème et cela a surpris beaucoup de gens. Quelques novateurs ont fait des erreurs et ont fait des dépenses inutiles sur des cours

*that the answer is that the impact is slight and transitory. Certainly, in the UK a very large range of goods is not sold by weight or by measure but by number. This includes not only things like washing machines and refrigerators but also a wide range of foods in packaged form. Even then, the buyer does not choose by weight, by length, by width or height but by the quality of the product, its price and by the attractiveness of the presentation. Appraisal of size in relation to needs is almost entirely visual. This is one of the reasons why, as I mentioned before, very few people have even realised that there has been any change in the units of sale of pharmaceuticals and toilet preparations. A great many other commodities, including most foodstuffs are now bought by the packet. For those few articles which are still weighed or measured in the presence of the customer, only three or four very simple units are involved. Certainly, older people will have to make a conscious effort to depart from the habits of a lifetime. But we can all do this very quickly when we visit another country, a metric country, and we all did it very easily when the change to decimal currency was made in February 1971.*

*In saying all this, I am not just expressing my own view but also that of the organisations representing consumers and housewives. In particular, the 1970 Conference of the Women's Advisory Committee of the British Standards Institution had a very firm consensus of opinion that far too much fuss was being made by theorists about the so-called problems of metrication for the housewife. They will cope with the changes when and to the extent that it is necessary for them to do so.*

*Training is another non-problem. This has been a surprise for many people. Some of the innovators made mistakes and incurred unnecessary costs on intensive and ambitious*

intensifs et ambitieux. D'autres ont abordé le problème de façon pragmatique, réduisant l'apprentissage à la durée absolument nécessaire et ne le donnant que lorsque les intéressés étaient sur le point de travailler en unités métriques. Bien des directeurs m'ont dit avoir été surpris de la facilité avec laquelle les employés, à tous les niveaux, se sont mis à utiliser les unités métriques. Cela également est de bon augure pour ce qui adviendra lorsque les produits en mesures métriques seront chose courante dans nos magasins.

★

Je devrais sans doute maintenant dire quelques mots sur les leçons de l'expérience du passage aux mesures métriques au cours des deux dernières années. Ces leçons sont tout à fait prévisibles et je n'ai à vous faire part d'aucune grande surprise, ni d'aucune révélation spectaculaire.

Le point principal, je crois, est que la conversion métrique, bien qu'elle soit une opération complexe, particulièrement dans un pays industrialisé comme la Grande-Bretagne, n'est pas difficile pourvu qu'elle soit scindée dans ses parties composantes et que chaque partie soit soigneusement analysée. C'est la politique que nous avons adoptée pour le travail du Board et elle a été rentable. C'est également la politique que nous conseillons fortement à tous, à tous les niveaux, depuis l'association importante ou l'organisme qui entreprend la préparation d'un plan de grande portée, jusqu'au petit opérateur qui se demande comment s'y prendre pour effectuer le changement. Si l'on suit cette maxime simple, la tâche que représentent la planification et le passage effectif aux mesures métriques n'entraîne pas plus de soucis ni plus de difficultés que les tâches qui se présentent à n'importe quel directeur tous les jours et de diverses façons.

L'envers de la médaille est qu'une planification complète et soignée est essentielle si le changement doit être opéré de façon efficace, les frais réduits à leur minimum et les profits moissonnés à leur plein. Fournis-

*courses. Others approached the matter pragmatically, limiting training to the amount absolutely necessary and giving it only when the trainees were about to embark on work in metric units. Many managers have told me that they have been surprised at the ease with which employees at all levels have adjusted to working in metric units. This again augurs well for the time when metric goods become the normal thing in our shops.*

★

*Now perhaps I should say something about the lessons of experience of metrication over the past two years as they appear to me. They are all really quite foreseeable. I have had no great surprise and no spectacular revelations to make to you.*

*The main point, I think, is that although metrication is a complex operation, particularly in an industrialised country like Britain, it is not difficult provided that it is properly broken down into its component parts and each part is carefully analysed. This is the policy we have adopted for the work of the Board and it has paid off. It is also the policy which we urged on everyone else, at all levels, from a major association or organisation undertaking the preparation of a wide-ranging plan, to the small operator considering how he should carry out the change. If this simple maxim is followed, the task of planning and carrying through metrication involves no more worries and no more difficulties than the tasks which confront any manager any day in any way.*

*The other side of the coin is that thorough and careful planning is essential if the change is to be made efficiently, costs kept to the minimum and benefits reaped to the full. Suppliers and customers must be properly*



seurs et clients doivent être convenablement consultés et les planificateurs doivent se tenir au courant des développements dans tous les secteurs et organisations connexes. Il faut identifier les domaines susceptibles de créer des problèmes et il faut préparer et envisager les solutions.

Le développement optimal dans le temps est particulièrement important. Il peut avoir une action décisive sur le coût. Il convient de tenir compte aussi bien des facteurs externes, tels que ceux dont je viens de parler, que des facteurs internes, tels que la fréquence avec laquelle des modifications ou des changements majeurs sont apportés dans le cours normal des affaires aux produits importants, le rythme avec lequel de nouveaux modèles risquent d'être introduits, la mesure dans laquelle les machines-outils et autres équipements ont besoin d'être changés et les meilleures façons de faire ces changements.

L'une des plus importantes leçons est qu'il est profitable de réduire, dans toute la mesure du possible, la durée effective de la conversion; c'est, bien entendu, totalement différent d'une conversion effectuée aussitôt que possible.

Notre malheur c'est d'effectuer ce changement tellement plus tard que nous n'aurions dû le faire, alors que nous avons bien failli le faire il y a fort longtemps. Mais les milieux informés au Royaume-Uni savent que ce changement est inévitable et que le plus tôt il sera fait le mieux ce sera pour nous tous, mais avant tout pour les jeunes générations qui récolteront le plein profit du passage aux mesures métriques.

*consulted and the planners need to keep in touch with developments in all related sectors and organisations. Potential problem areas need to be identified and solutions prepared and planned.*

*Optimum timing is particularly important. It can have a decisive effect on costs. It needs to take account both of external factors, such as those which I have just mentioned, and internal factors, such as the frequency with which modifications or major changes are made in the normal course of business to important products, the extent to which new models are likely to be introduced, the extent to which machine tools and other equipment need to be converted and the best means of making such conversions.*

*One of the most important lessons is that it pays dividends to keep the actual period of change as short as practicable. This is, of course, a very different matter from changing as soon as possible.*

*It is our misfortune that we are making the change so much later than we should have made it, and so nearly did long years ago. But informed opinion in the United Kingdom knows that the change is inevitable, and that the sooner it is made the better it will be for all of us, but most of all for the younger generation who will reap the full benefit of going metric.*

---

ANNEXE 3

---

**Les récents progrès du Système Métrique (\*)**

Par H. MOREAU

**Bureau International des Poids et Mesures**

---

La période écoulée depuis le précédent Rapport est caractérisée par une expansion importante du Système Métrique dans le monde et par la publication de nouvelles lois sur les unités de mesure fondées sur le Système International d'Unités.

Deux anniversaires métriques ont par ailleurs été célébrés en 1968 et en 1970 : cinquantenaire de l'adoption obligatoire du Système Métrique en U. R. S. S. (1918) et cent cinquantenaire de l'introduction des mesures métriques aux Pays-Bas (1816-1820) (1).

**Système International d'Unités (SI)**

Depuis son adoption par les 10<sup>e</sup> et 11<sup>e</sup> Conférences Générales des Poids et Mesures (1954 et 1960), le SI est progressivement introduit dans la législation métrologique des pays métriques. A la liste publiée dans le précédent Rapport (1968) sont venus s'ajouter les pays suivants :

*Nouvelles lois sur les unités de mesure fondées sur le SI*

Allemagne (Rép. Démocratique)...	« Verordnung » du 31 mai 1967 et « Anordnung » du 26 novembre 1968.
Allemagne (Rép. Fédérale).....	Loi du 2 juillet 1969 et « Ausführungsverordnung » du 26 juin 1970.
Belgique.....	Loi du 16 juin 1970 et Arrêté du 14 septembre 1970.

