

COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS

SESSION DE 1978

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

COMITÉ CONSULTATIF

DES UNITÉS

6^e SESSION — 1978

(17-19 mai)



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET 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 au moins une fois tous les six ans. Elle reçoit à chacune de ses sessions le Rapport du Comité International sur les travaux accomplis, et a pour mission :

- de discuter et de provoquer les mesures nécessaires pour assurer la propagation et le perfectionnement du Système International d'Unités (SI), forme moderne du Système Métrique;
- de sanctionner les résultats des nouvelles déterminations métrologiques fondamentales et 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 au moins une fois tous les deux ans. Le bureau de ce Comité adresse aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre un *Rapport Annuel* sur la situation administrative et financière du Bureau International.

Limitées à l'origine aux mesures de longueur et de masse et aux études métrologiques en relation avec ces grandeurs, les activités du Bureau International ont été étendues aux étalons de mesure électriques (1927), photométriques (1937) et des 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 du Bureau International pour l'année 1978 est de l'ordre de 6 000 000 de francs-or, soit environ 2 400 000 dollars U.S.

(1) Au 31 décembre 1978, quarante-cinq 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), 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, Turquie, U.R.S.S., 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 d'un délégué 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 sept :

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* (CEMRI), 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.

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

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

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

Vice-Président
P. HONTI

Président
J. V. DUNWORTH

LISTE DES MEMBRES

DU

COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS

Président

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

Membres

COMITÉ D'ÉTAT DES NORMES DU CONSEIL DES MINISTRES DE L'U.R.S.S.,
Moscou.

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

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE [CIE].

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES [NRC], *Ottawa.*

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], *Tokyo.*

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.

P. HONTI, *Budapest*.

L. VILLENA, *Madrid*.

Le directeur du BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES
[BIPM], *Sèvres*.

O R D R E D U J O U R
de la 6^e Session

1. Révision de la 3^e édition (1977) de la brochure du BIPM sur le SI ; examen de diverses propositions.
 2. Symbole du litre.
 3. Puissances de 10.
 4. Changement éventuel de la définition du mètre.
 5. Unités photométriques ; examen des Recommandations P 1, P 3 et P 4 (1977) du Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie.
 6. Nom de l'unité de la grandeur "équivalent de dose".
 7. Propositions et informations diverses.
-

RAPPORT

DU

COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS

(6^e Session — 1978)

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

par H. JENSEN, Rapporteur
assisté de H. MOREAU

Le Comité Consultatif des Unités (CCU) s'est réuni au Bureau International des Poids et Mesures, à Sèvres, pour sa 6^e session ; il a tenu cinq séances les 17, 18 et 19 mai 1978.

Etaient présents :

J. de BOER, Secrétaire du CIPM, président du CCU.

Les délégués des laboratoires et organismes membres :

Commission Electrotechnique Internationale [CEI] :

Comité d'Etudes N° 25 (O. BAGER, Ch. H. PAGE).

Commission Internationale de l'Eclairage [CIE] :

Comité Technique 1.1 (J. TERRIEN).

International Commission on Radiation Units and Measurements [ICRU] (A. ALLISY).

National Bureau of Standards [NBS], Washington
(D.T. GOLDMAN).

National Physical Laboratory [NPL], Teddington
(A. HORSFIELD).

National Research Laboratory of Metrology [NRLM],
Tokyo (K. MITSUI).

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

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

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

Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée
[UICPA] : Commission STU (D.R. LIDE, Jr.).

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

Les membres nominativement désignés :

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

L. VILLENA, Instituto Nacional de Racionalizacion y
Normalizacion, Madrid.

Le directeur du BIPM (P. GIACOMO).

Invités : E.G. RUDBERG, Membre de l'Académie Royale
des Sciences, Stockholm ; M.L. McGLASHAN, University
College, London.

Assistaient aussi à la session : T.J. QUINN, sous-
directeur du BIPM et H. MOREAU (BIPM).

Excusés : Comité d'Etat des Normes du Conseil des
Ministres de l'U.R.S.S., Moscou ; Conseil National
de Recherches, Ottawa.

