

COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS

SESSION DE 1982

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

COMITÉ CONSULTATIF

DES UNITÉS

8^e SESSION — 1982



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET DES MESURES

Pavillon de Breteuil, F-92310 SÈVRES, France

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



NOTICE HISTORIQUE

Les organes de la Convention du Mètre Le Bureau International, le Comité International et la Conférence Générale des Poids et Mesures

Le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) a été créé par la Convention du Mètre signée à Paris le 20 mai 1875 par dix-sept États, lors de la dernière séance de la Conférence Diplomatique du Mètre. Cette Convention a été modifiée en 1921.

Le Bureau International a son siège près de Paris, dans le domaine (43 520 m²) du Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) mis à sa disposition par le Gouvernement français ; son entretien est assuré à frais communs par les États membres de la Convention du Mètre (1).

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

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

Le Bureau International fonctionne sous la surveillance exclusive du Comité International des Poids et Mesures (CIPM), placé lui-même sous l'autorité de la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM).

La Conférence Générale est formée des délégués de tous les États membres de la Convention du Mètre et se réunit actuellement tous les quatre ans. Elle reçoit à chacune de ses sessions le Rapport du Comité International sur les travaux accomplis, et a pour mission :

- de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour assurer la propagation et le perfectionnement du Système International d'Unités (SI), forme moderne du Système Métrique ;
- de sanctionner les résultats des nouvelles déterminations métrologiques fondamentales et d'adopter les diverses résolutions scientifiques de portée internationale ;
- d'adopter les décisions importantes concernant l'organisation et le développement du Bureau International.

Le Comité International est composé de dix-huit membres appartenant à des États différents ; il se réunit actuellement tous les ans. Le bureau de ce Comité adresse aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre un rapport annuel sur la situation administrative et financière du Bureau International.

Limitées à l'origine aux mesures de longueur et de masse et aux études métrologiques en relation avec ces grandeurs, les activités du Bureau International ont été étendues aux étalons de mesure électriques (1927), photométriques (1937) et des rayonnements ionisants (1960). Dans ce but, un agrandissement des premiers laboratoires construits en 1876-1878 a eu lieu en 1929 et deux nouveaux bâtiments ont été construits en 1963-1964 pour les laboratoires de la Section des rayonnements ionisants.

Une trentaine de physiciens ou techniciens travaillent dans les laboratoires du Bureau International ; ils font des recherches métrologiques ainsi que des mesures dont les résultats sont consignés dans des certificats portant sur des étalons des grandeurs ci-dessus. La dotation annuelle du Bureau International est de l'ordre de 9 570 000 francs-or (en 1982), soit environ 17 400 000 francs français.

(1) Au 31 décembre 1982, quarante-six États sont membres de cette Convention : Afrique du Sud, Allemagne (Rép. Fédérale d'), Allemande (Rép. Démocratique), Amérique (É.-U. d'), Argentine (Rép.), Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Bulgarie, Cameroun, Canada, Chili, Chine (Rép. Pop. de), Corée (Rép. de), Corée (Rép. Pop. Dém. de), Danemark, Dominicaine (Rép.), Égypte, Espagne, Finlande, France, Hongrie, Inde, Indonésie, Iran, Irlande, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pakistan, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Thaïlande, Tunisie, U. S. S. R., Uruguay, Venezuela, Yougoslavie.

Devant l'extension des tâches confiées au Bureau International, le Comité International a institué depuis 1927, sous le nom de Comités Consultatifs, des organes destinés à le renseigner sur les questions qu'il soumet, pour avis, à leur examen. Ces Comités Consultatifs, qui peuvent créer des « Groupes de travail » temporaires ou permanents pour l'étude de sujets particuliers, sont chargés de coordonner les travaux internationaux effectués dans leurs domaines respectifs et de proposer des recommandations concernant les modifications à apporter aux définitions et aux valeurs des unités, en vue des décisions que le Comité International est amené à prendre directement ou à soumettre à la sanction de la Conférence Générale pour assurer l'unification mondiale des unités de mesure.

Les Comités Consultatifs ont un règlement commun (*Procès-Verbaux CIPM*, 31, 1963, p. 97). Chaque Comité Consultatif, dont la présidence est généralement confiée à un membre du Comité International, est composé de délégués de chacun des grands Laboratoires de métrologie et des Instituts spécialisés dont la liste est établie par le Comité International, de membres individuels désignés également par le Comité International et d'un représentant du Bureau International. Ces Comités tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers; ils sont actuellement au nombre de huit :

1. Le Comité Consultatif d'Électricité (CCE), créé en 1927.
2. Le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR), nouveau nom donné en 1971 au Comité Consultatif de Photométrie (CCP) créé en 1933 (de 1930 à 1933 le Comité précédent (CCE) s'est occupé des questions de photométrie).
3. Le Comité Consultatif de Thermométrie (CCT), créé en 1937.
4. Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM), créé en 1952.
5. Le Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde (CCDS), créé en 1956.
6. Le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI), créé en 1958. En 1969, ce Comité Consultatif a institué quatre sections : Section I (Rayons X et γ , électrons), Section II (Mesure des radionucléides), Section III (Mesures neutroniques), Section IV (Étalons d'énergie α); cette dernière Section a été dissoute en 1975, son domaine d'activité étant confié à la Section II.
7. Le Comité Consultatif des Unités (CCU), créé en 1964 (ce Comité Consultatif a remplacé la « Commission du Système d'Unités » instituée par le CIPM en 1954).
8. Le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM), créé en 1980.

Les travaux de la Conférence Générale, du Comité International, des Comités Consultatifs et du Bureau International sont publiés par les soins de ce dernier dans les collections suivantes :

- *Comptes rendus des séances de la Conférence Générale des Poids et Mesures*;
- *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures*;
- *Sessions des Comités Consultatifs*;
- *Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures* (ce Recueil hors commerce rassemble les articles publiés dans des revues et ouvrages scientifiques et techniques, ainsi que certains travaux publiés sous forme de rapports multilingués).

Le Bureau International publie de temps en temps, sous le titre *Les récents progrès du Système Métrique*, un rapport sur les développements du Système Métrique (SI) dans le monde.

La collection des *Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures* (22 tomes publiés de 1881 à 1966) a été arrêtée en 1966 par décision du Comité International.

Depuis 1965 la revue internationale *Metrologia*, éditée sous les auspices du Comité International des Poids et Mesures, publie des articles sur les principaux travaux de métrologie scientifique effectués dans le monde, sur l'amélioration des méthodes de mesure et des étalons, sur les unités, etc., ainsi que des rapports concernant les activités, les décisions et les recommandations des organes de la Convention du Mètre.

Comité International des Poids et Mesures

Secrétaire
J. DE BOER

Président
J. V. DUNWORTH

LISTE DES MEMBRES
DU
COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS

Président

J. DE BOER, Secrétaire du Comité International des Poids et Mesures;
Institut de Physique Théorique, Université d'Amsterdam, Amsterdam-C.

Membres

COMITÉ D'ÉTAT DE L'U.R.S.S. POUR LES NORMES [GOST], Moscou.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE [CEI]: Comité d'Études
N° 25.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE [CIE].

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES [NRC], Ottawa.

INSTITUT NATIONAL DE MÉTROLOGIE [NIM], Beijing.

INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS
[ICRU].

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS [NBS], Washington.

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY [NPL], Teddington (Grande-Bretagne).

NATIONAL RESEARCH LABORATORY OF METROLOGY [NRLM], Ibaraki
(Japon).

ORGANISATION INTERNATIONALE DE MÉTROLOGIE LÉGALE [OIML].

ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION [ISO]: Comité
Technique 12.

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT [PTB], Braunschweig.

UNION INTERNATIONALE DE CHIMIE PURE ET APPLIQUÉE [UICPA] :
Commission STU.

UNION INTERNATIONALE DE PHYSIQUE PURE ET APPLIQUÉE [UIPPA] :
Commission SUN-AMCO.

M. L. McGLASHAN, Londres.

L. VILLENA, Madrid.

Le directeur du Bureau International des Poids et Mesures [BIPM], Sèvres.

ORDRE DU JOUR
de la 8^e Session

1. Nouvelle définition du mètre.
 2. « Poids » et « masse ».
 3. Questions diverses :
 - a) Noms spéciaux pour mètre carré et mètre cube.
 - b) Espace entre les chiffres et le symbole °C.
 - c) Structure des définitions des unités de base.
 - d) Ω_0 pour le stéradian dans certaines formules.
 - e) Proposition pour une amélioration du SI.
 - f) Nom spécial « dalton ».
 - g) Remarques au sujet du sievert.
 - h) Noms pour les puissances de dix.
 - i) Symboles des préfixes SI.
-

RAPPORT
DU
COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS
(8^e Session — 1982)
AU
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
Par S. GERMAN, Rapporteur

Le Comité Consultatif des Unités (CCU) a tenu sa 8^e session au Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres; quatre séances ont eu lieu les 8 et 9 juin 1982.

Étaient présents :

- J. DE BOER, Secrétaire du CIPM, président du CCU.
- H. H. JENSEN, Secrétaire adjoint du CIPM.
- A. PERLSTAIN, Membre du CIPM, président du Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées.

Les délégués des laboratoires et organismes membres :

- Commission Électrotechnique Internationale [CEI] : Comité d'Études N° 25 (Mme E. HAMBURGER, D. T. GOLDMAN).
- Commission Internationale de l'Éclairage [CIE] (J. TERRIEN, H. MOREAU).
- Conseil National de Recherches du Canada [NRC], Ottawa (H. PRESTON-THOMAS).
- Institut National de Métrologie [NIM], Beijing (LU SHAOZENG).
- International Commission on Radiation Units and Measurements [ICRU] (A. ALLISY).
- National Bureau of Standards [NBS], Washington (D. T. GOLDMAN).
- National Physical Laboratory [NPL], Teddington (O. C. JONES, R. J. BELL).
- National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Ibaraki (K. TANAKA).
- Organisation Internationale de Métrologie Légale [OIML] (F. ROTTER).
- Organisation Internationale de Normalisation [ISO] : Comité Technique 12 (A. J. THOR, Mme V. SIMONSGAARD).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig
(S. GERMAN).