---

(\*) Ce Rapport est le huitième d'une série commencée en 1907. Les précédents Rapports ont été présentés aux Conférences Générales des Poids et Mesures suivantes : 4<sup>e</sup> (1907), 5<sup>e</sup> (1913), 6<sup>e</sup> (1921), 8<sup>e</sup> (1933), 9<sup>e</sup> (1948), 10<sup>e</sup> (1954) et 13<sup>e</sup> (1967-1968).

(1) Voir les articles publiés à cette occasion dans la revue soviétique *Izmeritelnaïa Tekhnika*, n° 9, 1968, pp. 3-20 (en langue russe), et dans la revue néerlandaise *De Ingenieur*, 82, n° 27, 1970, pp. A 533-A 553 (en langue anglaise).

Brésil.....	Décret-loi N° 240 du 28 février 1967 et Décret N° 63 233 du 12 septembre 1968.
Cameroun.....	Décret N° 69/DF/201 du 2 juin 1969.
Mexique.....	Décret du 23 décembre 1969.
Pays-Bas.....	Loi du 6 juin 1968 et Décret du 11 décembre 1968.

Un projet de loi pour l'adoption du SI en Suisse est en préparation. En U. R. S. S., la Norme d'État sur les « Unités des Grandeurs Physiques » qui sera adoptée prochainement est fondée sur le SI (*voir* le projet final publié dans *Izmeritelnaïa Tekhnika*, n° 2, 1970, p. 4). L'Inde révisé aussi complètement sa loi sur les poids et mesures afin de la mettre à jour conformément aux récentes décisions concernant le SI. En France, le décret de 1961, modifié en 1966, doit être prochainement révisé dans le même sens.

Il est à noter que les nouvelles lois allemande (République Fédérale) et belge, ainsi que le projet de Norme soviétique, n'autorisent que temporairement (jusqu'en 1974-1977) l'emploi d'un certain nombre d'unités en dehors du SI et d'unités diverses.

Dans sa Directive du 18 octobre 1971 <sup>(\*)</sup>, le Conseil des Communautés Européennes a recommandé à ses États membres d'harmoniser leur législation sur les unités de mesure et de rendre obligatoire, dans un délai de cinq ans, l'emploi des unités SI. Cette directive prévoit en outre l'interdiction d'emploi, après le 31 décembre 1977 au plus tard, d'un certain nombre d'unités parmi lesquelles le kilogramme-force, le torr, le stère, la calorie, le cheval vapeur.

Au Royaume-Uni, la « British Standards Institution » a publié une nouvelle norme (BS 3763 : 1970) consacrée au SI.

Aux États-Unis d'Amérique, où l'utilisation du SI se développe dans un certain nombre d'organisations, le National Bureau of Standards a rappelé récemment sa politique quant à l'emploi du SI qu'il avait adopté dès 1964 <sup>(\*)</sup>. Depuis septembre 1970, la « National Aeronautics and Space Administration » utilise le SI dans ses publications scientifiques et techniques. Le Conseil de l'« American Association for the Advancement of Science (A. A. A. S.) » a par ailleurs adopté en décembre 1970 la Résolution 4 suivante :

« That the A. A. A. S. urges its members to familiarize themselves with the modernized metric (SI) system and use it in their published work whenever effective communication are not impaired by doing so, and that the A. A. A. S. urges the Federal Government in its study of alternative national policies towards metrication to recommend a clear national commitment to eventual conversion to predominantly metric usage and plan specific steps for implementing a voluntary national program of conversion during the coming decade. »

De son côté, l'UNESCO a approuvé, dans son programme 1971-1972 pour les « Sciences exactes et naturelles », la Résolution 2.20 suivante :

« Les États membres sont invités à examiner l'opportunité d'adopter le Système International d'Unités. »

<sup>(\*)</sup> *Journal Officiel des Communautés Européennes, Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, Publikatieblad van de Europese Gemeenschappen, Gazzetta Ufficiale delle Comunità Europee*, n° L 243, 29 octobre 1971, pp. 29-37.

<sup>(\*)</sup> Policy for NBS usage of SI units. *NBS Technical News Bulletin*, January 1971, pp. 18-20.

Mentionnons enfin que l'emploi du SI est recommandé par plusieurs organisations internationales : Commission Électrotechnique Internationale, Commission Internationale de l'Éclairage, Organisation Internationale de Métrologie Légale, Organisation Internationale de Normalisation, Unions Internationales de Chimie et de Physique Pure et Appliquée, Union Astronomique Internationale.

Afin de promouvoir l'usage du SI, le Bureau International des Poids et Mesures a publié en 1970 une brochure <sup>(1)</sup> qui rassemble le contenu des résolutions et des recommandations de la Conférence Générale et du Comité International des Poids et Mesures sur le SI, avec des commentaires explicatifs et des règles d'utilisation pratique. Deux Annexes complètent ce document : la première reproduit, dans leur ordre chronologique, toutes les décisions prises depuis 1889 par la Conférence Générale et le Comité International en rapport avec les unités de mesure et le SI; la seconde donne quelques indications pour la mise en pratique des définitions des principales unités.

Les pays qui décident une conversion métrique choisissent le SI comme nouveau système de mesures et ils s'appliquent à l'employer en respectant ses principes de base. Ces pays se placent ainsi dans l'avant-garde des utilisateurs du SI et devançant même parfois les pays qui ont une longue tradition métrique mais restent encore facilement attachés à certaines unités maintenant périmées ou déconseillées. C'est ce souci de voir le SI conserver sa pureté qui a fait dire récemment à l'Afrique du Sud :

« We regard the SI as one of the most valuable assets to modern man. Its coherence and inherent simplicity should at all times be jealously defended, and units not forming part of the SI and its basic philosophy should be systematically eliminated. Its logic and consistency should be rigorously applied and developed. »

### Progrès du Système Métrique dans le monde

Comme on pouvait le penser, la déclaration pro-métrique faite par le Gouvernement britannique en 1965 a entraîné l'adhésion au Système Métrique d'un certain nombre de pays où l'« Imperial System » constitue le système de mesures primaire.

Dans la plupart de ces pays, la réforme métrique décidée ou en cours a un caractère volontaire et s'effectue suivant un processus graduel; il n'y a pas en effet de « Jour M » à partir duquel tout doit être changé, comme ce fut le cas pour la décimalisation monétaire. Aucune loi n'impose pour le moment l'emploi exclusif des mesures métriques et les deux systèmes de mesures — « Imperial » et métrique — coexisteront pendant un certain temps. Ce qui importe surtout, c'est que dans chaque cas la conversion métrique s'effectue avec une période de transition aussi courte que le permettent les considérations pratiques et économiques. Ce n'est qu'après que les mesures métriques seront suffisamment implantées dans tous les domaines de la vie nationale

<sup>(1)</sup> *Le Système International d'Unités (SI)*, 1970, 36 pages. Traductions en anglais publiées par le National Physical Laboratory (H. M. S. O., London, 1970) et par le National Bureau of Standards (NBS Special Publication 330, Washington, 1971).

Des traductions en d'autres langues (notamment en allemand, en espagnol, en portugais, en tchèque) doivent aussi être faites.

et dans le public que pourra être fixée une date à partir de laquelle les anciennes mesures cesseront d'être légalement reconnues. Suivant Lord Ritchie-Calder, président du « Metrication Board » britannique, la difficulté reste encore « non pas d'apprendre le nouveau système, mais de désapprendre l'ancien ».