Le *Président* souhaite la bienvenue à tous les membres
et souligne la présence du nouveau directeur du BIPM, P.
Giacomo, et celle du directeur honoraire du BIPM, J. Terrien
qui représente aussi la CIE à ce Comité Consultatif.

Mr Jensen est désigné comme rapporteur et Mr Moreau
comme secrétaire.

1.- RÉVISION DE LA 3^e ÉDITION (1977)
DE LA BROCHURE DU BIPM SUR LE SI
(voir aussi le point 6)

Avant d'aborder ce point de l'Ordre du jour, le *Président* demande que pour les noms des grandeurs dans les éditions en langues française et anglaise de la brochure du BIPM on suive, en règle générale, les recommandations du Comité ISO/TC 12 qui travaille du reste en liaison avec le Comité d'Etudes N° 25 de la CEI.

1.a). Interprétation du mot "temporaire". - Ce mot figure p. 15 (§ IV.2) et dans le tableau 10 de la brochure du BIPM ; son interprétation a été discutée par le CIPM à sa session de septembre 1977 (Document CCU/78-6).

Après un échange de vues général, le CCU approuve le texte modifié suivant :

IV.2. Unités maintenues temporairement

En raison de la force des usages existants dans certains pays et dans certains domaines, le CIPM (1978) a jugé acceptable que les unités contenues dans le tableau 10 continuent à être utilisées, conjointement avec les unités SI, jusqu'à ce qu'il estime que leur emploi n'est plus nécessaire.

Pendant, ces unités ne doivent pas être introduites là où elles n'ont pas été utilisées jusqu'ici.

TABLEAU 10

*Unités maintenues temporairement
avec le Système International*

.....

1.b). Unité barn. - Dans sa "Directive du 27 juillet 1976", le Conseil des Communautés Européennes (CEE) a prescrit une date limite (31 janvier 1979) pour l'abandon de cette unité ; cette décision a été discutée par le CIPM en septembre 1977 (Document CCU/78-6) et a donné lieu à l'envoi d'une lettre à la CEE (CCU/78-12).

Plusieurs organisations internationales et organismes nationaux insistent pour le maintien de ce nom spécial d'unité ; l'emploi du mètre carré, avec ou sans préfixes,

n'est pas commode et risquerait d'entraîner des confusions (CCU/78-13).

Après avoir envisagé la possibilité de transférer le barn du tableau 10 au tableau 8 si on ne peut fixer un délai pour son abandon, ou de le supprimer purement et simplement de la brochure, le CCU décide finalement de maintenir cette unité dans le tableau 10 et de supprimer l'indication " $= 100 \text{ fm}^2$ " dans la colonne "Valeur en unité SI".

1.c). "Power density".- L'ISO/TC 12 avait été chargée en 1976 (CCU, 5^e session, p. U 4, point 4) d'une mission d'information sur le terme anglais "power density" qui est très employé dans le domaine technique pour la grandeur correspondant au terme français "puissance surfacique". Mr Bager signale que la CEI emploie le terme "power flux density".

Le *Président* indique que le TC 12 prépare actuellement des recommandations pour l'usage de certains termes généraux, entre autres le mot "density" ("densité"), dans les noms des grandeurs. Si le mot "density" est utilisé, il devrait de préférence se rapporter à une grandeur volumique.

Le CCU décide de ne pas recommander l'usage du terme "power density" qui, en conséquence, ne devrait plus apparaître dans les traductions anglaises officielles de la brochure du BIPM.

Mr Allisy fait remarquer que dans le tableau 4 de la brochure, la quatrième grandeur devrait être "flux thermique surfacique" au lieu de "densité de flux thermique". Cette pratique de l'emploi d'adjectifs tels que "surfacique", "massique", "linéique", etc. devrait, dans toute la mesure du possible, être étendue à la langue anglaise. Mr Terrien cite à ce sujet un document en anglais de l'UICPA (janvier 1978) où "lineic", "massic" sont utilisés.

Le CCU donne l'autorisation de faire les changements nécessaires dans la brochure sur le SI et recommande au TC 12 de bien contrôler la correspondance des termes français et anglais dans ses publications.