Union Internationale de Physique Pure et Appliquée [UIPPA]:
Commission SUN-AMCO (L. VILLENA).

Les membres nominativement désignés :

M. L. McGLASHAN, University College, Londres.

L. VILLENA, Madrid.

Le directeur du BIPM (P. GIACOMO).

Invité : W. R. C. ROWLEY, rapporteur de la 7^e session du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (3 et 4 juin 1982).

Assistaient aussi à la session : T. J. QUINN, sous-directeur du BIPM,
R. P. HUDSON, A. SAKUMA (BIPM).

Excusés : Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprüfung [ASMW], Berlin; Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée [UICPA]: Commission STU.

Absent : Comité d'État de l'U.R.S.S. pour les Normes [GOST],
Moscou.

Le Président souhaite la bienvenue aux participants et il les présente. Il évoque ensuite la mémoire de P. Honti, décédé le 6 mars 1981, qui était membre du CCU depuis sa création.

Mr German est désigné comme rapporteur, assisté de R. P. Hudson comme secrétaire.

L'ordre du jour proposé est adopté.

1. Nouvelle définition du mètre

Le Président rappelle qu'au cours des dernières années, au sein du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM) et au sein du Comité Consultatif des Unités (CCU), les avis sur la nouvelle définition du mètre ont été divers. C'est la raison pour laquelle s'est tenue une réunion commune d'experts de ces deux Comités les 28 et 29 avril 1981, afin d'arriver à un consensus (Rapport du Groupe de travail *ad hoc* CCDM/CCU au CIPM (avril 1981), CCDM, 7^e session, 1982, Annexe M 3). On s'est mis d'accord pour soumettre à la Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM), qui doit se réunir en 1983, une nouvelle définition fondée sur la vitesse de la lumière. Différents aspects des quatre formulations proposées pour cette nouvelle définition ont été discutés lors de cette réunion. On a considéré que le critère de choix le plus important était la clarté de la définition pour le grand public et que la continuité de la forme — laquelle aurait incité à préférer une formulation

faisant appel à une longueur d'onde — passait en second. Cela a conduit à donner la préférence à la proposition N° 4, c'est-à-dire à une définition fondée sur le temps de parcours de la lumière. Des indications complémentaires sont données dans le document CCU/82-4 (qui reproduit le document CCDM/82-4) où l'on trouve en annexe la façon dont on peut obtenir le mètre dans la pratique au moyen d'ondes électromagnétiques. Le CCDM s'est réuni le 2 et le 3 juin 1982 et a adopté les Recommandations M 1 (1982) et M 2 (1982) sur les bases ci-dessus (voir documents CCU/82-11 et 82-12).

Mr Rowley donne lecture de la Recommandation M 1 (1982).

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

rappelant sa Recommandation M 2 (1979) et

considérant :

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

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

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

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

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

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

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

8) que le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre est dès maintenant en mesure de donner des instructions pour la mise en pratique

d'une telle définition, instructions qui pourront inclure l'emploi de la radiation orangée du krypton 86 utilisée jusqu'ici comme étalon et qui pourront être complétées ou révisées par la suite;

recommande

— que le mètre soit défini comme suit :

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

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

Une discussion s'ensuit et se termine sur un accord formel sur le texte de la Recommandation M 1. De l'avis général, le problème est correctement posé dans les « considérants » mais il convient d'y apporter quelques modifications rédactionnelles (supprimer le mot « pratique » dans le considérant (3) et remplacer « indétermination » par « incertitude relative » dans le considérant (6)). Dans la définition, on se demande s'il faudrait employer l'expression « ondes électromagnétiques » au lieu de « lumière » et si « espace libre » devrait être mis à la place de « vide ». Le résultat de la discussion est de s'en tenir à la rédaction de M 1 telle qu'elle est. Il faudra veiller à la traduction correcte en anglais. (Sur le problème de la structure de la définition, voir ci-après 3c).

Mr Rowley donne lecture de la Recommandation M 2 (1982) :

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

recommande

— que le mètre soit réalisé :

• soit par l'une des deux méthodes suivantes, en utilisant pour la vitesse de la lumière dans le vide la valeur $c = 299\,792\,458$ m/s exactement qui résulte de la définition du mètre :

a) au moyen de la longueur l du trajet parcouru dans le vide par une onde électromagnétique plane pendant la durée t ; longueur que l'on obtient par la relation $l = ct$,

b) au moyen de la longueur d'onde dans le vide λ d'une onde électromagnétique plane de fréquence f , longueur d'onde que l'on obtient par la relation $\lambda = c/f$;

• soit à l'aide de l'une des radiations données dans la liste ci-dessous, radiations pour lesquelles on peut utiliser la valeur indiquée de la longueur d'onde dans le vide, avec l'incertitude donnée, pourvu que l'on observe les conditions spécifiées et le mode opératoire reconnu comme approprié;

— et que les corrections nécessaires soient appliquées pour tenir compte des conditions réelles telles que imperfection du vide, diffraction, différences de potentiel de gravitation.

Il explique que dans cette Recommandation on donne en *a*) et *b*) les méthodes directes pour utiliser la valeur de la vitesse de la lumière c , alors que l'avant-dernier paragraphe se rapporte aux étalons secondaires. Dans la liste des radiations recommandées, les valeurs numériques des résultats de quelques mesures très récentes, qui ont été présentés à la session du CCDM, doivent encore être étudiées. Un groupe de travail s'est chargé de cette tâche.

Le Président déclare que le texte de la recommandation n'est pas encore suffisamment clair pour être présenté à la CGPM puisque l'on ne peut pas voir vraiment la différence entre les méthodes mentionnées dans l'avant-dernier paragraphe et celles dont il est question en *b*).

Mr Allisy fait remarquer que la présentation de la liste des radiations recommandées n'est pas tout à fait conforme à ce que préconise le Groupe de travail sur l'expression des incertitudes, en particulier en ce qui concerne l'emploi de l'écart-type.

Après une discussion détaillée, la version suivante de M 2 est acceptée à l'unanimité ⁽¹⁾.

Le Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

recommande

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

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

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

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

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

(1) *Note du BIPM* : Ultérieurement, un groupe de travail du CCDM a apporté à cette version les remaniements suivants, qui ont été approuvés par correspondance :

— dans le paragraphe *c*, permuter « de la fréquence » et « de la longueur d'onde dans le vide »;

— dans le paragraphe final, permuter les derniers mots qui deviennent « telles que diffraction, gravitation ou imperfection du vide ».

A sa 71^e session (octobre 1982), le CIPM a décidé en outre de supprimer à la fin des paragraphes *a* et *b* les mots « exactement qui résulte de la définition du mètre ».

D'autre part, dans la liste des radiations recommandées, le CCU propose de présenter les incertitudes de la façon suivante :

« avec une incertitude relative globale de $\pm \dots$ [qui résulte d'un écart-type estimé de \dots en valeur relative] ».

2. « Poids » et « masse »

Le Président rend compte de la situation actuelle sur cette question. Lors de sa 7^e session en 1980, le CCU avait abordé le problème (*voir* Comité Consultatif des Unités, 7^e session, 1980, p. U8 et document CCU/80-10) et a renvoyé la question devant le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM). Le CCM en a discuté lors de sa première session en 1981 (*voir* documents CCU/82-1 et 82-18) et a pensé qu'il fallait consulter le Comité International de Métrologie Légale (CIML). Il s'est avéré que le CIML ne se considère pas comme compétent en la matière. Par ailleurs, aux États-Unis d'Amérique une controverse est née au sujet de l'emploi du mot « weight » (*voir* documents CCU/82-2, 82-3, 82-14, 82-15) (2). Il est par conséquent opportun de discuter à nouveau du problème au sein du CCU.

Le Président rappelle alors le contexte historique dans lequel a été faite la déclaration de 1901 :

Au cours de la dernière décennie du XIX^e siècle le mot « kilogramme » était déjà d'un usage courant pour désigner l'unité de force : les forces étaient exprimées en kilogrammes, les pressions et les contraintes en kilogrammes par centimètre carré, le travail en kilogrammètres, etc. Bien que la décision définitive relative à la « Formule de sanction des prototypes », prise par la 1^{re} Conférence Générale des Poids et Mesures en 1889 (*Comptes Rendus*, p. 35), indiquât explicitement que « Le Prototype du kilogramme... sera désormais considéré comme unité de masse », il existait à l'époque une grande confusion : on ne savait pas trop si l'on devait considérer l'unité kilogramme adoptée sur le plan international comme étant l'unité de masse ou l'unité de force (poids). Le célèbre manuel « *Praktische Physik* » de F. Kohlrausch (7^e édition, 1892), qui eut une énorme influence sur la physique expérimentale à cette époque-là, faisait une distinction entre un système de mesures absolu « dynamique », avec le gramme comme unité de masse, et un système « statique » dans lequel le gramme était l'unité de force.