Un seul grand pays, les États-Unis d'Amérique, reste pour le moment à l'écart de cette nouvelle expansion du Système Métrique dans le monde. Toutefois, comme nous le verrons plus loin, une décision en faveur d'une conversion pourrait intervenir dans les prochaines années.

## EUROPE

**Irlande.** — Le 13 janvier 1969, le Gouvernement irlandais a annoncé qu'il acceptait la recommandation d'adopter le Système International d'Unités.

Depuis la déclaration gouvernementale du 12 janvier 1968 approuvant l'introduction des mesures métriques dans l'économie et incitant tous les secteurs à préparer une conversion planifiée, de notables progrès ont été faits. Un certain nombre de secteurs industriels ont déjà effectué le changement métrique et beaucoup d'autres secteurs se préparent à cette réforme.

Le Ministère de l'Industrie et du Commerce suit l'évolution de la conversion métrique et il a créé en mars 1971 un « Advisory Committee on Metrication for the Distributor and Consumer ». De nouveaux étalons nationaux métriques sont soumis au Bureau International des Poids et Mesures pour vérification et une nouvelle loi sur les poids et mesures, fondée sur le SI, est en préparation.

**Royaume-Uni.** — Six ans après la déclaration du Gouvernement britannique (mai 1965) donnant son approbation pour la réforme métrique souhaitée par les milieux industriels <sup>(\*)</sup>, l'adoption et l'emploi des mesures métriques se poursuivent suivant les programmes établis, non seulement dans l'industrie en général mais aussi dans quelques autres domaines.

Cette réforme en cours, qui a atteint maintenant selon les spécialistes un « point de non-retour », est planifiée et coordonnée sur le plan national par le « Metrication Board » constitué en mai 1969. La « British Standards Institution » poursuit de son côté son programme de révision et publication des normes britanniques; c'est ainsi que sur 1700 normes industrielles, près de 60 pour cent sont maintenant entièrement compatibles avec un travail métrique.

Les progrès réalisés de 1965 à 1970 dans les diverses industries et dans certains services publics et secteurs privés touchés par la réforme métrique sont exposés en détail dans deux rapports publiés par le Metrication Board <sup>(\*)</sup>. Ce Board publie en outre, depuis juillet 1971, un bulletin trimestriel d'informations générales (« Going Metric ») sur toutes les questions concernant le passage aux mesures métriques au Royaume-Uni.

---

<sup>(\*)</sup> Les récents progrès du Système Métrique. *Comptes rendus des séances de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures* (1967-1968), p. 111.

<sup>(\*)</sup> a. *Going metric: The first 5 years 1965-1969*. 1st Report of the Metrication Board 1970. H. M. S. O., London, 1970, 84 pages.

b. *Going metric: Progress in 1970*. 2nd Report of the Metrication Board. H. M. S. O., London, 1971, 141 pages.

Si la réforme métrique a principalement concerné jusqu'ici l'industrie, celle-ci ne peut évidemment continuer sa conversion dans l'isolement. Il est donc indispensable que le changement de système de mesures soit étendu et activement poursuivi dans tous les autres domaines de l'économie nationale, et complété par une éducation du public. Les progrès futurs dépendent en effet de l'usage croissant qui sera fait des mesures métriques dans la vie quotidienne.

Le « Livre blanc » que le Gouvernement doit présenter prochainement au Parlement à ce sujet permettra de connaître le cadre et les conditions dans lesquels cette importante réforme pourra être menée à son terme (\*). Pour le moment, la fin de 1975 est toujours considérée comme la date à laquelle les mesures métriques devront constituer le système de mesures primaire du Royaume-Uni.

## AFRIQUE

**Afrique du Sud.** — La réforme métrique décidée par le Gouvernement sud-africain en avril 1967 (†) se poursuit suivant les plans et programmes prévus. Une loi adoptée en 1969 donne pouvoir au Président de la République d'introduire graduellement les mesures métriques par voie de règlements.

Le « South African Bureau of Standards (S. A. B. S.) » participe activement à cette réforme en publiant toutes les nouvelles normes et spécifications en unités SI exclusivement, et en adaptant les normes actuelles au SI. Il est prévu qu'à la fin de 1972 toutes les spécifications du S. A. B. S. seront métriques. En 1968, un « Metri-cation Department » a été constitué au sein du S. A. B. S. pour faciliter et coordonner dans tous ses détails l'ensemble de la conversion métrique.

Suivant l'avis du « Metri-cation Advisory Board » créé par le Gouvernement en 1968, ce dernier a estimé que la réforme métrique devrait s'effectuer sur tous les fronts simultanément. Il a aussi été reconnu que, sous réserve de considérations économiques telles que la vie utile des matériels existants, la conversion métrique devrait s'effectuer aussi rapidement que possible afin de limiter dans le temps le manque d'efficacité qu'entraîne inévitablement l'emploi simultané de deux systèmes de mesures.

L'application pratique du SI ne devient effective que lorsque les instruments de mesure étalonnés exclusivement en unités SI sont employés. Depuis août 1969, tous les instruments de mesure importés en Afrique du Sud doivent être gradués en unités SI; des motifs spéciaux doivent être donnés pour permettre l'importation d'instruments qui ne rempliraient pas cette condition ou pour ceux qui seraient munis d'une double échelle (unités britanniques et métriques), l'expérience ayant montré que de tels instruments ne peuvent qu'entraver et retarder la réforme métrique et causer des confusions.

Les progrès accomplis jusqu'à présent sont déjà très satisfaisants. A la fin de 1972, tous les produits pré-emballés seront vendus exclusivement en unités métriques. Dans le commerce de détail, la vente des produits non pré-emballés s'effectue en unités métriques au fur et à mesure de l'acquisition d'instruments de mesure métriques ou de la conversion des instruments non métriques. On estime que dans le commerce de détail les transactions seront exclusivement métriques en 1976.

(\*) *Note ajoutée aux épreuves.* — Ce Livre blanc (*Metri-cation*, Cmnd. 4880, H. M. S. O., London, 42 pages) a été présenté au Parlement le 7 février 1972.

(†) Les récents progrès du Système Métrique. *Comptes rendus des séances de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures* (1967-1968), p. 115.

Dans le secteur industriel les fabricants de matériels de base, tels que profilés métalliques, tôles, boulons et écrous, tuyaux, bois, etc., ont commencé à livrer leurs produits en dimensions métriques depuis le 1<sup>er</sup> juillet 1971, date à laquelle on a également commencé à travailler sur des plans métriques dans le domaine de la construction. Diverses autres industries (textiles et habillement, cuirs et articles en cuir, mobilier, caoutchouc et matières plastiques, machines, matériels électrique et de transport, papier) ont établi des programmes de conversion coordonnés avec ceux des autres industries. Il est prévu que, dans son ensemble, le secteur industriel sera presque entièrement métrique à la fin de 1973.

Dans les divers services de la vie nationale (chemins de fer, ports, postes, hôpitaux, etc.) la conversion s'effectue suivant les programmes fixés, et de nombreuses lois et réglementations administratives contenant des détails techniques exprimés en unités de mesure ont été révisées pour être conformes à l'esprit du SI. A partir du 1<sup>er</sup> janvier 1972, le SI sera exclusivement enseigné dans les écoles.

La réforme métrique a été l'occasion pour l'Afrique du Sud d'apporter une clarification dans la terminologie métrologique. C'est ainsi que dans tous les documents publiés les concepts de *masse* et de *poinds* ont été précisés et distingués, et que de nouveaux termes tels que « net mass », « bulk mass », « massmeter », « masspiece », « weightpiece », etc., ont été adoptés.

On doit aussi signaler que depuis le 1<sup>er</sup> avril 1971, suivant en cela l'usage des pays métriques, la virgule a été adoptée comme signe décimal au lieu du point.