1.d). Grade (gon). - Le CCU confirme sa décision de 1976 (CCU, 5^e session, p. U 5, point 9) de ne pas inclure cette unité d'angle dans le tableau 8 de la brochure sur le SI.

1.e). Examen de diverses propositions

Propositions de E. Djakov, membre du CIPM (Documents CCU/78-2 et 3)

Dioptrie. - La demande d'inclure cette unité dans le tableau 3 n'est pas retenue. La dioptrie, nom spécial pour le mètre à la puissance moins un (m^{-1}), n'a pas été jugée d'un usage assez général pour justifier cette inclusion.

Tesla-mètre. - L'inclusion dans le tableau 4 de cette unité pour la grandeur "potentiel vecteur magnétique" n'est pas non plus retenue. Mr *Bager* fait remarquer que ce tableau donne seulement quelques exemples d'unités ; il n'est pas par ailleurs d'accord sur le fait que l'usage exclusif du tesla-mètre soit préférable au weber par mètre.

Bar. - La demande de transfert de cette unité du tableau 10 au tableau 8 n'est pas retenue. La modification apportée au texte du paragraphe IV.2 (voir plus haut le point 1.a) justifie cette décision.

Unités de grandeurs logarithmiques (décibel, phone, etc.). - Le CCU n'estime pas nécessaire d'ajouter un texte concernant ces unités après le tableau 9.

Atmosphère normale. - Le CCU décide de transférer cette "unité" du tableau 10 au tableau 12 (Autres unités généralement déconseillées), en complétant la note comme suit :

"La désignation "atmosphère normale" reste admise pour la pression de référence 101 325 Pa".

Tex. - Cette unité spéciale de masse linéique ($1 \text{ tex} = 10^{-6} \text{ kg/m} = 1 \text{ g/km}$) n'est utilisée que dans l'industrie textile, et non dans le domaine scientifique. En raison de son emploi limité, son inclusion dans la brochure sur le SI ne s'impose pas.

Proposition de Ch. H. Page (Documents CCU/78-4 et 5)

Cette proposition concerne la dimension des unités SI supplémentaires (radian et stéradian) et la modification du

premier alinéa du paragraphe II.3 de la brochure.

Le *Président* n'est pas personnellement d'accord sur cette proposition et il a rédigé une réponse (CCU/78-19) que Mr *Rudberg* considère comme intéressante pour la philosophie du SI.

Mr *Terrien* rappelle l'utilité du radian et du stéradian en photométrie, unités que certains ont demandé de classer dans la catégorie des unités de base. Les noms spéciaux donnés à certaines unités SI proviennent de l'importance de la dimension "angle solide" en photométrie.

Le *Président* ne désire pas ouvrir maintenant une discussion complète sur cette question qui demande réflexion ; il propose en conséquence de reporter la discussion à la prochaine session du CCU.

Résolution N° 28 (1976) de l'ISO/TC 28 (Document CCU/78-8)

Cette résolution, transmise par le TC 12, demande que le "centipoise" et le "centistokes" soient officiellement reconnus comme des noms spéciaux pour les sous-multiples des unités SI "pascal-seconde" et "mètre carré par seconde".

Après une discussion au cours de laquelle on fit remarquer que l'industrie pétrolière a pu surestimer les difficultés pour le passage aux unités SI, le CCU a confirmé de nouveau sa position antérieure selon laquelle les unités CGS, telles que le "centipoise" et le "centistokes", ne devraient pas être employées conjointement avec les unités SI. Le CCU ne prend aucune autre décision à ce sujet.

Proposition du NBS (Document CCU/78-11)

Considérant la nécessité de limiter les demandes d'incorporation de nouvelles unités dans les tableaux 3, 8 et 10 de la brochure sur le SI afin de conserver la simplicité et la cohérence du SI, le CCU adopte les règles suivantes :

1° Pour être incorporée dans le tableau 3 ou le tableau 8, une unité doit être reconnue comme utile dans plusieurs domaines différents.

2° Excepté de rares cas non encore prévus, aucune nouvelle unité ne doit être ajoutée dans le tableau 10. Au contraire, il faut supprimer des unités du tableau 10 lorsque leur emploi dans les domaines spéciaux qui ont motivé leur incorporation dans le tableau 10 a suffisamment diminué pour rendre cette suppression possible.