Pour éviter toute confusion, Kohlrausch recommanda l'emploi de l'expression gramme-poids (« Gramm-Gewicht ») lorsqu'il s'agissait du gramme utilisé comme unité de force. Toujours pour éviter toute confusion

(2) Cette controverse a été apaisée par une note appropriée ajoutée à la brochure « Le Système International d'Unités (SI) », 4^e édition, dans la version en anglais publiée par le National Bureau of Standards (NBS SP 330, 1981 Edition, p. 18).

quant à savoir si le prototype du kilogramme adopté sur le plan international devait définir une unité de masse ou une unité de force (ou poids), la 3^e CGPM, en 1901, adopta la fameuse déclaration (*Comptes Rendus*, p. 70; voir aussi « Le Système International d'Unités (SI) », 4^e Ed., 1981, p. 22), qui a fait l'objet de nombreuses discussions. Il y était confirmé que le kilogramme est l'unité de masse; on considérait que le mot poids se rapporte à une grandeur de la même nature qu'une force. La déclaration de 1901 mettait officiellement fin à la confusion. On continua néanmoins d'employer le kilogramme comme unité de force, en particulier dans les milieux européens d'ingénieurs, mais sans justification légale. Le problème se résoudra au fur et à mesure que l'utilisation du newton se répandra. Toutefois, la déclaration n'est certes pas encore superflue, compte tenu de l'emploi abusif, encore très répandu, du kilogramme comme unité de force.

Ainsi, en 1901, le but n'était pas de résoudre un problème de terminologie et pour résoudre le problème de terminologie d'aujourd'hui il ne faut pas mettre en doute la déclaration de 1901.

Au cours d'une longue discussion, on fait remarquer que dans la langue courante on utilise le mot « poids » essentiellement avec le sens de masse; il s'ensuit que, du point de vue de la métrologie légale, il existe un problème pour la Communauté Européenne (Perlstein). En République Fédérale d'Allemagne, on a résolu le problème pour les domaines scientifiques et techniques en utilisant les mots « Masse », « Gewichtskraft » et « Gewichtsstück » et en évitant d'utiliser le mot « Gewicht » lui-même (German). Le problème ne se pose pas de la même façon dans les différentes langues (Villena). Le CCU a une certaine responsabilité pour l'éducation du public dans l'emploi correct des unités (Jones). On ne peut rien faire pour le moment, mais dans quelques années quand tout le monde saura la différence entre force et masse on pourrait employer « poids » comme synonyme de « masse » dans le langage courant (Hamburger). Il ne faut pas non plus compromettre à la légère la rédaction de la publication actuelle de l'ISO 31, qui constitue un compromis auquel on est parvenu avec difficulté (Simonsgaard).

Le Président constate que l'avis de la majorité est de ne rien faire pour le moment. Mr German fait remarquer que, de toute façon, si la question était à nouveau soulevée, elle devrait l'être au sein de l'ISO/TC 12 qui est l'organisme compétent.

3. Questions diverses

3a. Noms spéciaux pour mètre carré et mètre cube

Le NBS suggère (document CCU/82-6) que l'on discute à nouveau pour savoir s'il est possible d'introduire des noms spéciaux pour mètre carré et mètre cube (voir aussi document CCU/82-8). Mr Goldman fait remarquer

qu'il y a un saut important lorsque l'on passe du mètre carré au kilomètre carré. Un autre argument en faveur de noms spéciaux est qu'il existe des unités dérivées qui comportent diverses puissances du mètre au numérateur et au dénominateur mais que l'on n'a pas avantage à simplifier (par exemple lorsqu'on exprime une consommation en dm^3/km).

Le Président constate que, par rapport aux discussions précédentes (*Comité Consultatif des Unités*, 4^e session, 1974, p. U13, 6^e session, 1978, p. U12 et 7^e session, 1980, p. U11), il n'y a rien de nouveau. On dispose de préfixes nombreux. Mr Preston-Thomas fait observer que l'introduction de noms spéciaux pour certaines unités dérivées pourrait élargir le domaine d'application du SI. Malgré cette remarque, la suggestion est rejetée.

3b. Espace entre les chiffres et le symbole °C

Cette question est présentée par le NBS dans le document CCU/82-6, car certains organismes de normalisation conseillent l'absence d'espace entre les chiffres et le symbole °C. Le Président fait remarquer que c'est une question de normalisation. En tout cas le symbole °C pour « degré Celsius » constitue un symbole unique. Mme Simonsgaard précise que la règle de l'espace entre la valeur numérique et le symbole de l'unité est nettement indiquée dans les normes ISO (*voir* International Standard ISO 31/0).

3c. Structure des définitions des unités de base

Mr Bell expose le problème présenté dans le document CCU/82-7 : les définitions des diverses unités de base se présentent sous des formes quelque peu différentes. Soit X le nom d'une unité de base, Y le nom de la grandeur correspondante et Z un échantillon particulier de cette grandeur ; on a quatre types fondamentaux de définition :

- a) « le X est l'unité de Y ; il est égal au Z qui... » pour le kilogramme ;
- b) « le X, unité de Y, est le Z qui... » pour le kelvin ;
- c) « le X est le Y égal au Z qui... » pour le mètre ;
- d) « le X est le Z qui... » pour la seconde, l'ampère, la mole et la candela.

Il indique aussi que bien des gens éprouvent des difficultés lorsque la définition et la réalisation diffèrent. Sur ce dernier point, Mr Allisy répond que la réalisation est fréquemment effectuée d'une manière différente de celle que suggère la définition (sauf pour le kilogramme) ; la définition correspond plutôt à une opération symbolique.

Mr Bell estime qu'il serait souhaitable d'arriver à une formulation homogène pour les définitions des unités SI de base, tout au moins à l'avenir. Cette politique pourrait être appliquée chaque fois qu'une définition est soumise à révision.

Parmi les différentes formes proposées, Mr Bell préfère la forme *a*); c'est du reste la forme employée dans la plus ancienne des définitions des unités de base du SI, la définition du kilogramme. Elle donne toutes les informations nécessaires, est grammaticalement simple et elle caractérise correctement l'unité par une égalité (plutôt que par une identité) avec la grandeur qui est reproduite par le phénomène défini.

Dans la mesure où le CCU doit, à cette réunion, donner son avis sur la rédaction précise d'une nouvelle définition de l'une des unités de base du SI, le Président estime que le document présenté par Mr Bell mérite une attention particulière. La définition de l'unité d'une grandeur de base contient toujours le nom de l'unité, X, et le nom de la grandeur correspondante, Y. En suivant la classification précédente, on a adopté, à différentes époques, des formes différentes :

a) « Le kilogramme est l'unité de masse; il est égal à la masse du... » (1901).

b) « Le kelvin, unité de température thermodynamique, est [la fraction 1/273,16 de] la température thermodynamique de... » (1967).

La forme *b*) est une forme simplifiée de *a*). Dans les deux cas, quand on introduit l'expression « unité de Y », il est nécessaire de répéter le nom de la grandeur Y dans le texte.

Dans les définitions des cinq autres unités de base on a supprimé l'apposition « , unité de Y, » ce qui donne une définition plus simple, la répétition du nom de la grandeur Y n'étant plus nécessaire :

c) « Le mètre est la longueur égale à... » (1960);

d) « L'ampère est l'intensité d'un courant [constant] qui... » (1948);

« La seconde est la durée de... » (1967);

« La mole est la quantité de matière d'un... » (1971);

« La candela est l'intensité lumineuse... d'une... » (1979).

Le texte du type *d*), qui paraît le plus simple et le plus direct, a été adopté — avec préméditation — après 1945. Dans le cas exceptionnel du kelvin on a considéré comme nécessaire de souligner explicitement que le kelvin est une unité comme les autres et non pas un degré d'une échelle.

La nouvelle définition du mètre a donc été rédigée suivant le principe *d*) :

« Le mètre est la longueur du... » (proposition 1983).

Le CCU approuve cette conclusion.

3d. Ω_0 pour le stéradian dans certaines formules

Mr Terrien donne des explications à propos de la lettre qu'il a adressée au CCU (document CCU/82-5).

Le CCU appuie le point de vue de Mr Terrien : puisque le stéradian est

considéré par le CIPM comme une unité dérivée sans dimension, le facteur Ω_0 représentant l'angle solide de 1 stéradian n'est plus nécessaire pour assurer l'homogénéité dimensionnelle de certaines équations (par exemple dans la loi de Planck). Cela a des conséquences pour la 4^e édition du Vocabulaire International de l'Éclairage actuellement en préparation sous les auspices de la Commission Internationale de l'Éclairage et de la Commission Électro-technique Internationale.

3e. Proposition pour une amélioration du SI

Dans le document CCU/82-9, on fait remarquer qu'en dehors du nombre 1, du radian et du stéradian il existe plusieurs autres unités dérivées sans dimension qui doivent être prises en considération dans le SI. Au cours de la discussion de ce document certaines questions de compréhension demeurent sans réponse.

On note également que la discussion sur un symbole pour le chiffre 1, considéré comme une unité, n'a abouti à aucune conclusion positive au sein de l'ISO/TC 12. De plus, il ne sert à rien d'ouvrir à nouveau la discussion sur le bel et les problèmes qui lui sont liés, problèmes qui ont déjà été longuement considérés au sein du CCU.

3f. Nom spécial « dalton »

L'Union Internationale de Biochimie a demandé que l'on introduise le nom spécial « dalton » et le symbole Da pour l'unité de masse atomique u (voir document CCU/82-10).

Le Président explique que l'unité de masse atomique a été introduite par l'UIPPA et l'UICPA en 1967/68. C'est un compromis dans le cadre d'une échelle unifiée et à l'époque on avait considéré u comme un symbole raisonnable. Il y a deux raisons pour ne pas introduire le nom spécial dalton :

1. On doit éviter, autant que possible, d'introduire des noms nouveaux.
2. Le dalton ne serait pas une unité SI cohérente.

Au vu de ces raisons la proposition est rejetée.

3g. Remarques au sujet du sievert

Le Président aborde le document CCU/82-16. Il est caractéristique de la confusion entre grandeur et unité due en partie à une mauvaise compréhension. Il est encore nécessaire de bien clarifier les idées.

Dans le SI, la règle générale est que les unités des grandeurs qui ont la même équation de dimension portent le même nom. Les différentes situations physiques sont exprimées au moyen des grandeurs et non au moyen des noms des unités.

Exemples : 1. Le diamètre intérieur d_i d'un tuyau se mesure en mètres aussi bien que son diamètre extérieur d_a .