Des informations détaillées sur les étapes de la conversion métrique en Afrique Sud sont données dans la série des publications métriques « M », les bulletins « South African Metrication News » et les « Press Release » publiés par le S. A. B. S.

**Botswana.** — La décision d'adopter les mesures métriques (SI) dans la République du Botswana a été prise par une directive présidentielle en date du 1<sup>er</sup> octobre 1969. Les deux premiers paragraphes de cette directive disent :

« a. The introduction of the Metric System (SI) of Weights and Measures in Botswana was approved;

« b. The Attorney-General's Chambers should prepare, in consultation with the Ministry of Commerce, Industry and Water Affairs and other interested parties, the necessary legislation enabling the adoption of the Metric System and the eventual exclusion of all other systems. »

A la suite de cette décision, un comité consultatif métrique (« Metrication Committee ») fut constitué avec pour tâches :

- de préparer et de coordonner le programme de la réforme métrique en vue de sa mise en application;
- de diffuser les informations nécessaires et d'informer le public;
- de conseiller le ministre responsable et le Gouvernement sur la politique la mieux appropriée pour effectuer le changement.

Une « Weights and Measures Division » a également été créée; en plus de ses attributions dans le domaine de la métrologie pratique et légale, elle contribuera à assurer une transition métrique ordonnée.

La loi N° 42 de 1970 (« Weights and Measures Act, 1970 ») a été rédigée en tenant compte de l'introduction du Système Métrique et de l'élimination graduelle de l'« Imperial System ». Un certain nombre d'autres lois ont déjà été amendées afin

d'éliminer les obstacles à une mise en application complète du Système Métrique. Toutes les réglementations édictées d'après la loi de 1970 sont établies en unités métriques.

Le programme adopté pour la réforme métrique et les progrès en cours dans les services gouvernementaux et le secteur privé sont résumés dans une brochure publiée en 1971 (\*).

**Éthiopie.** — Par la Proclamation N° 208 de 1963 («Weights and Measures Proclamation, 1963») entrée en vigueur le 31 août 1963 (°), le Système Métrique a été adopté comme système légal des poids et mesures en Éthiopie. Les Articles 3 et 4 de cette Proclamation déclarent :

« 3. The Metric System is hereby adopted as the legal system of weights and measures for the Empire of Ethiopia, and shall hereafter be applied throughout said Empire in accordance with the provisions of this Proclamation. »

« 4. The Metric System shall, to the maximum extent possible, from and after the effective date of this Proclamation, be utilised, followed and applied in all transactions to which the Imperial Ethiopian Government of any Ministry, Chartered Government Agency or other Public Authority shall be a party, and it shall be the policy of the Imperial Ethiopian Government to secure increasing use and acceptance of said system throughout the Empire of Ethiopia. »

Des dispositions sont toutefois prévues pour reconnaître l'emploi légal et provisoire de certaines unités traditionnelles dont les équivalences en unités métriques sont fixées; par exemple :

1 woked	=	28 grammes
1 neter	=	450 grammes
1 kunna	=	5 kilogrammes
1 frasoulla	=	17 kilogrammes
1 dawulla	=	100 kilogrammes
1 kend	=	50 centimètres

Les « Weights and Measures Regulations, 1967 » (Legal Notice No. 333 of 1967) (10) spécifient par ailleurs les règles générales concernant la conversion métrique, l'inspection et la vérification des poids et mesures, etc., pour la mise en application des dispositions contenues dans la Proclamation de 1963.

L'« Ethiopian Standards Institution », récemment créée, prépare actuellement un projet de norme éthiopienne pour l'adoption des unités SI en vue d'un emploi rationnel des unités de mesure métriques, particulièrement dans les domaines scientifiques et technologiques.

**Ghana.** — Le Gouvernement ghanéen a créé en juin 1970 un « Metrication Committee », constitué de trois sous-comités (Éducation, Commerce, Industrie et Technologie), ayant pour mission d'étudier l'opportunité d'adopter le Système Métrique, le coût d'une telle réforme et les conditions pour sa mise en application.

Le rapport de ce Comité doit être soumis prochainement au Gouvernement. On estime que si la décision gouvernementale est favorable, la réforme métrique pourrait être réalisée sur une dizaine d'années.

(\*) *Metrication in Botswana*. Ministry of Commerce, Industry and Water Affairs, Gaborone, October 1971, 10 pages.

(°) *Negarit Gazeta*, No. 21, 1963, p. 188.

(10) *Negarit Gazeta*, No. 5, 1967, p. 36.



**Kenya.** — A la suite de la Déclaration gouvernementale de mars 1967, la loi N° 63 de 1968 (« Metric System Act 1968 »), adoptée le 11 décembre 1968, a introduit le Système Métrique — déjà d'un emploi légal mais facultatif depuis un certain nombre d'années — comme seul système de mesures permis dans les transactions commerciales. Les paragraphes 2. (1) et (2) de cette loi stipulent :

« 2. (1) The Minister may, by order, specify any area, industry, trade or transaction to be an area, industry, trade or transaction in which all weighing and measuring instruments possessed or used by way of trade and indicating in units other than metric units shall be converted to indicate in metric units within such period and in such circumstances as he may think fit.

« (2) When an order is made under subsection (1) of this section, the Minister may, by the same or a subsequent order, prescribe a date after which the possession or use by way of trade in the area, industry, trade or transaction concerned of any weighing or measuring instrument which indicates in units other than metric units shall be prohibited. »

Conformément à cette loi, plusieurs arrêtés ministériels ont déjà été publiés pour imposer à certains commerces l'emploi exclusif d'instruments de mesures métriques, et les amendements nécessaires sont apportés à la législation actuelle sur les poids et mesures. Une réglementation concernant la vente et l'étiquetage des marchandises en unités métriques est entrée en application le 29 octobre 1971.

La réforme en cours s'effectue suivant les possibilités de conversion des instruments de mesure et de fabrication de masses commerciales métriques conformes aux spécifications de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale.

**Lesotho.** — D'après une information du South African Bureau of Standards, les mesures métriques sont adoptées au Lesotho selon un programme de conversion généralement coordonné avec celui de l'Afrique du Sud.

**Malawi.** — Le Système Métrique est déjà légal au Malawi, mais il n'est considéré jusqu'ici que comme un système secondaire et donc peu employé.

Récemment, un « Metrication Board » a été créé afin d'examiner la question de l'adoption du Système Métrique en tant que système primaire. Les premières conclusions et propositions de ce Comité sont les suivantes :

— Nécessité pour le Malawi, compte tenu de l'évolution du problème métrique dans le monde, d'adopter les mesures métriques en remplacement des mesures britanniques.

— Lorsque le Système Métrique sera adopté, les unités SI seront employées.

— Envoi d'un questionnaire à toutes les parties intéressées afin de pouvoir établir un programme de réforme coordonné.

**Nigéria.** — Le Gouvernement nigérien a déclaré son intention d'adopter les mesures métriques en remplacement de l'« Imperial System ».

Dans ce but, un « Metrication Committee » a été constitué afin d'examiner les conditions dans lesquelles devra s'effectuer la réforme dans les divers secteurs de l'économie nationale et de déterminer la période de transition pour le changement. Ce Comité a aussi pour mission de proposer les modifications qui devront être apportées à la législation métrologique actuelle.

**Ouganda.** — Après la déclaration gouvernementale du 1<sup>er</sup> mars 1967 adoptant le Système Métrique, la réforme a commencé en 1969 par la promulgation, le

19 mars 1969, du « Weights and Measures (Amendment) Act No. 9, 1969 » destiné à apporter à la législation actuelle les amendements nécessaires pour permettre le passage des mesures de l'« Imperial System » aux mesures métriques. Les paragraphes 43 et 44 de cette loi indiquent :

« 43. Units of measurement directly related to the metre and the kilogram are referred to in this Act as the metric system and units of measurement related to the yard and the pound are referred to in this Act as the derived system.