Le CCU laisse aux organisations spécialisées, telles que l'ISO/TC 12, la décision quant à l'incorporation dans leurs documents de certaines unités considérées comme étant d'une utilité suffisante dans des domaines particuliers.

1.f). A l'occasion de la discussion du point 5.a et en relation avec le document CCU/77-3 concernant la prolifération des demandes de noms spéciaux pour des unités SI, le CCU décide que dans la prochaine édition de la brochure sur le SI on ajoutera, à la fin du paragraphe I.2 (p. 6) et au paragraphe II.2.1, après le tableau 4 (p. 11), des explications complémentaires soulignant que si chaque grandeur physique a une seule unité SI, l'inverse n'est toutefois pas vrai. Une unité SI peut correspondre à plusieurs grandeurs ; par exemple, l'unité C/kg s'applique à l'exposition et à la charge massique, l'unité J/K à l'entropie et à la capacité thermique, l'unité m^2/s à la viscosité cinématique et au coefficient de diffusion, etc. En conséquence, le nom de l'unité ne suffit pas pour faire connaître la grandeur considérée ; en particulier, les appareils de mesure devraient porter non seulement l'indication de l'unité de la grandeur mesurée, mais aussi l'indication de la grandeur elle-même.

2.- SYMBOLE DU LITRE

Le *Président* rappelle la proposition que le CCU a faite en 1976 (CCU, 5^e session, p. U 5) en faveur de l'adoption de la lettre "L" pour le symbole du litre, et la décision du CIPM (*Procès-Verbaux CIPM*, 44, 1976, pp. 6-7) de conserver la lettre "l" minuscule avec la possibilité d'utiliser l'abréviation "ltr.", ou le mot "litre" en toutes lettres, lorsqu'il existe un risque de confusion avec le chiffre 1.

Après un échange de vues général au cours duquel MM. *Honti*, *German* et *Rotter* se prononcent pour le maintien du symbole "l" adopté par tous les pays métriques depuis un siècle, et devant la situation créée par quelques pays où la réforme métrique est en cours et qui ont adopté le symbole L, le *Président* suggère de maintenir "l" comme

symbole principal et d'avoir la possibilité d'employer "L" comme second symbole principal ou comme symbole de réserve.

Bien que cette suggestion ne reçoive pas l'assentiment général (Mr *McGlashan* estimant que c'est ouvrir la porte à d'autres abus et Mme *Simonsgaard* se déclarant en faveur d'un symbole unique), et considérant d'autre part que le litre n'est pas une unité SI et que les symboles d'unités ne sont pas immuables, le *Président* soumet finalement au CCU les conclusions suivantes :

- le CCU maintient sa proposition de juin 1976 en faveur de "L" ;
- le CCU demande au CIPM de reconsidérer sa décision de septembre 1976 et, compte tenu des risques de confusion entre la lettre "l" et le chiffre 1 et l'adoption de "L" par certains Etats membres de la Convention du Mètre, d'examiner de nouveau la possibilité d'un changement du symbole du litre ;
- le CCU demande au CIPM d'exposer à la 16^e Conférence Générale des Poids et Mesures en 1979 les arguments qui militent actuellement en faveur d'un changement : soit l'adoption de "L" en remplacement de "l", soit le maintien de "l" comme symbole principal et l'adoption de "L" comme second symbole principal ou comme symbole de réserve.

3.- PUISSANCES DE 10

A la suite de l'examen de cette question en 1976 (CCU, 5^e session, p. U 8), l'ISO/TC 12 avait été chargée de faire une enquête auprès des organisations intéressées sur la manière satisfaisante d'exprimer les puissances de 10.

Mr *Jensen* indique qu'un document a été préparé par Mr *Bager* et qu'un questionnaire sera envoyé prochainement à diverses organisations.

4.- CHANGEMENT ÉVENTUEL DE LA DÉFINITION DU MÈTRE

Le *Président* rappelle qu'en 1974 le CCU avait exprimé sa préférence, dans l'éventualité d'un changement de la définition de l'unité de longueur, pour une forme rédactionnelle faisant apparaître les valeurs conventionnelles de la fréquence de l'atome de césium 133 et de la vitesse de la lumière (CCU, 4^e session, p. U 11).