2. Si deux villes A et B sont reliées par la route et par le rail, à côté de la distance d qui les sépare (la plus courte distance, mesurée à vol d'oiseau), on doit aussi considérer la distance d_f par la voie ferrée et la distance d_r par la route. Toutes ces longueurs sont mesurées en mètres; il n'est pas nécessaire d'introduire le « mètre-rail » et le « mètre-route » comme unités. Les différentes situations physiques sont exprimées par les définitions des grandeurs d , d_f et d_r .

Il s'ensuit que dans le SI on peut généralement déduire l'unité de la grandeur, mais non l'inverse.

Les deux grandeurs dose absorbée et équivalent de dose ont la même dimension. Comme il arrive que pour l'une et l'autre on abrège leur nom en « dose » seulement, des erreurs sont possibles. On a donc fait délibérément exception à la règle et on a donné au joule par kilogramme le nom spécial de gray lorsqu'il s'agit de dose absorbée et le nom spécial de sievert lorsqu'il s'agit d'équivalent de dose. Ainsi, dans ces cas particuliers, on a admis que le nom de l'unité donne une indication sur la grandeur, parce qu'on a affaire à des domaines qui demandent des mesures de sécurité supplémentaires. Les différentes situations physiques, décrites ici au moyen d'un facteur numérique sans dimension (différent suivant la nature du rayonnement, par exemple pour un rayonnement γ ou un rayonnement neutronique) correspondent aux grandeurs physiques, non pas aux noms des unités.

Au cours de la discussion, Mr Giacomo mentionne la lettre qu'il a envoyée le 30 octobre 1981 à L. F. Sokol (U.S. Metric Association), au sujet du gray et du sievert ⁽³⁾. Le CCU approuve cette réponse ainsi que la présentation claire et correcte de cette question dans la « note du traducteur » qui figure dans la traduction anglaise de la brochure sur le SI (« The International System of Units ». HMSO, 1982, p. 48 ou NBS Special Publication 330, 1981 Edition, p. 37) note qui peut se traduire ainsi :

« Il convient de remarquer que la grandeur équivalent de dose H est le produit de la dose absorbée D de rayonnements ionisants et des facteurs sans dimension Q (facteur de qualité) et N (produit de tous les autres facteurs de multiplication) prescrits par l'International Commission on Radiological Protection. Aussi, pour une irradiation donnée, la valeur numérique en joules par kilogramme de ces deux *grandeurs* D et H peut être différente,

⁽³⁾ La partie de cette lettre qui est citée dans l'article de L. Ruby publié dans *Nuclear News*, mai 1982, (CCU/82-16) est malheureusement incomplète. Le texte exact est : « If care is not taken to specify the quantity, the measure of which is given (for instance, if it is said « the patient has received 100 J/kg »), misunderstandings leading to dangerous consequences may happen. » [Si l'on ne prend pas la peine de préciser la grandeur dont on donne la mesure (par exemple si l'on dit « le malade a reçu 100 J/kg »), des confusions aux conséquences graves sont possibles].

puisqu'elle est fonction de la valeur de Q et de N . Afin d'éviter tout risque de confusion, il faut employer les noms spéciaux pour les *unités* correspondantes, c'est-à-dire qu'il faut exprimer D en grays et H en sieverts. »

MM. Giacomo et Goldman proposent d'adresser à l'éditeur de *Nuclear News* une réponse au sujet de l'article de L. Ruby; cette proposition est approuvée (voir *Nuclear News*, September 1982, p. 22).

Il est recommandé au BIPM d'écrire à l'ICRU pour expliquer la situation et de demander à cet organisme de répondre aussi à Mr Ruby. Il faut également en informer la Communauté Économique Européenne.

3h. Noms pour les puissances de dix

Le document CCU/82-19 suggère de nouveaux noms pour les grands nombres comme 10^9 , 10^{12} , 10^{15} , etc. pour remédier à l'ambiguïté et au manque de logique du système actuel. La discussion fait apparaître que le problème a été traité à la 9^e Conférence Générale des Poids et Mesures (*Comptes rendus 9^e CGPM*, 1948, p. 71, reproduite dans CCU/82-20). Il existe deux systèmes pour exprimer les grands nombres :

$$\begin{array}{l}
 1. \text{ Règle } (n - 1) : \\
 \\
 2. \text{ Règle } N :
 \end{array}
 \left\{ \begin{array}{l}
 10^6 = \text{un million} \\
 10^9 = \text{un billion (ou un milliard)} \\
 10^{12} = \text{un trillion} \\
 \dots \\
 10^{3n} = \text{un } (n - 1)\text{jillion} \\
 \\
 10^6 = \text{un million} \\
 10^{12} = \text{un billion} \\
 10^{18} = \text{un trillion} \\
 \dots \\
 10^{6N} = \text{un } (N)\text{jillion}
 \end{array} \right.$$

Dans les deux systèmes « un milliard » correspond à 10^9 . En 1948, le CIPM a décidé à l'unanimité de conseiller le second système (règle N) aux pays européens et la CGPM a approuvé cette proposition. Le BIPM répondra au rédacteur de la revue pour que cette information soit publiée.

Le CCU ne voit pas la nécessité de revenir sur ce sujet. Il estime d'ailleurs que la question relève plutôt des organismes de normalisation.

3i. Symboles des préfixes SI

Mr Thor présente une lettre de l'Association Canadienne de Normalisation à l'ISO/TC 12 (voir document CCU/82-21) dans laquelle il est suggéré qu'à l'avenir tous les symboles des préfixes pour les multiples décimaux soient écrits avec une majuscule (D pour da, H pour h et K pour

k). Ce problème a été discuté à maintes reprises dans le passé — au sein de l'ISO/TC 12 également — et il est trop tard pour changer quoi que ce soit au système actuel.

*
* *

Mr Terrien exprime sa vive satisfaction de voir que le CCDM et le CCU sont finalement parvenus à un accord de principe sur la forme de la nouvelle définition du mètre. Le Président exprime le plaisir qu'il a à s'associer aux remarques de Mr Terrien et clôt la session en remerciant le Directeur et le personnel du BIPM.

Août 1982, révisé décembre 1982.

ANNEXE UI

Documents de travail présentés à la 8^e session du CCU

Vingt-et-un documents (CCU/81-1 à 81-21) pour la discussion sur une nouvelle définition du mètre ont été envoyés aux membres du CCU en 1981. Ces documents, communs au Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM) et au CCU, ne sont pas répertoriés ici (voir la liste dans *CCDM*, 7^e session, 1982, Annexe M 1).

La liste suivante concerne uniquement les documents examinés à la session.

Tous ces documents de travail, qu'ils soient ou non publiés, peuvent être obtenus dans leur langue originale sur demande adressée au BIPM.

Document CCU/

- 82-1 Extraits du Rapport de la 1^{re} session (juin 1981) du Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM) au CIPM : Point 1.5 « Terminologie : Masse et poids ».
- 82-2 NBS and metrication. Letters in *Physics Today*, December 1980, pp. 66-71.
Controverse au sujet de l'emploi du terme « weight » aux États-Unis d'Amérique.
- 82-3 Extrait des *Procès-Verbaux du CIPM*, **49**, 1981, pp. 6-7.
Examen par le CIPM du rapport provisoire de la 1^{re} session (juin 1981) du CCM.
- 82-4 BIPM. — Sur une nouvelle définition du mètre.
Avant-projets de deux recommandations pour le CCDM (voir aussi CCU/82-11 et 82-12).
- 82-5 Note de J. Terrien sur la préparation de la 4^e édition du « Vocabulaire International de l'Éclairage » (texte français-anglais, 3 pages).
Informations sur quelques nouveautés qui peuvent intéresser le CCU et pour lesquelles son avis est sollicité.
- 82-6 NBS (États-Unis d'Amérique). — Lettre (31 mars 1982) de D. T. Goldman (3 pages) : écriture du symbole du degré Celsius et

Document
CCU/

- noms spéciaux (« quadrare » et « cubus ») pour les unités mètre carré et mètre cube.
- 82-7 NPL (Royaume-Uni). — Lettre (26 avril 1982) de R. J. Bell au sujet de la définition des unités SI de base (2 pages).
- 82-8 Noms spéciaux pour mètre carré et mètre cube.
Compte rendu de la 6^e session du CCU, mai 1978, p. U12 et document CCU/78-10.
- 82-9 Japon. — Proposition for an improvement of SI, by T. Masui (7 pages).
Proposition d'une classification des unités SI en : unités de base, unités dérivées sans dimension et unités dérivées avec dimensions. Nombre l, radian et stéradian, bel, lumen par watt, sievert par gray, « °C ».
- 82-10 IUB. — Lettre (5 juillet 1981) du secrétaire général de l'International Union of Biochemistry, demandant que le nom spécial « dalton » soit adopté pour l'unité de masse atomique unifiée. Déclaration des Nomenclature Committees de l'IUB et de l'IUPAC en faveur de cette demande.
- 82-11 CCDM. — Sur une nouvelle définition du mètre.
Recommandation M 1 (1982) adoptée par le CCDM en juin 1982.
- 82-12 CCDM. — Mise en pratique de la définition du mètre.
Recommandation M 2 (1982) adoptée par le CCDM en juin 1982.
- 82-13 CCDM. — Travaux sur les lasers au BIPM.
Recommandation M 3 (1982) adoptée par le CCDM en juin 1982.
- 82-14 Resolution (26 January 1982) for the Council of the American Association of Physics Teachers (1 page).
Résolution mettant fin au différend entre l'AAPT et le NBS concernant l'emploi des termes « mass » et « weight ».
- 82-15 AAPT removes its censure of NBS on metric system. *Physics Today*, May 1982, p. 80.
- 82-16 The need for a redefinition of the sievert, by Lawrence Ruby. *Nuclear News (USA)*, May 1982, pp. 74-76.
- 82-17 Extract from « The International System of Units (SI) », NBS Special Publ. 330, 1981 Edition, p. 18 : « Mass and weight ».
- 82-18 CCM. — Déclaration sur les termes masse et poids adoptée par le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (1^{re} Session, 1981) : texte amendé.