44. The Minister may by statutory order specify any area, industry, trade or transaction to be an area, industry, trade or transaction in which the use of the derived system is prohibited or in which weights, measures or weighing and measuring instruments of the derived system or any system other than the metric system are prohibited by way of trade, with effect from such date and in such circumstances as he may think fit. »

La réforme métrique a été divisée en deux parties : l'une concerne le secteur du commerce de détail, l'autre le secteur industriel. La conversion a commencé par le commerce de détail, commerce par commerce, et dans certains cas région par région. On estime que la conversion sera en grande partie achevée dans ce secteur au début de 1972. Seule la vente des produits pré-emballés est pour le moment exclue de la réforme jusqu'à ce que les fabricants soient en mesure de fournir des emballages métriques.

La conversion est plus lente dans le secteur industriel où le Gouvernement n'exerce aucune contrainte en raison des dépenses qu'entraîne la transformation des machines. On pense toutefois que la majorité des industries aura effectué le changement métrique au début de 1973.

**Rhodésie.** — Le système britannique (« Imperial System ») et le Système Métrique ont depuis 1924 un statut légal en Rhodésie, les mesures métriques n'étant toutefois employées qu'à titre facultatif.

A la fin de 1968 et au début de 1969, le Ministère du Commerce et de l'Industrie examina l'évolution mondiale en faveur du Système Métrique et consulta divers autres ministères et des représentants du secteur privé sur les conséquences de cette évolution pour l'économie de la Rhodésie.

A la suite des recommandations faites au Gouvernement, le ministre du Commerce et de l'Industrie déclarait le 8 mars 1969 que le Gouvernement donnait son appui de principe pour l'adoption du Système Métrique (Système International d'Unités). Un « Metrication Council » était créé en juin 1969 pour conseiller le Gouvernement et coordonner sur le plan national la réforme envisagée.

Des amendements ont déjà été apportés à la législation actuelle et l'on prévoit que dans les prochaines années toutes les références aux unités de mesure dans les lois seront exprimées en unités métriques.

Dans le cadre des programmes établis pour la conversion métrique, des progrès notables ont déjà été accomplis de 1969 à 1971 dans les services officiels et dans divers secteurs techniques, industriels et commerciaux. Ces programmes et progrès sont exposés périodiquement dans le *Technical Bulletin* et les « Press Release » publiés par le Metrication Council.

**Swaziland.** — Le Gouvernement du Swaziland a décidé d'adopter les mesures métriques, le changement devant s'effectuer, dans la mesure du possible, en accord avec le programme de conversion appliqué en Afrique du Sud.

**Zambie** <sup>(1)</sup>. — La décision d'adopter le Système Métrique (SI) en Zambie a été annoncée à l'Assemblée Nationale le 7 janvier 1970. Un « Metrication Board » a été créé pour établir et mettre en œuvre un programme de conversion, celle-ci étant prévue pour s'achever à la fin de 1973.

L'adoption d'un « Metric System Act » a déjà permis de commencer à mettre en application la réforme métrique dans certains secteurs de l'économie, dans le commerce de détail et dans l'enseignement.

## AMÉRIQUE DU NORD

**Canada.** — La position du Gouvernement canadien sur la question métrique a été précisée par la publication d'un « Livre blanc » présenté à la Chambre des Communes le 16 janvier 1970 par le ministre de l'Industrie et du Commerce <sup>(2)</sup>.

Le Gouvernement est d'avis que l'adoption du Système Métrique devient inévitable, voire souhaitable, au Canada et propose dans ce Livre blanc une ligne de conduite générale pour une conversion métrique dont il fait un objectif précis de sa politique, ainsi que les moyens d'étude et de consultation qui permettront de déterminer le rythme et les méthodes de conversion, compte tenu de l'intérêt national.

Le Gouvernement a accepté de prendre l'initiative de planifier les étapes du changement et les premières mesures prises dans cette voie sont :

— la nomination d'une « Commission Préparatoire » consultative qui aura pour mission de coordonner la planification d'ensemble du programme de conversion;

— la création, approuvée par le Parlement en 1970, du « Standards Council of Canada » (Conseil des Normes du Canada) ayant pour mandat de mettre au point et de coordonner la planification et la préparation de la conversion dans le secteur industriel, y compris l'adoption de normes métriques (SI).

Une association privée, la « Canadian Metric Association » (Association Métrique Canadienne) s'est par ailleurs constituée en 1969 pour promouvoir l'adoption du Système Métrique et en faciliter l'introduction.

Les progrès dans l'adoption des mesures métriques au Canada — déjà employées depuis un certain temps dans quelques secteurs de l'économie — dépendront sans doute en partie de l'évolution de la question métrique aux États-Unis d'Amérique. La prise de position du Gouvernement canadien a toutefois permis la mise en route d'une réforme dont la réalisation n'est plus qu'une question de temps.

**États-Unis d'Amérique.** — La question métrique vient de faire l'objet de la plus importante étude qui ait été faite depuis que ce problème a commencé à se poser aux États-Unis il y aura bientôt deux siècles <sup>(3)</sup>. Approuvée par le Congrès en 1968 (loi 90-472 du 9 août 1968) et confiée au Ministère du Commerce avec l'assistance du National Bureau of Standards, cette étude (« U. S. Metric Study ») qui a duré trois années avait pour but de faire une enquête approfondie auprès des

<sup>(1)</sup> D'après les informations contenues dans le rapport cité en référence (6 b).

<sup>(2)</sup> *White Paper on Metric Conversion in Canada*. Government of Canada, Ministry of Industry, Trade and Commerce, January 1970, 22 pages (texte bilingue anglais-français).

<sup>(3)</sup> TREAT (C. F.), A history of the Metric System controversy in the United States. *Nat. Bureau of Standards Special Publication* 345-10, 1971, 298 pages. Voir aussi le résumé publié dans <sup>(1)</sup>, chapitre II (« Two centuries of debate »), pp. 7-21.

services gouvernementaux et des milieux scientifiques, industriels, commerciaux et autres sur les problèmes créés par l'usage croissant du Système Métrique dans le monde et sur les possibilités d'une conversion métrique aux États-Unis.

Les résultats et les conclusions de cette étude viennent d'être publiés dans un rapport <sup>(1)</sup> présenté au Congrès le 30 juillet 1971 par le ministre du Commerce qui a recommandé en ces termes l'adoption d'une conversion métrique :

.....

« Thousands of individuals, firms and organized groups, representative of our society, participated in the Study. After weighing the extensive evidence presented by these participants, this report concludes that the United States should change to the metric system through a coordinated national program.

I agree with this conclusion, and therefore recommend :

- That the United States change to the International Metric System deliberately and carefully;
- That this be done through a coordinated national program;
- That the Congress assign the responsibility for guiding the change, and anticipating the kinds of special problems described in the report, to a central coordinating body responsive to all sectors of our society;
- That within this guiding framework, detailed plans and timetables be worked out by these sectors themselves;
- That early priority be given to educating every American schoolchild and the public at large to think in metric terms;
- That immediate steps be taken by the Congress to foster U. S. participation in international standards activities;
- That in order to encourage efficiency and minimize the overall costs to society, the general rule should be that any changeover costs shall "lie where they fall";
- That the Congress, after deciding on a plan for the nation, establish a target date ten years ahead, by which time the U. S. will have become predominantly, though not exclusively, metric;
- That there be a firm government commitment to this goal. »

.....

Malgré tout l'intérêt que suscite aux États-Unis une conversion métrique, on n'envisage pas que le Gouvernement américain prenne des mesures décisives avant deux ou trois ans. C'est, pensons-nous, probablement la dernière occasion qui s'offre aux États-Unis de se joindre avant la fin du siècle au groupe sans cesse croissant des pays métriques.