Une enquête effectuée récemment auprès des membres du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM)

(Document CCU/78-17) montre que la question d'un changement de la définition du mètre est considérée comme prématurée par plusieurs laboratoires nationaux ; aucune proposition de changement n'est envisagée pour être soumise à la 16^e Conférence Générale des Poids et Mesures en 1979.

Le CCU prend acte de cette situation et attendra les propositions du CCDM pour se prononcer sur la forme rédactionnelle finale de la future définition du mètre.

5.- UNITÉS PHOTOMÉTRIQUES ET DES GRANDEURS COMPORTANT UN FACTEUR BIOLOGIQUE

A la demande du CIPM, le CCU examine les Recommandations P 1, P 3 et P 4 (1977) adoptées par le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie (CCPR) à sa 9^e session, septembre 1977 (Document CCU/77-4).

a) Recommandation P 1 (1977) : *Sur les noms des unités comportant un facteur biologique*

Mr Terrien résume le rapport (Document CCU/77-1) qu'il a préparé à la demande du CCU en 1976. Il conclut en proposant que le watt soit utilisé pour l'unité de toutes les grandeurs comportant un facteur biologique, celles-ci étant définies à partir de leur répartition spectrale d'énergie après pondération par des fonctions d'efficacité analogues à $V(\lambda)$.

Le CCU approuve les conclusions de ce rapport ainsi que la Recommandation P 1 (1977).

b) Recommandations P 3 et P 4 (1977) : *Définition du lumen ou de la candela*

Mr Terrien indique que la majorité des membres du CCPR s'est prononcée en faveur de l'adoption du lumen comme unité SI de base en remplacement de la candela, le lumen étant alors défini en fonction du watt (Recommandation P 3). Au CIPM (septembre 1977), une préférence marquée a été donnée à la Recommandation P 4 (maintien de la candela comme unité SI de base avec une définition en fonction du watt).

Mr German note qu'avant toute décision en faveur d'un changement de définition de la candela à partir de mesures

radiométriques au lieu de mesures photométriques, il est nécessaire de s'assurer qu'un tel changement de définition n'entraînera pas une détérioration dans l'incertitude des mesures.

Après discussion au cours de laquelle on a fait remarquer qu'il est souhaitable de ne pas modifier trop fréquemment le SI en changeant ses unités de base, et que la suppression de l'unité photométrique parmi les unités SI de base apparaît actuellement prématurée, le CCU se déclare finalement en faveur de la Recommandation P 4 (1977).

6.- NOM DE L'UNITÉ DE LA GRANDEUR "ÉQUIVALENT DE DOSE"

Mr *Allisy* présente le rapport conjoint de l'International Commission on Radiation Units and Measurements (ICRU) et de l'International Commission on Radiological Protection (ICRP) sur cette question (Document CCU/77-5).

Il rappelle les anciennes unités utilisées dans le domaine des rayonnements : röntgen pour l'exposition, rad pour la dose absorbée, curie pour l'activité et rem pour l'équivalent de dose ; ces unités incohérentes ont été remplacées, pour les trois premières, par les unités SI coulomb par kilogramme, gray et becquerel.

Le cas de l'équivalent de dose (dose absorbée pondérée) était resté jusqu'ici à l'étude. Après avoir considéré les différentes possibilités qui s'offraient, l'ICRU et l'ICRP ont recommandé de conserver le concept et le nom de cette grandeur et de donner un nom spécial à son unité SI, en remplacement du rem.

Les spécialistes dans le domaine de la protection contre les rayonnements utilisent déjà couramment le "sievert" pour l'unité SI joule par kilogramme. Il est donc difficile d'envisager de prohiber l'emploi de ce nom spécial. Par ailleurs, des pays hésitent à adopter les unités SI gray et coulomb par kilogramme si le "sievert" n'est pas officiellement reconnu.

Le CCU a longuement discuté le rapport de l'ICRU/ICRP. Il a apprécié l'effort fait pour introduire les unités SI dans le domaine des rayonnements ionisants.