Document
CCU/

- 82-19 Nomenclature for large numbers, by S. A. Ahmed. *Physics Bulletin* (GB), **32**, 1981.
- 82-20 Extrait des *Comptes rendus de la 9^e CGPM*, 1948, p. 71 : systèmes de numération (billion, trillion, ...).
- 82-21 Association Canadienne de Normalisation. — SI prefix symbols.
Emploi des majuscules et des minuscules.
-

Notice for the reader of the English version

In order to make the reports of the various Comités Consultatifs more accessible to the many readers who are more familiar with the English language than with the French, the Comité International des Poids et Mesures has decided to publish an English version of these reports. The reader must however be aware that the official report is always the French one. The English version is published for convenience only. If any matter gives rise to controversy, or if an authoritative reference is needed, the French text must be used. This applies especially to the text of the recommendations submitted to the Comité International des Poids et Mesures.

Avertissement au lecteur de la version anglaise

Afin de rendre plus facile l'accès aux rapports des divers Comités Consultatifs pour de nombreux lecteurs qui sont plus familiers avec la langue anglaise qu'avec la langue française, le Comité International des Poids et Mesures a décidé de publier une version en anglais de ces rapports. Le lecteur doit cependant prendre garde au fait que le rapport officiel est toujours celui qui est rédigé en français. La version anglaise n'est publiée que pour faciliter la lecture. Si un point quelconque soulève une discussion, ou si une référence autorisée est nécessaire, c'est toujours le texte français qui doit être utilisé. Ceci s'applique particulièrement au texte des recommandations présentées au Comité International des Poids et Mesures.

HISTORICAL NOTE

Organs of the Convention du Mètre BIPM, CIPM, CGPM

The Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) was set up by the Convention du Mètre signed in Paris on 20 May 1875 by seventeen States during the final session of the Diplomatic Conference of the Metre. This Convention was amended in 1921.

BIPM has its headquarters near Paris, in the grounds (43 520 m²) of the Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) placed at its disposal by the French Government; its upkeep is financed jointly by the Member States of the Convention du Mètre. *

The task of BIPM is to ensure worldwide unification of physical measurements; it is responsible for:

- establishing the fundamental standards and scales for measurement of the principal physical quantities and maintaining the international prototypes;
- carrying out comparisons of national and international standards;
- ensuring the co-ordination of corresponding measuring techniques;
- carrying out and co-ordinating determinations relating to the fundamental physical constants that are involved in the above-mentioned activities.

BIPM operates under the exclusive supervision of the Comité International des Poids et Mesures (CIPM) which itself comes under the authority of the Conférence Générale des Poids et Mesures (CGPM).

The Conférence Générale consists of delegates from all the Member States of the Convention du Mètre and meets at present every four years. At each meeting it receives the Report of the Comité International on the work accomplished, and it is responsible for:

- discussing and instigating the arrangements required to ensure the propagation and improvement of the International System of Units (SI), which is the modern form of the metric system;
- confirming the results of new fundamental metrological determinations and the various scientific resolutions of international scope;
- adopting the important decisions concerning the organization and development of BIPM.

The Comité International consists of eighteen members each belonging to a different State; it meets at present every year. The officers of this committee issue an Annual Report on the administrative and financial position of BIPM to the Governments of the Member States of the Convention du Mètre.

The activities of BIPM, which in the beginning were limited to the measurements of length and mass and to metrological studies in relation to these quantities, have been extended to standards of measurement for electricity (1927), photometry (1937), and ionizing radiations (1960). To this end the original laboratories, built in 1876-1878, were enlarged in 1929 and two new buildings were constructed in 1963-1964 for the ionizing radiation laboratories. Some thirty physicists or technicians work in the laboratories of BIPM. They do metrological research, and also undertake measurement and certification of material standards of the above-mentioned quantities. BIPM's annual appropriation is of the order of 9 570 000 gold francs, approximately 17 400 000 French francs (in 1982).

* As of 31 December 1982 forty-six States were members of this Conventio: Argentina (Rep. of), Australia, Austria, Belgium, Brazil, Bulgaria, Cameroon, Canada, Chile, China (People's Rep. of), Czechoslovakia, Denmark, Dominican Republic, Egypt, Finland, France, German Democratic Rep., Germany (Federal Rep. of), Hungary, India, Indonesia, Iran, Ireland, Italy, Japan, Korea (Rep. of), Korea (Dem. People's Rep.), Mexico, Netherlands, Norway, Pakistan, Poland, Portugal, Romania, Spain, South Africa, Sweden, Switzerland, Thailand, Turkey, U.S.S.R., United Kingdom, U.S.A., Uruguay, Venezuela, Yugoslavia.

In view of the extension of the work entrusted to BIPM, CIPM has set up since 1927, under the name of *Comités Consultatifs*, bodies designed to provide it with information on matters that it refers to them for study and advice. These *Comités Consultatifs*, which may form temporary or permanent « Working Groups » to study special subjects, are responsible for co-ordinating the international work carried out in their respective fields and proposing recommendations concerning the amendments to be made to the definitions and values of units. In order to ensure worldwide uniformity in units of measurement, the *Comité International* accordingly acts directly or submits proposals for sanction by the *Conférence Générale*.

The *Comités Consultatifs* have common regulations (*Procès-Verbaux CIPM*, 1963, 31, 97). Each *Comité Consultatif*, the chairman of which is normally a member of CIPM, is composed of delegates from the major metrology laboratories and specialized institutes, a list of which is drawn up by CIPM, as well as individual members also appointed by CIPM and one representative of BIPM. These committees hold their meetings at irregular intervals; at present there are eight of them in existence :

1. The *Comité Consultatif d'Électricité* (CCE), set up in 1927.
2. The *Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie* (CCPR), new name given in 1971 to the *Comité Consultatif de Photométrie* set up in 1933 (between 1930 and 1933 the preceding committee (CCE) dealt with matters concerning Photometry).
3. The *Comité Consultatif de Thermométrie* (CCT), set up in 1937.
4. The *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre* (CCDM), set up in 1952.
5. The *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde* (CCDS), set up in 1956.
6. The *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants* (CEMRI), set up in 1958. In 1969 this committee established four sections : Section I (Measurement of X and γ rays, electrons); Section II (Measurement of radionuclides); Section III (Neutron measurements); Section IV (α -energy standards). In 1975 this last section was dissolved and Section II made responsible for its field of activity.
7. The *Comité Consultatif des Unités* (CCU), set up in 1964 (this committee replaced the « Commission for the System of Units » set up by the CIPM in 1954).
8. The *Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées* (CCM), set up in 1980.

The proceedings of the *Conférence Générale*, the *Comité International*, the *Comités Consultatifs*, and the *Bureau International* are published under the auspices of the latter in the following series :

- *Comptes rendus des séances de la Conférence Générale des Poids et Mesures*;
- *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures*;
- *Sessions des Comités Consultatifs*;
- *Recueil de Travaux du Bureau International des Poids et Mesures* (this collection for private distribution brings together articles published in scientific and technical journals and books, as well as certain work published in the form of duplicated reports).

From time to time BIPM publishes a report on the development of the Metric System throughout the world, entitled *Les récents progrès du Système Métrique*.

The collection of the *Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures* (22 volumes published between 1881 and 1966) ceased in 1966 by a decision of CIPM.

Since 1965 the international journal *Metrologia*, edited under the auspices of CIPM, has published articles on the more important work on scientific metrology carried out throughout the world, on the improvement in measuring methods and standards, on units, etc., as well as reports concerning the activities, decisions, and recommendations of the various bodies created under the *Convention du Mètre*.

210

1870-1871

1872-1873

1874-1875

1876-1877

1878-1879

1880-1881

1882-1883

1884-1885

1886-1887

1888-1889

1890-1891

1892-1893

AGENDA
for the 8th Meeting

1. New definition of the metre.
 2. « Weight » and « mass ».
 3. Miscellaneous topics :
 - a) Special names for square metre and cubic metre.
 - b) Space between the numerals and the symbol °C.
 - c) Form of the definitions of the base units.
 - d) Ω_0 for the steradian in certain formulae.
 - e) Proposal for an improvement of the SI.
 - f) Special name « dalton ».
 - g) Remarks on the subject of the sievert.
 - h) Names for the powers of ten.
 - i) Symbols for SI prefixes.
-

REPORT
OF THE
COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS
(8th Meeting — 1982)
TO THE
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
by S. GERMAN, Rapporteur

The Comité Consultatif des Unités (CCU) held its 8th meeting at the Bureau International des Poids et Mesures, at Sèvres; four sessions took place on the 8th and 9th of June 1982.

In attendance were :

- J. DE BOER, Secretary of the CIPM, President of the CCU.
- H. H. JENSEN, Deputy Secretary of the CIPM.
- A. PERLSTAIN, Member of the CIPM, President of the Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées.

The delegates of laboratories and member organizations :

- International Commission on Illumination [CIE] (J. TERRIEN, H. MOREAU).
- International Commission on Radiation Units and Measurements [ICRU] (A. ALLISY).
- International Electrotechnical Commission [IEC]: Committee E-25 (E. HAMBURGER, D. T. GOLDMAN).
- International Standards Organization [ISO]: Technical Committee 12 (A. J. THOR, V. SIMONSGAARD).
- International Union of Pure and Applied Physics [IUPAP]: Commission SUN-AMCO (L. VILLENA).
- National Bureau of Standards [NBS], Washington (D. T. GOLDMAN).
- National Institute of Metrology [NIM], Beijing (LU SHAOZENG).
- National Physical Laboratory [NPL], Teddington (O. C. JONES, R. J. BELL).
- National Research Council of Canada [NRC], Ottawa (H. PRESTON-THOMAS).
- National Research Laboratory of Metrology [NRLM], Ibaraki (K. TANAKA).