## ASIE ET AUSTRALASIE

**Australie.** — Après un examen des recommandations émises en faveur de l'adoption du Système Métrique par le « Senate Select Committee on the Metric System of Weights and Measures » dans son rapport publié en mai 1968 <sup>(1)</sup>, le Gouvernement

<sup>(1)</sup> A metric America : A decision whose time has come (Report to the Congress). *Nat. Bureau of Standards Special Publication* 345, July 1971, xviii-170 pages. (Cette publication résume les résultats des douze rapports publiés sous les références NBS SP 345-1 à 345-12 dans le cadre de l'« U. S. Metric Study ».)

<sup>(2)</sup> Les récents progrès du Système Métrique. *Comptes rendus des séances de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures* (1967-1968), p. 117.

australien a annoncé le 19 janvier 1970 sa décision d'entreprendre aussitôt que possible la conversion métrique.

En commentant cette décision gouvernementale, le ministre de l'Éducation et de la Science a fait remarquer que le Système Métrique est déjà largement employé dans certains domaines (industries pharmaceutique, chimique et de l'électronique par exemple) et que la conversion métrique, prévue pour s'échelonner sur dix ans, est une extension logique de la décimalisation monétaire effectuée en 1966.

Le 12 juin 1970, une première loi métrique (« Metric Conversion Act 1970 ») était promulguée pour faciliter en Australie et dans certains territoires du Commonwealth l'adoption progressive du Système Métrique (Système International d'Unités) comme seul système de mesures. Dans ce but, la loi a institué un « Metric Conversion Board » dont la tâche essentielle est de faire des recommandations au ministre en vue des actions à entreprendre.

La réforme métrique, considérée comme une décision importante pour le développement de l'Australie, doit commencer dans les principaux secteurs de l'économie — industrie, éducation et commerce — et être menée simultanément suivant un programme coordonné.

**Ceylan.** — A la suite du Rapport établi par le « Council of the Bureau of Ceylan Standards » et présenté en juillet 1969 au ministre de l'Industrie <sup>(16)</sup>, le Gouvernement de Ceylan a décidé, en juin 1970, d'adopter le Système Métrique (Système International d'Unités) en remplacement du système britannique.

Comme conséquence de cette décision, un « National Metrication Board » a été constitué pour étudier et préparer le programme de la conversion métrique dans les divers secteurs de l'économie; cette conversion est prévue pour s'échelonner sur une dizaine d'années.

En attendant et dans une première étape de la réforme, le Cabinet cingalais a décidé en 1971 d'amender la loi actuelle sur les poids et mesures de façon à donner aux mesures métriques un caractère légal au même titre que les mesures britanniques qui continueront à être utilisées jusqu'à ce que l'emploi des mesures métriques soit déclaré définitivement obligatoire, à l'exclusion de toutes autres mesures.

La nouvelle loi, qui doit être soumise à l'approbation du Parlement, reconnaîtra les unités SI comme les unités de mesure primaires pour Ceylan et définira le « yard » et le « pound » en fonction des unités SI de longueur et de masse. On estime que le Système Métrique pourrait ainsi devenir légal à Ceylan le 1<sup>er</sup> juillet 1972.

**Inde.** — En relation avec la réforme métrique en Inde décidée en décembre 1956, un livre publié en 1970 retrace les étapes du changement des poids et mesures dans ce pays <sup>(17)</sup>.

Dans les dix-neuf chapitres de ce livre fort bien documenté sont examinés les aspects historique, législatif, éducatifs, industriels, commerciaux, relations publiques, etc., qui montrent les problèmes et les difficultés rencontrés pour la réalisation de la conversion métrique et les résultats obtenus.

<sup>(16)</sup> *Report to the Honourable Minister of Industries and Fisheries on the Adoption of the Metric System in Ceylon*, submitted by the Council of the Bureau of Ceylon Standards, June 24, 1969, 25 pages.

<sup>(17)</sup> VERMAN (Lal C.) and KAUL (J.), *Metric change in India*. Published by Indian Standards Institution, New Delhi, 1970, 529 pages.

Seuls quelques secteurs de l'économie indienne ne sont pas encore complètement touchés par le changement. C'est une dernière tâche à laquelle se consacrent les autorités compétentes.

**Nouvelle-Zélande.** — Comme dans la plupart des pays utilisant les mesures britanniques, l'emploi du Système Métrique est légalement autorisé en Nouvelle-Zélande mais son usage était limité jusqu'ici à quelques sphères d'activité, plus spécialement dans les domaines de la pharmacie, des sciences et de l'électricité.

En octobre 1967, le Cabinet néo-zélandais autorisait le ministre de l'Industrie et du Commerce à constituer un Comité ayant pour mission de faire une enquête et un rapport sur le besoin pour la Nouvelle-Zélande d'adopter le Système Métrique.

Ce Comité présenta un rapport favorable dans ce sens le 30 octobre 1968 <sup>(18)</sup> et, le 24 février 1969, le ministre du Commerce et de l'Industrie annonçait que « Le Gouvernement a accepté en principe que la Nouvelle-Zélande adopte le Système Métrique ». Un « Metric Advisory Board » fut alors constitué en octobre 1969 afin d'assister et de conseiller le Gouvernement pour la réalisation de cette réforme.

Des programmes ont été établis pour la conversion métrique dans divers secteurs et des changements sont déjà intervenus dans certains domaines de la vie nationale, notamment l'emploi à partir du 1<sup>er</sup> juillet 1971 de la température Celsius par le « Meteorological Office ».

De son côté, la « Standards Association of New Zealand » participe activement à cette réforme par la préparation de projets de normes métriques et l'édition d'une norme sur les unités SI.

On pense que la Nouvelle-Zélande aura effectué le passage au Système Métrique dans de nombreux domaines de la vie nationale à la fin de 1976. Il restera toutefois encore un certain nombre de secteurs d'activité où le changement n'interviendra qu'ultérieurement.

**Pakistan.** — Après l'adoption du « Weights and Measures (Metric System) Act, 1967 » (loi N° V du 10 juin 1967 pour l'établissement des étalons de poids et mesures métriques) <sup>(19)</sup>, un programme préliminaire pour la mise en œuvre de cette loi a été établi. Un « Metric Cell » créé auprès du Ministère de l'Industrie a commencé à préparer des projets de tables de conversion, de règles d'application et de normes de spécifications pour les étalons secondaires et de travail pour les poids commerciaux, les mesures linéaires et de capacité. Un projet de « National Metrological Laboratory » est à l'étude.

**Singapour.** — Trois systèmes de poids et mesures sont employés jusqu'ici dans la République de Singapour : le système britannique (« Imperial System »), le système de mesures locales et le Système Métrique. Seuls les deux premiers ont un caractère officiel et légal, et constituent les systèmes couramment employés dans les divers secteurs de l'économie; le Système Métrique n'est utilisé que dans certains domaines spécialisés (électricité, sciences par exemple).

---

<sup>(18)</sup> *The Metric System. Report of the Working Committee of Officials.* Department of Industries and Commerce, October 1968, 78 pages.

<sup>(19)</sup> *The Gazette of Pakistan (Extraordinary)*, 12th June 1967, p. 373.

Devant l'expansion du Système Métrique dans le monde, le Gouvernement de Singapour a manifesté son intention d'adopter ce système d'unités de mesure par une déclaration faite devant le Parlement en décembre 1968.

Au début de 1970, le « Ministry of Science and Technology » fut chargé d'étudier les implications d'une réforme métrique à Singapour et de soumettre ses conclusions et recommandations au Gouvernement qui approuva le Rapport présenté <sup>(20)</sup>.

En novembre 1970, deux projets de loi ont été soumis au Parlement <sup>(21)</sup> : le premier (Bill No. 40/70), désigné « Metrication Act, 1970 », vise à introduire le Système International d'Unités à Singapour; le second (Bill No. 41/70), désigné « Weights and Measures (Amendment) Act, 1970 », a pour objet d'amender la législation actuelle sur les poids et mesures afin de rendre légal l'emploi des unités SI. Ces deux projets de loi ont été approuvés par le Parlement le 30 décembre 1970 et sont entrés en application le 15 février 1971.