L'équivalent de dose et la dose absorbée sont deux grandeurs physiques de même dimension et peuvent par conséquent être exprimées avec la même unité ; pour éviter des confusions, il est indispensable d'indiquer toujours le nom ou le symbole de la grandeur physique en cause.

L'unité SI, le joule par kilogramme, possède déjà un nom spécial (gray) dont l'utilisation est restreinte aux rayonnements ionisants.

Le CCU estime que la prolifération des noms spéciaux représente un danger réel pour le Système International d'Unités et a décidé qu'il faut restreindre, dans toute la mesure du possible, l'adoption de nouveaux noms spéciaux pour les unités SI. Néanmoins, le CCU a noté que dans le domaine restreint de la radioprotection, le nom spécial "sievert" (symbole Sv) est utilisé pour l'unité SI, joule par kilogramme, lorsqu'elle exprime un équivalent de dose ou un indice d'équivalent de dose. En raison des risques que peuvent encourir des êtres humains soumis à des irradiations sous-estimées, le CCU considère qu'il est préférable d'accepter cet usage.

Le CCU décide finalement de recommander au CIPM l'adoption du nom spécial "sievert"* (symbole Sv) pour l'unité SI joule par kilogramme dans le domaine de la radioprotection (*Recommandation U 1 (1978)*, p. U 15).

Le CCU décide en outre que dans la brochure sur le SI cette unité, ainsi que les unités becquerel et gray actuellement classées dans le tableau 3, seront classées à part, sous un titre spécial, dans un nouveau tableau à la suite du tableau 3. Ces deux tableaux se présenteront ainsi :

TABLEAU 3

(sans changement, sauf suppression des dernières lignes concernant les grandeurs "activité", "dose absorbée", etc. et leurs unités).

* Nom du physicien suédois Rolf Sievert (1896-1966), pionnier dans le domaine des rayonnements ionisants en médecine et de la protection contre les rayonnements.

TABLEAU 3 bis

*Unités SI dérivées ayant des noms spéciaux
admis pour la sauvegarde de la santé humaine*

Grandeur	Unité SI			
	Nom	Symbole	Expression en d'autres unités SI	Expression en unités SI de base
activité (d'un radionucléide)	becquerel	Bq		s^{-1}
dose absorbée, énergie communiquée massique, kerma, indice de dose absorbée	gray	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
équivalent de dose, indice d'équivalent de dose	sievert	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$

7.- PROPOSITIONS ET INFORMATIONS DIVERSES

a). Noms spéciaux pour mètre carré et mètre cube.- Le NBS (Documents CCU/78-9 et 10) propose que l'on donne des noms spéciaux aux unités SI de superficie et de volume. Le CCU avait déjà discuté de cette question en 1974 (CCU, 4^e session, p. U 13).

Après avoir considéré la possibilité d'adopter les noms "quadrus" (symbole qu) pour le mètre carré et "cubus" (symbole cub) pour le mètre cube - ce qui permettrait d'utiliser les préfixes suivant leur signification habituelle, alors qu'avec les noms actuels les exposants 2 et 3 s'appliquent à l'ensemble constitué par l'unité et son préfixe -, le CCU a entendu les opinions pour et contre cette proposition.

Compte tenu de la position qu'il a prise jusqu'ici contre l'adoption de nouveaux noms spéciaux pour des unités SI, le CCU ne s'est pas montré très favorable à un changement et il a estimé préférable de ne pas prendre de décision sur cette question.

b). Proposition de l'U.R.S.S. sur l'emploi du SI.- L'U.R.S.S. a soumis un projet de recommandation pour la fixation des délais d'abandon des unités en dehors du SI, afin de faciliter et d'accélérer le passage universel aux unités SI (Document CCU/78-16).

Sur la proposition du *Président*, le CCU décide de demander au CIPM de considérer ce problème.

c). Informations sur l'adoption des unités SI.- Le document préparé par le BIPM (CCU/78-15) donne quelques informations sur l'emploi des unités SI par plusieurs organisations internationales et dans quelques pays.