Organisation Internationale de Métrologie Légale [OIML]
(F. ROTTER).

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig
(S. GERMAN).

The personally appointed members :

M. L. MCGLASHAN, University College, London.

L. VILLENA, Madrid.

The Director of the BIPM (P. GIACOMO).

Invited guest : W. R. C. ROWLEY, rapporteur of the 7th meeting of the
Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (June 3-4, 1982).

Also in attendance : T. J. QUINN, Deputy Director of the BIPM ;
R. P. HUDSON, A. SAKUMA (BIPM).

Unable to attend : Amt für Standardisierung, Messwesen und Warenprü-
fung [ASMW], Berlin; International Union of Pure and Applied
Chemistry [IUPAC] : Commission STU.

Absent : U.S.S.R. State Committee for Standards [GOST], Moscow.

The President welcomed the participants and made the introductions.
Then he paid tribute to P. Honti, deceased March 6th, 1981, who had been
a member of the CCU from its inception.

Mr. German was appointed rapporteur, assisted by R. P. Hudson as
secretary. The proposed agenda was adopted.

1. New definition of the metre

The President stated that over the last few years opinion in the Comité
Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM) and the Comité
Consultatif des Unités (CCU) concerning the new definition for the metre
had been varied. For this reason a meeting of experts from both
committees was held on the 28th and 29th April 1981, with the aim of
reaching a consensus [Rapport du Groupe de travail *ad hoc* CCDM/CCU
au CIPM (avril 1981), CCDM, 7^e session, 1982, Annexe M 3]. It was
agreed to submit to the next Conférence Générale des Poids et Mesures
(CGPM), which is due to take place in 1983, a new definition based upon
the speed of light. Various aspects of four versions proposed for this new
definition were discussed at that meeting. It was felt that the most
important criterion for choice was clarity for the general public; continuity
of form — which would have led to a preference for a formulation invoking
wavelength — was considered to be of secondary importance. This led one
to choose the proposed N° 4, i.e., a definition based upon the transit-time
of a light signal. Further information is given in the document CCU/82-4 (a
reproduction of document CCDM/82-4) in the appendix of which the state
of the art of metre representation by means of electromagnetic waves is set
forth.

Mr. Rowley then read an English version of Recommendation M 1 (1982).

The Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

recalling its Recommendation M 2 (1979) and

considering :

1) that the present definition does not allow a sufficiently precise realization of the metre for all requirements;

2) that progress made in the stabilization of lasers allows radiations to be obtained that are more reproducible and easier to use than the standard radiation emitted by a krypton 86 lamp;

3) that progress made in the measurement of the frequency and wavelength of these radiations has resulted in concordant determinations of the speed of light whose accuracy is limited principally by the practical realization of the present definition of the metre;

4) that wavelengths determined from frequency measurements and a given value for the speed of light have a reproducibility superior to that which can be obtained by comparison with the wavelength of the standard radiation of krypton 86;

5) that there is an advantage, notably for astronomy and geodesy, in maintaining unchanged the value of the speed of light recommended in 1975 by the 15th Conférence Générale des Poids et Mesures in its Resolution 2 ($c = 299\,792\,458$ m/s);

6) that a new definition of the metre has been envisaged in various forms all of which have the effect of giving the speed of light an exact value, equal to the recommended value, and that this introduces no appreciable discontinuity into the unit of length, taking into account the indetermination of $\pm 4 \times 10^{-9}$ of the best realizations of the present definition of the metre;

7) that these various forms, making reference either to the path travelled by light in a specified time interval or to the wavelength of a radiation of measured or specified frequency, have been the object of consultations and deep discussions, have been recognized as being equivalent and that a consensus has emerged in favour of the first type;

8) that the Comité Consultatif pour la Définition du Mètre is now in a position to give instructions for the practical realization of such a definition, instructions which could include the use of the orange radiation of krypton 86 used as standard up to now, and which may in due course be extended or revised;

recommends

— that the metre be defined as follows :

« the metre is the length of the path travelled by light in vacuum in an interval of $1/299\,792\,458$ of a second »;

— that the definition of the metre in force since 1960, based upon the transition between the levels $2p_{10}$ and $5d_5$ of the atom of krypton 86, be abrogated.

A discussion ensued, the outcome of which was formal agreement on the text of Recommendation M 1. The general opinion was that the situation was correctly described in the «considerings» but that a few editorial changes should be made: suppress the word «practical» in the «considering» (3) and replace «indetermination» by «relative uncertainty» in the «considering» (6). In the definition itself, it was considered whether «electromagnetic waves» might be preferable to «light» and whether «free space» should replace «vacuum». The result of the discussion was adherence to the text of M 1 as it stood. Part of the problem was the correct translation into English. [On the question of the structure of the definition, *see* section 3c below.]

Mr. Rowley then read an English version of Recommendation M 2 (1982):

The Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,
recommends

— that the metre be realized:

• either by one of the two following methods, using for the speed of light in vacuum the value $c = 299\,792\,458$ m/s exactly which results from the definition of the metre:

a) by means of the length l of the path travelled in vacuum by a plane electromagnetic wave in a time t , this length being obtained from the relation $l = ct$,

b) by means of the wavelength in vacuum, λ , of a plane electromagnetic wave of frequency f , this wavelength being obtained from the relation $\lambda = cf$;

• or by the use of one of the radiations, given in the list below, whose stated wavelength in vacuum can be used with the uncertainty shown provided that the given specifications and accepted good practice are followed;

— and that the necessary corrections be applied to take account of actual conditions such as imperfections in the vacuum, diffraction, or differences in gravitational potential.

He explained that in this Recommendation under a) and b) the direct methods using the value of the speed of light c are listed, whereas in the penultimate paragraph the secondary standards are given. In the list of recommended radiations the numerical values of the results of some very recent measurements, which were presented at the CCDM meeting, must be carefully evaluated. A Working Group was set up for this task.

The President declared that the text of the recommendation was not yet clear enough for the CGPM since one cannot really see the difference between the methods listed in the penultimate paragraph and those listed under b).

Mr. Allisy noted that the terminology used in the list of recommended radiations does not quite conform to that advised by the *ad hoc* Working

Group on the expression of uncertainties, particularly on the use of the standard deviation.

After a detailed discussion, the following version of M 2 was unanimously accepted ⁽¹⁾.

The Comité Consultatif pour la Définition du Mètre,

recommends

— that the metre be realized by one of the following methods :

a) by means of the length l of the path travelled in vacuum by a plane electromagnetic wave in a time t , this length being obtained from the measured time t , using the relation $l = ct$ and the value of the speed of light in vacuum $c = 299\,792\,458$ m/s exactly, which results from the definition of the metre;

b) by means of the wavelength in vacuum λ of a plane electromagnetic wave of frequency f , this wavelength being obtained from the measured frequency f , using the relation $\lambda = c/f$ and the value of the speed of light in vacuum $c = 299\,792\,458$ m/s exactly, which results from the definition of the metre;

c) by means of one of the radiations from the list below, whose stated frequency, or stated wavelength in vacuum, can be used with the uncertainty shown, provided that the given specifications and accepted good practice are followed;

— and that in all cases any necessary corrections be applied to take account of actual conditions such as imperfections in the vacuum, diffraction, or gravitation.

In another connection, in the list of recommended radiations, the CCU proposed to present uncertainties in the following manner : « with an overall relative uncertainty of $\pm \dots$ [which results from an estimated relative standard deviation of \dots] ».

2. « Weight » and « mass »

The President summarized the present state of affairs on this point. At its 7th meeting in 1980, the CCU approached the problem (see *Comité Consultatif des Unités*, 7^e session, 1980, p. U 8 and document CCU/80-10) and referred it to the Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs

⁽¹⁾ *Note by the BIPM* : Later a working group of the CCDM introduced the following changes, which have been approved by correspondence :

— in paragraph *c*, interchange « frequency » and « wavelength in vacuum »;
— in the final paragraph, rearrange the last words to read « such as diffraction, gravitation or imperfections in the vacuum ».

At its 71st meeting (October 1982), the CIPM also decided to remove from the ends of paragraphs *a* and *b* the words « exactly, which results from the definition of the metre ».

apparentées (CCM). The CCM considered it at its first meeting in 1981 (*see* documents CCU/82-1 and 82-18) and suggested that the Comité International de Métrologie Légale (CIML) be consulted. It turned out that the CIML does not consider itself to be competent in the matter. In addition, in the United States of America a controversy had arisen over the use of the word « weight » (*see* documents CCU/82-2, 82-3, 82-14, 82-15) ⁽²⁾. Consequently, it had become timely to discuss the problem here afresh.

The President then recounted the historical context for the declaration of 1901 :

In the last decade of the 19th century the word « kilogram » was already widely used to designate the unit of force : forces were expressed in kilograms, pressures and stresses in kilograms per square centimetre, work in kilogram-metres, etc. Although the final decision articulated in the « Formule de sanction des prototypes », taken by the first CGPM in 1889 (*Comptes Rendus*, p. 35) stated explicitly that « Le Prototype du kilogramme... sera désormais considéré comme unité de masse », there was considerable confusion at that time as to whether the internationally-adopted unit kilogram should be considered to be the unit of mass or the unit of force (weight). The famous handbook « Praktische Physik » by F. Kohlrausch (7th edition, 1892), which had an enormous influence on experimental physics in those days, distinguished between an absolute « dynamic » system of measures with the gram as the unit of mass and a « static » system in which the gram was the unit of force.