En décembre 1970, un « Metrication Board » a été constitué pour diriger, encourager et coordonner les travaux du programme de conversion, particulièrement dans le secteur privé.

Au début, le SI sera employé concurremment avec les mesures anglaises et locales. Après l'adoption des deux projets de loi et un délai d'au moins cinq ans, l'utilisation des systèmes actuels sera déclarée illégale.

Pour le moment, la réforme métrique a commencé dans les services gouvernementaux et publics. Elle sera ensuite étendue au secteur privé après étude des problèmes à résoudre.

\* \*

Les progrès enregistrés dans le monde depuis 1967, tant dans l'emploi du Système International d'Unités que dans les conversions métriques en cours ou décidées dans plusieurs pays, montrent que l'adoption universelle d'un seul langage pour les unités de mesure n'est plus maintenant qu'une question de quelques années.

Près de deux siècles après l'établissement du Système Métrique, on entrevoit ainsi la réalisation de la prophétie de Talleyrand qui déclarait le 9 mars 1790 à l'Assemblée Nationale française en présentant sa proposition sur l'uniformité des poids et mesures : « . . . . . une entreprise dont le résultat doit appartenir un jour au monde entier ».

Certes, le Système Métrique original a évolué au cours des années pour aboutir à sa forme moderne actuelle, le Système International d'Unités, qui subira à son tour les améliorations et les transformations qu'entraînent inévitablement les progrès de la science et de la technique. Aucun système de mesures ne peut espérer rester statique, et c'est l'une des responsabilités de la Conférence Générale des Poids et Mesures de perfectionner sans cesse notre langage international des mesures.

(30 septembre 1971;  
révisé le 15 décembre 1971).

---

<sup>(20)</sup> *Report on a Study of the proposed Conversion to the Metric System in Singapore*, submitted by Ministry of Science and Technology, 1970, 26 pages.

<sup>(21)</sup> *Government Gazette* (Bills Supplement), No. 12, November 9, 1970, p. 363 and 368.

*Résumé des récentes décisions pro-métriques*

(Complément au tableau du 7<sup>e</sup> Rapport publié dans *Comptes rendus des séances de la 13<sup>e</sup> Conférence Générale des Poids et Mesures (1967-1968)*, pp. 119-120)

<i>Australie</i> .....	19 janvier 1970	Décision gouvernementale pour une conversion métrique.
<i>Botswana</i> .....	1 <sup>er</sup> octobre 1969	Directive présidentielle pour l'adoption des mesures métriques.
	Weights and Measures Act, 1970 (Loi N° 42)	Loi introduisant les mesures métriques; réforme en cours.
<i>Canada</i> .....	16 janvier 1970	Publication par le Gouvernement d'un « Livre blanc » recommandant l'adoption des mesures métriques.
<i>Ceylan</i> .....	Juin 1970	Décision gouvernementale pour l'adoption des mesures métriques; réforme en cours.
<i>États-Unis d'Amérique</i> ...	30 juillet 1971	Présentation devant le Congrès du Rapport « U. S. Metric Study » recommandant une conversion métrique.
<i>Éthiopie</i> .....	Proclamation N° 208 de 1963 et « Weights and Measures Regulations, 1967 »	Proclamation adoptant le Système Métrique comme système légal; réforme en cours.
<i>Ghana</i> .....	Juin 1970	Création d'un « Metrication Committee ».
<i>Irlande</i> .....	13 janvier 1969	Adoption des mesures métriques SI.
<i>Kenya</i> .....	Metric System Act 1968 (Loi N° 63)	Cette loi, qui fait suite à la Déclaration gouvernementale du 1 <sup>er</sup> mars 1967, introduit le Système Métrique comme seul système légal; réforme en cours.
<i>Lesotho</i> .....		Réforme métrique en cours.
<i>Malawi</i> .....		Réforme métrique envisagée; création d'un « Metrication Board ».
<i>Nigéria</i> .....		Réforme métrique envisagée; création d'un « Metrication Committee ».
<i>Nouvelle-Zélande</i> .....	24 février 1969	Déclaration gouvernementale pour l'adoption des mesures métriques; réforme en cours.
<i>Ouganda</i> .....	Weights and Measures (Amendment) Act, 1969 (Loi N° 9)	Cette loi, qui fait suite à la Déclaration gouvernementale du 1 <sup>er</sup> mars 1967, amende la législation actuelle pour permettre le passage aux mesures métriques; réforme en cours.



<i>Rhodésie</i> .....	8 mars 1969	Déclaration gouvernementale pour l'adoption des mesures métriques; réforme en cours.
<i>Singapour</i> .....	Décembre 1968	Déclaration gouvernementale pour l'adoption des mesures métriques.
	Metrication Act, 1970 (Loi N° 52)	Loi introduisant le SI.
	Weights and Measures (Amendment) Act, 1970	Loi amendant la législation actuelle pour rendre légal l'emploi du SI; réforme en cours.
<i>Swaziland</i> .....		Décision gouvernementale pour l'adoption des mesures métriques; réforme en cours.
<i>Zambie</i> .....	7 janvier 1970	Décision d'adoption des mesures métriques.

---



---

## TABLE DES MATIÈRES

---

COMPTES RENDUS DES SÉANCES  
DE LA QUATORZIÈME CONFÉRENCE GÉNÉRALE  
DES POIDS ET MESURES, RÉUNIE A PARIS EN 1971  
(Les numéros se rapportent aux différents points de l'Ordre du Jour)

Liste des Délégués et des invités.....	3
Convocation (décembre 1970) à la Conférence et commentaires sur les principaux éléments du programme.....	13
Complément (juin 1971) à la convocation de décembre 1970.....	24
Ordre du jour de la Conférence.....	26
<b>Première Séance, 4 octobre 1971</b> .....	<b>27</b>
Discours d'ouverture de Mr M. Schumann, ministre des Affaires Étrangères de la République Française.....	27
Réponse de Mr J. M. Otero, président du Comité International des Poids et Mesures.....	28
Allocution de Mr G. Chaudron, président de la Conférence.....	34
2, 3, 4. Désignation de Mr de Boer comme secrétaire de la Conférence.....	35
Établissement de la liste des délégués chargés du vote par État.....	35
Déclarations et interventions de diverses délégations au sujet de l'absence des représentants de la République Démocratique Allemande à la Conférence.....	36
5. Approbation de l'ordre du jour.....	40
6. <i>Rapport du Président du Comité International sur les travaux accomplis depuis la Treizième Conférence Générale (octobre 1967 à octobre 1971)</i> .....	40
<b>Deuxième Séance, 4 octobre 1971</b> .....	<b>47</b>
6. Discussion du « Rapport du Président du Comité International sur les travaux accomplis depuis la Treizième Conférence Générale » (Intervention de la délégation de l'U. R. S. S. sur l'orientation, le programme et le caractère des travaux effectués au Bureau International. Réponses du président du Comité et du directeur du Bureau International. Interventions de la délégation de la Suisse et de Mr Dunworth, vice-président du Comité International).....	47
9. <i>Unité de temps et échelles de temps; arrangements avec le Bureau International de l'Heure</i> .....	49