To avoid confusion, Kohlrausch recommended the use of the expression gram-weight (« Gramm-Gewicht ») when the gram was being used as the unit of force. Then to avoid further confusion about whether the internationally-adopted prototype of the kilogram should define a unit of mass or a unit of force (or weight), the 3rd CGPM, in 1901, adopted the famous declaration (*Comptes Rendus*, p. 70; *see* also « Le Système International d'Unités (SI) », 4th edition, 1981, p. 22), which has been the subject of much discussion. It was confirmed therein that the kilogram is the unit of mass; the term weight was considered to denote a quantity of the nature of a force. This declaration of 1901 indeed put a formal end to the confusion. Nevertheless, the kilogram continued to be used — particularly in engineering circles in Europe — as a unit of force, but without legal backing. The problem will be gradually solved by general adoption of the newton. The declaration is certainly not yet superfluous, however, in view of the still widespread misuse of the kilogram as a unit of force.

So, in 1901, one was not solving a problem in terminology, and to solve that of today one should not doubt the 1901 declaration.

In the course of a lengthy discussion, it was observed that in colloquial

⁽²⁾ This controversy has been settled by an appropriate note added to the brochure « Le Système International d'Unités (SI) », 4th edition, in the English-language version published by the National Bureau of Standards (NBS SP330, 1981 Edition, p. 18).

speech the word « weight » was used primarily to mean mass and, hence, from the point of view of legal metrology, this was a problem for the European Community (Perlstain). In West Germany, the problem had been solved for the scientific and technical fields by using the words « Masse », « Gewichtskraft », and « Gewichtsstück » while use of the word « Gewicht » itself was avoided (German). The problem was not the same in different languages (Villena). The CCU had some responsibility for educating the general public in the correct use of units (Jones). Nothing could be done at the present time, but in a few years, when everybody would know the difference between force and mass, weight could be used in common language as a synonym for mass (Hambürger). Furthermore, the wording in the current version of ISO 31, being a painfully-achieved compromise, should not be lightly jeopardized (Simonsgaard).

The President stated that the majority opinion was to take no action at this stage. Mr. German pointed out that, in any event, ISO/TC 12 would be the appropriate body to examine the question, should it be broached again.

3. Miscellaneous

3a. Special names for the square metre and the cubic metre

The NBS suggests (document CCU/82-6) that discussion be reopened on whether one could introduce special names for m^2 and m^3 (see also document CCU/82-8). Mr. Goldman noted that there is a large jump from m^2 to km^2 . A further argument in favour of special names was that there exist derived units which have various powers of m in the numerator and denominator that may not be cancelled (for example, when a consumption is expressed in dm^3/km).

The President stated that, with relation to earlier discussions (*Comité Consultatif des Unités*, 4^e session, 1974, p. U 13; 6^e session, 1978, p. U 12; and 7^e session, 1980, p. U 11), there are no new points. There are numerous prefixes available. Mr. Preston-Thomas observed that the introduction of special names for certain derived units could enlarge the field of application of SI. In spite of this remark, the suggestion was rejected.

3b. Space between the numerals and the symbol °C

This question was presented by NBS (see document CCU/82-6) since different standardization groups make differing recommendations. The President pointed out that this was a question of standardization; at all events, the unit symbol for « degree Celsius » (°C) was *one* symbol. Mrs. Simonsgaard explained that the rule concerning the space between the numerical value and the symbol for the unit was clearly dealt with in the ISO standards (see International Standard ISO 31/0).

3c. Form of the definitions of the base units

Mr. Bell described the problem presented in document CCU/82-7 : that the definitions of the various base units differ somewhat in form. If X is the name of a base unit, Y the name of the corresponding quantity and Z a particular example of this quantity, then it is seen that there are four basic types of definition :

- a) « The X is the unit of Y; it is equal to the Z that... » (kilogram);
- b) « The X, unit of Y, is the Z that... » (kelvin);
- c) « The X is the Y equal to the Z that... » (metre);
- d) « The X is the Z that... » (second, ampere, mole, candela).

He also stated that many people find it difficult when definition and realization differ. On this latter point, Mr. Allisy replied that the realization is often effected in a way different from that suggested by the definition (except for the kilogram); the definition is more of a symbolic operation.

Mr. Bell thought that it was desirable to devise a uniform mode for the definitions of the SI base units, at least in the future. This policy could then be pursued each time that a definition was revised.

Of the different forms proposed, Mr. Bell preferred *a*); this is, moreover, the form used in the oldest definition of an SI base unit, the definition of the kilogram. It gives all the necessary information, is grammatically simple, and correctly characterizes the unit by an equality (rather than by an identity) with the quantity which is made manifest by the defined phenomenon.

To the extent that the CCU must, at this meeting, give its opinion on the precise formulation of a new definition for one of the SI base units, the President considered that the document presented by Mr. Bell deserved close attention. The definition of the unit of a base quantity always contains the name of the unit, X, and the name of the corresponding quantity, Y. Following the classification given above, one has the following cases :

- a) « The kilogram is the unit of mass; it is equal to the mass of... » (1901).
- b) « The kelvin, unit of thermodynamic temperature, is [the fraction 1/273.16 of] the thermodynamic temperature of ... » (1967).

Text *b*) is a simplified form of *a*). Always, when one introduces « unit of Y », it is necessary to repeat the name of the quantity Y in the text.

In the definitions of the five other base units one has suppressed the apposition « unit of Y », which leads to a simpler definition, a repetition of the name of the quantity Y being no longer necessary :

- c) « The metre is the length equal to... » (1960).
- d) « The ampere is the [constant] current intensity which... » (1948).

«The second is the duration of...» (1967).

«The mole is the amount of substance of a...» (1971).

«The candela is the luminous intensity... of a...» (1979).

The text of type *d*), which appeared the most simple and direct, had been adopted, deliberately, since 1945. In the exceptional case of the kelvin it was considered necessary to state explicitly that the kelvin was a unit like all other units and not a degree on a scale.

The new definition of the metre had therefore been drawn up in accordance with the principle *d*):

«The metre is the length of the...» (proposition 1983).

The CCU approved this conclusion.

3d. Ω_0 for the steradian in certain formulae

Mr. Terrien explained his letter to the CCU (document CCU/82-5): since the steradian is considered by the CIPM as a dimensionless derived unit, the factor Ω_0 representing the solid angle of 1 steradian is no longer necessary to assure the dimensional homogeneity of certain equations (for example in Planck's law). This is of consequence for the 4th edition of the International Lighting Vocabulary currently in preparation under the auspices of the International Commission on Illumination and of the International Electrotechnical Commission.

3e. Proposal for an improvement of the SI

In the document CCU/82-9, attention was drawn to the fact that, besides the number 1, the radian, and the steradian, there exist several other dimensionless derived units which ought to be taken into consideration in the SI. In the course of discussion of this document, certain questions of meaning remained unanswered.

It was noted also that the discussion within ISO/TC 12 on a symbol for the number 1, considered as a unit, had not resulted in any firm conclusion. Moreover, there is no use in re-opening discussion on the bel and related problems, which have already received lengthy consideration within the CCU.

3f. Special name « dalton »

The International Union of Biochemistry had asked that the special name « dalton » and the symbol Da be introduced for the atomic mass unit *u* (see document CCU/82-10).

The President explained that the atomic mass unit had been introduced by IUPAP and IUPAC in 1967/68. It was a compromise within the framework of a unified scale and at that time *u* was considered to be a

reasonable symbol. There were two reasons for not introducing the special name « dalton » :

1. One must avoid, as far as possible, introducing new names.
2. The dalton would not be a coherent SI unit.

For these reasons, the proposal was rejected.

3g. Remarks on the subject of the sievert

The President turned to document CCU/82-16. This was characteristic of the confusion between quantity and unit, due in part to misunderstanding. A good deal of clarifying still needs to be done.

In the SI, the general rule is that the units of quantities which have the same dimension all have the same name. Different physical situations are expressed by means of quantities, not the names of units.

Examples : 1. The inner diameter d_i of a tube is measured in metres, as is its outer diameter d_o .

2. If two towns are connected by road and by rail, besides the distance d between them (the shortest, i.e., « as the crow flies ») there are also the distance d_r along the railway line and the distance d_f along the road. All these lengths are measured in metres; it is not necessary to introduce the « rail-metre » and the « road-metre » as units. The different physical situations are expressed by the definitions of the quantities d , d_r and d_f .

Hence, in the SI one can generally infer the unit from the quantity but not the other way round.

The two quantities absorbed dose and dose equivalent have the same dimension. Since the two denotations are occasionally both abbreviated to « dose » alone, mistakes are possible. Here, therefore, one has deliberately made an exception to the rule and given to the joule per kilogram the special name gray where absorbed dose is concerned and the special name sievert in the case of dose equivalent. Thus, in these special cases, one can infer the quantity from the unit, as they do merit additional safety measures. The different physical situations, described here by dimensionless numerical factors (e.g., for different radiations such as gamma or neutron radiation), correspond to the physical quantities, not to the names of the units.

In the course of the discussion, Mr. Giacomo mentioned the letter which he had sent on October 30, 1981, to L. F. Sokol (U.S. Metric Association), on the subject of the gray and the sievert⁽³⁾. The CCU

⁽³⁾ The quotation from this letter which appears in the article by L. Ruby published in *Nuclear News*, May 1982, (CCU/82-16) is unfortunately incomplete. The exact text is: « If care is not taken to specify the quantity, the measure of which is given (for instance, if it is said « the patient has received 100 J/kg »), misunderstandings leading to dangerous consequences may happen. »

approved this response as well as the clear and correct presentation of this question in the «translator's note» which appears in the English translation of the SI brochure («The International System of Units», HMSO, 1982, p. 48 or NBS Special Publication 330, 1981 Edition, p. 37) :

« It should be noted that the quantity dose equivalent, H , is the product of the absorbed dose, D , of ionizing radiation and the dimensionless factors Q (quality factor) and N (product of any other multiplying factors) stipulated by the International Commission on Radiological Protection. Thus, for a given irradiation, the numerical value in joules per kilogram of these two quantities D and H may differ depending on the values of Q and N . To avoid any risk of confusion, the special names for the respective units should be used, i.e., D should be expressed in grays, and H should be expressed in sieverts. »

Mr. Giacomo and Mr. Goldman proposed to send to the editor of *Nuclear News* a reply to the article by L. Ruby; this proposal was approved (see *Nuclear News*, September 1982, p. 22).