Exposé du président du <i>Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde</i> introduisant la question de l'établissement d'une Échelle de Temps Atomique et sur le rôle à jouer par le Comité International en liaison avec le Bureau International de l'Heure.....	49
Indications sur le fonctionnement et le rôle du Bureau International de l'Heure.....	51
Présentation et adoption des deux projets de résolutions relatifs au rôle du Comité International concernant le Temps Atomique International et aux arrangements à conclure avec le Bureau International de l'Heure ( <i>Résolutions 1 et 2, p. 77</i> ).....	51
Présentation de la définition approuvée par le Comité International pour le Temps Atomique International.....	52
<b>10. <i>Système International d'Unités : document du Bureau International sur le SI; noms « pascal » et « siemens »; unité de quantité de matière (mole)</i></b> .....	<b>52</b>
Exposé du président du <i>Comité Consultatif des Unités</i> . (Rappel de la tâche du C.C.U. concernant le SI. Présentation de la brochure sur le SI publiée par le Bureau International. Demande d'approbation des noms « pascal » et « siemens ». Considérations sur le SI; proposition d'adoption de la définition de la mole et de son inclusion comme unité de base du SI).....	52
Discussion de l'exposé précédent. (Objections des délégations de la Pologne, de l'U. R. S. S. et de la Tchécoslovaquie contre la définition de la mole et son inclusion comme unité de base. Interventions des délégations de l'Afrique du Sud et des États-Unis. Réponse du président du C. C. U.)..	56
Adoption, avec 3 voix contre (Pologne, Tchécoslovaquie, U. R. S. S.), du projet de résolution sur l'unité de quantité de matière ( <i>mole</i> ) ( <i>Résolution 3, p. 78</i> ).....	59
La délégation de l'U. R. S. S. précise le sens de son vote contre.....	59
Adoption des noms spéciaux <i>pascal</i> et <i>siemens</i> .....	59
Intervention de la délégation du Brésil confirmant son vote en faveur de la mole, du pascal et du siemens, et au sujet de la brochure sur le SI.....	59
<b>11. <i>Étalons matériels de référence</i></b> . (Rappel de la question et conclusions de l'enquête effectuée par le Comité International).	60
Approbation du programme de travail à confier au Bureau International concernant certaines catégories d'étalons matériels de référence.....	60
Remarque de la délégation de la France au sujet de l'expression « étalons matériels de référence »; réponse du directeur du Bureau International et commentaire de la délégation des États-Unis. Observations de la délégation de la Tchécoslovaquie sur l'aspect international du problème des étalons matériels de référence).....	60
Invitation à la réception offerte par le Ministre des Affaires Étrangères sur le bateau « Borde-Frétigny ».....	61
<b>Troisième Séance, 5 octobre 1971</b> .....	<b>62</b>
<b>12. <i>État actuel et progrès récents dans quelques domaines importants de la métrologie de base, et rôle des Comités Consultatifs</i></b> . (Exposé d'ensemble, par le directeur du Bureau International, sur la métrologie mondiale afin de situer les tâches du Bureau International dans le contexte des recherches et travaux métrologiques effectués dans les principaux laboratoires nationaux ( <i>voir Annexe 1, p. 81</i> )).....	<b>62</b>

<b>Quatrième Séance, 6 octobre 1971</b> .....	63
7. <i>Programme des travaux futurs du Bureau International.</i> (Après un résumé du document « Programme de travail et budget du Bureau International des Poids et Mesures dans les quatre années 1973-1976 » annexé à la Convocation de décembre 1970, les délégations de l'U. R. S. S. et de la Tchécoslovaquie présentent des observations sur ce programme. Réponse du président du Comité International).....	63
Adoption du projet de résolution approuvant le programme de travail du Bureau International des Poids et Mesures pour 1973-1976 ( <i>Résolution 4</i> , p. 79).....	64
8. <i>Dotation annuelle du Bureau International pour la période 1973-1976.</i> (Rappel des propositions du Comité International et présentation du projet de résolution soumis à l'approbation de la Conférence. Question des paiements partiels en devises non convertibles. Observations et commentaires des délégations du Cameroun, de la Bulgarie et de l'Afrique du Sud sur le projet de résolution présenté).....	65
Adoption sans avis contraire (3 abstentions : Pologne, Tchécoslovaquie, U. R. S. S.) de la dotation du Bureau International pour la période 1973-1976 ( <i>Résolution 5</i> , p. 79).....	67
La délégation du Brésil demande qu'un nouveau mode de répartition de la dotation du Bureau International entre les États soit examiné. Les délégations du Chili et du Cameroun s'associent à cette demande. Réponse du directeur du Bureau International..	
La délégation des États-Unis marque sa satisfaction pour l'adoption du budget du Bureau International et donne lecture d'un projet de résolution visant à préciser la situation des paiements partiels en devises non convertibles; l'examen de cette proposition est reporté au point 15 (p. 72).....	67
Invitation des Chefs de Délégations à la réception offerte par le Chef de la Délégation française.....	68
<b>Cinquième Séance, 7 octobre 1971</b> .....	69
13. <i>Progrès du Système Métrique et diffusion du Système International d'Unités</i> (voir aussi l'Annexe 3, p. 122).....	69
Exposé de Mr Ritchie-Calder sur la réforme métrique au Royaume-Uni (voir à l'Annexe 2, p. 100, le texte anglais de cet exposé et sa traduction française).....	69
Informations sur l'expérience acquise par l'Afrique du Sud dans le problème de la conversion métrique et de l'adoption du SI.....	69
Indications sur la situation du SI au Cameroun.....	71
14. <i>Centenaire de la Convention du Mètre en 1975.</i> (Suggestions présentées par les délégations de la Pologne et de la Tchécoslovaquie pour la célébration de cet anniversaire).....	71
15. <i>Propositions des Délégations.</i> (Présentation de la proposition de la délégation des États-Unis, appuyée par la délégation allemande, relative à l'établissement par le Comité International d'un rapport décrivant dans quelle mesure et de quelle façon est utilisée la partie des contributions des États payée en monnaie nationale).....	72
La Conférence charge le Comité International de présenter à la 15 <sup>e</sup> Conférence Générale un rapport suivant cette demande.....	73

16. <i>Renouvellement par moitié du Comité International.</i> (Réélection des neuf membres sortants par vote au scrutin secret).....	73
Remerciements et clôture de la 14 <sup>e</sup> Conférence Générale.....	74
Invitation à la réception offerte par le Chef de la Délégation américaine à l'Ambassade des États-Unis.....	74
VISITE DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES ET DU CAVEAU DES PROTOTYPES MÉTRIQUES, 8 octobre 1971. (Visite des laboratoires du Bureau International. Réception offerte au Pavillon de Breteuil. <i>Procès-Verbal de la visite du Dépôt des Prototypes</i> ).....	
	75
<b>Textes des Résolutions adoptées</b> .....	77
— <i>Temps Atomique International</i> :	
— Rôle du Comité International des Poids et Mesures : <i>Résolution 1</i> .....	77
— Arrangements avec le Bureau International de l'Heure : <i>Résolution 2</i> ...	78
— <i>Système International d'Unités</i> :	
— Adoption des noms « pascal » et « siemens ».....	78
— Unité de quantité de matière (mole) : <i>Résolution 3</i> .....	78
— Approbation du programme de travail du Bureau International des Poids et Mesures pour 1973-1976 : <i>Résolution 4</i> .....	79
— Dotation du Bureau International pour la période 1973-1976 : <i>Résolution 5</i> ..	79
<b>ANNEXES</b>	
1. <i>État actuel et progrès récents dans quelques domaines importants de la métrologie de base, et rôle des Comités Consultatifs</i> , par J. TERRIEN.....	81
2. <i>Passage au Système Métrique au Royaume Uni. — The change to metric in the United Kingdom</i> , by Lord RITCHIE-CALDER.....	100
3. <i>Les récents progrès du Système Métrique</i> , par H. MOREAU.....	122

---

PARIS — IMPRIMERIE GAUTHIER-VILLARS

55, QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS

185018-72

---

Dépôt légal, Imprimeur, 1972, n° 1994

Dépôt légal, Éditeur, 1972, n° 15

ACHEVÉ D'IMPRIMER LE 15 AVRIL 1972

Imprimé en France