It was recommended that the BIPM write to the ICRU, explaining the matter and asking that Mr. Ruby be given an answer from that body, too. The European Economic Community should also be informed.

3h. Names for the powers of ten

The document CCU/82-19 suggests new names for large numbers such as 10^9 , 10^{12} , 10^{15} , etc., since the correct system is neither unambiguous nor logical. The discussion showed that the problem was dealt with at the 9th CGPM (*Comptes Rendus 9^e CGPM*, 1948, p. 71, reproduced in CCU/82-20). There are two systems presently in existence :

$$\begin{array}{l}
 1. \text{ (n - 1) rule : } \\
 \left\{ \begin{array}{l}
 10^6 = \text{million} \\
 10^9 = \text{billion (or milliard)} \\
 10^{12} = \text{trillion} \\
 \dots \\
 10^{3n} = \text{(n - 1)illion}
 \end{array} \right. \\
 \\
 2. \text{ N rule : } \\
 \left\{ \begin{array}{l}
 10^6 = \text{million} \\
 10^{12} = \text{billion} \\
 10^{18} = \text{trillion} \\
 \dots \\
 10^{6N} = \text{(N)illion}
 \end{array} \right.
 \end{array}$$

In both systems, a milliard is 10^9 . In 1948, the CIPM unanimously decided to recommend the second system (N rule) to the European countries and the CGPM approved this proposition. The BIPM will reply to the editor of the journal so that this information may be published.

The CCU sees no necessity to re-open the subject. It is also of the

opinion that the question lies more within the province of standardizing bodies.

3i. Symbols for SI prefixes

Mr. Thor presented a letter from the Canadian Standards Association to ISO/TC 12 (*see* document CCU/82-21) in which it was suggested that, in the future, all symbols of prefixes for decimal multiples be written with a capital letter (D for da, H for h and K for k). This problem has been dismissed time and time again in the past — within ISO/TC 12, too — and it is too late to change anything in the present system.

*
* * *

Mr. Terrien expressed his great satisfaction to see that the CCDM and the CCU had finally reached an agreement in principle on the form of the new definition of the metre. The President took pleasure in associating himself with the remarks of Mr. Terrien and closed the meeting with an expression of thanks to the Director and the personnel of the BIPM.

August 1982, revised December 1982

APPENDIX U 1

Working documents submitted to the CCU at its 8th meeting

Twenty-one documents (CCU/81-1 to 81-21) for the discussion on a new definition of the metre had been sent to CCU members in 1981. These documents, common to the Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM) and the CCU, are not listed here (*see* the list in *CCDM*, 7th meeting, 1982, Appendix M 1).

The following list covers only the documents examined at the meeting.

Copies of all these documents, in their original language, whether published or not, may be obtained from the BIPM on request.

Document CCU/

- 82-1 Extracts from the Report of the 1st meeting (June 1981) of the Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (CCM) to the CIPM : Point 1.5 « Terminologie : Masse et poids ».
- 82-2 NBS and metrication. Letters in *Physics Today*, December 1980, pp. 66-71.
Controversy over the use of the term « weight » in the U.S.A.
- 82-3 Extract from *Procès-Verbaux du CIPM*, **49**, 1981, pp. 6-7.
Examination by the CIPM of the provisional report of the 1st meeting (June 1981) of the CCM.
- 82-4 * BIPM. — Sur une nouvelle définition du mètre.
Drafts of two recommendations for the CCDM (*see* also CCU/82-11 and 82-12).
- 82-5 Note from J. Terrien on the preparation of the 4th edition of the « International Lighting Vocabulary » (French-English text, 3 pages).
Information on some novelties which might interest the CCU and on which its opinion is solicited.

* English (E) version also available.

Document
CCU/

- 82-6 NBS (U.S.A.). — Letter (March 31, 1982) from D. T. Goldman (3 pages) : the way to write the symbol for the degree Celsius and special names (« quadrare » and « cubus ») for the units square metre and cubic metre.
- 82-7 NPL (United Kingdom). — Letter (April 26, 1982) from R. J. Bell on the definition of the SI base units (2 pages).
- 82-8 Special names for the square metre and the cubic metre.
Compte rendu de la 6^e session du CCU, mai 1978, p. U 12 and document CCU/78-10.
- 82-9 Japan. — Proposition for an improvement of SI, by T. Masui (7 pages).
Proposition for a classification of the SI units in : base units, dimensionless derived units and derived units with dimensions. Number 1, radian and steradian, bel, lumen per watt, sievert per gray, « °C ».
- 82-10 IUB. — Letter (July 5, 1981) from the General Secretary of the International Union of Biochemistry, asking that the special name « dalton » be adopted for the atomic mass unit. Declaration of the Nomenclature Committees of the IUB and of the IUPAC in favour of this request.
- 82-11* CCDM. — Sur une nouvelle définition du mètre.
Recommandation M 1 (1982) adopted by the CCDM in June 1982.
- 82-12* CCDM. — Mise en pratique de la définition du mètre.
Recommandation M 2 (1982) adopted by the CCDM in June 1982.
- 82-13* CCDM. — Travaux sur les lasers au BIPM.
Recommandation M 3 (1982) adopted by the CCDM in June 1982.
- 82-14 Resolution (January 26, 1982) for the Council of the American Association of Physics Teachers (1 page).
Resolution ending the disagreement between the AAPT and the NBS concerning the use of the terms « mass » and « weight ».
- 82-15 AAPT removes its censure of NBS on metric system. *Physics Today*, May 1982, p. 80.
- 82-16 The need for a redefinition of the sievert, by Lawrence Ruby. *Nuclear News (USA)*, May 1982, pp. 74-76.
- 82-17 Extract from « The International System of Units (SI) », NBS Special Publ. 330, 1981 Edition, p. 18 : « Mass and weight ».

Document

CCU/

- 82-18* CCM. — Déclaration sur les termes masse et poids adoptée par le Comité Consultatif pour la Masse et les grandeurs apparentées (1^{re} session, 1981) : texte amendé.
- 82-19 Nomenclature for large numbers, by S. A. Ahmed. *Physics Bulletin* (GB), **32**, 1981.
- 82-20 Extract from *Comptes rendus des séances de la 9^e CGPM*, 1948, p. 71 : systèmes de numération (billion, trillion, ...).
- 82-21 Canadian Standards Association. — SI prefix symbols.
Use of capital and lower-case letters.
-

TABLE DES MATIÈRES

COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS 8^e Session (1982)

	Pages
Notice historique sur les organes de la Convention du Mètre	V
Liste des membres	VII
Ordre du jour	X
Rapport au Comité International des Poids et Mesures, par S. German	U 1
Ouverture de la session	1
Nouvelle définition du mètre (Étude des Recommandations M 1 et M 2 (1982) du CCDM; approbation après modifications rédactionnelles)	2
Poids et masse (Confusion dans le langage courant; nécessité de la déclaration de 1901 de la CGPM; la terminologie relève de l'ISO)	6
Questions diverses :	
— Noms spéciaux pour mètre carré et mètre cube (Suggestion non retenue)	7
— Espace entre les chiffres et le symbole « °C » (Rappel de la norme de l'ISO)	8
— Structure des définitions des unités de base (Adoption souhaitable d'une formulation homogène)	8
— Ω_0 pour le stéradian dans certaines formules (Le facteur Ω_0 n'est plus nécessaire)	9
— Proposition pour une amélioration du SI (Statut de certaines unités dérivées sans dimension; proposition non retenue)	10
— Nom spécial « dalton » (Demande de l'Union Internationale de Biochimie; non retenue)	10
— Remarques au sujet du sievert (Confusion entre grandeur et unité)	10
— Noms pour les puissances de 10 (Rappel de la « règle N » approuvée en 1948)	12
— Symboles des préfixes SI (La proposition, déjà ancienne, d'écrire D, H, K au lieu de da, h, k n'est pas retenue)	12
Annexe	
U 1. Documents de travail présentés à la 8 ^e session du CCU	14
Notice for the reader of the English version. Avertissement au lecteur de la version anglaise	19
Historical note	21
Agenda	24

Report to the Comité International des Poids et Mesures, by S. German	25
Opening of the meeting	25
New definition of the metre (Study of Recommendations M 1 and M 2 (1982) of the CCDM; approval after editorial changes)	26
Weight and mass (Confusion in everyday expression; necessity of the 1901 declaration of the CGPM; terminology a matter for the ISO)	29
Miscellaneous :	
— Special names for the square metre and the cubic metre (Suggestion not accepted)	31
— Space between the numerals and the symbol « °C » (The ISO standard recalled)	31
— Form of the definitions of the base units (Desirability of a standard form)	32
— Ω_0 for the steradian in certain formulae (The factor Ω_0 is no longer necessary)	33
— Proposal for an improvement of the SI (Status of certain dimensionless derived units; proposal not accepted)	33
— Special name « dalton » (Request of the International Union of Biochemistry; not accepted)	33
— Remarks on the subject of the sievert (Confusion between quantity and unit)	34
— Names for the powers of ten (Approval of the « N rule » in 1948 recalled)	35
— Symbols for SI prefixes (The proposal, already ancient, to write D, H, K instead of da, h, k not accepted)	36
Appendix	
U 1. Working documents submitted to the CCU at its 8th meeting	37

IMPRIMERIE DURAND
28600 LUISANT (FRANCE)

Dépôt légal : Imprimeur, 1983, n° 4407
ISBN 92-822-2078-8

ACHEVÉ D'IMPRIMER : MARS 1983

Imprimé en France