Le CCU prend note de ces informations qui n'appellent aucun commentaire.

d). Noms d'unités spéciaux : jansky, katal.- Le CCU est informé de l'adoption par l'Union Astronomique Internationale du nom spécial "jansky" (symbole Jy) pour l'unité de "flux density" en radio-astronomie, avec la valeur $1 \text{ Jy} = 10^{-26} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{Hz}^{-1}$. Le CCU prend note de cette information et déclare qu'il ne peut envisager d'inclure cette unité non cohérente dans la brochure sur le SI.

Un autre nom spécial d'unité SI, le "katal" (symbole kat) égal à la mole par seconde, est proposé par l'International Federation of Clinical Chemistry pour l'unité d'activité catalytique. Le CCU n'a pas été saisi d'une demande au sujet de ce nom spécial et se contente de prendre simplement note de cette information.

RÉSUMÉ DES CONCLUSIONS

1.- En ce qui concerne les noms des grandeurs dans la brochure du BIPM sur le SI - et dans ses traductions en langue anglaise -, il a été décidé de suivre, en règle générale, les recommandations de l'ISO/TC 12 (p. U 3).

2.- Les unités du tableau 10 (Unités maintenues temporairement avec le SI) peuvent être employées conjointement avec les unités SI jusqu'à ce que le CIPM estime que leur emploi n'est plus nécessaire (p. U 3).

3.- L'unité *barn* est maintenue dans le tableau 10 (p. U 3).

4.- L'"unité" *atmosphère normale* est transférée du tableau 10 au tableau 12 (Autres unités généralement déconseillées) (p. U 5).

5.- Le CCU souligne que si chaque grandeur physique a une seule unité SI, l'inverse n'est toutefois pas vrai. En conséquence, le nom de l'unité ne suffit pas pour faire connaître la grandeur considérée ; en particulier, les appareils de mesure devraient porter non seulement l'indication de l'unité de la grandeur mesurée, mais aussi l'indication de la grandeur elle-même (p. U 7).

6.- Le CCU réaffirme sa position de 1976 en faveur de l'adoption du symbole "L" pour le *litre* ; il demande au CIPM de proposer à la 16^e CGPM soit l'adoption de "L" en remplacement du symbole "l" actuel, soit le maintien de "l" comme symbole principal et l'adoption de "L" comme second symbole principal ou comme symbole de réserve (p. U 8).

7.- Le CCU a examiné les Recommandations P 1, 3 et 4 adoptées par le CCPR en 1977. Il estime que la candela doit être maintenue comme unité SI de base jusqu'à ce qu'il apparaisse opportun de supprimer complètement l'unité photométrique des unités SI de base ; il approuve la Recommandation P 4 qui propose de redéfinir la candela en fonction de grandeurs radiométriques.

En ce qui concerne les grandeurs photobiologiques, le CCU considère que ces grandeurs doivent être traitées comme des "moyennes pondérées" et définies clairement de façon qu'elles ne nécessitent pas l'introduction de nouvelles unités (p. U 9).

8.- Le CCU recommande au CIPM que le nom spécial *sievert* (symbole Sv) soit adopté pour l'unité SI "joule par kilogramme" lorsqu'elle exprime un équivalent de dose ou un indice d'équivalent de dose dans le domaine de la radioprotection. Les unités de rayonnement ayant un nom spécial seront classées dans un tableau à part (p. U 10).

9.- Le CCU n'a pas donné suite à la proposition de donner les noms et symboles spéciaux "quadrus (qu)" et "cubus (cub)" aux unités SI de superficie (mètre carré) et de volume (mètre cube) (p. U 12).

10.- Le CCU a pris connaissance d'un projet de recommandation de l'U.R.S.S. pour implanter l'emploi universel du SI, et des informations sur quelques décisions internationales et nationales concernant l'emploi des unités SI et sur deux noms d'unités ("jansky" et "katal") (p. U 13).

*
* * *

A la fin de la dernière séance, Mr *Jensen* remercie le Président au nom de tous les membres pour la conduite des travaux de cette 6^e session du CCU au cours de laquelle de nombreux problèmes ont pu être discutés et résolus.

(Juin 1978)

R E C O M M A N D A T I O N
du Comité Consultatif des Unités
présentée
au Comité International des Poids et Mesures

Nom spécial pour l'unité SI d'équivalent de dose ou d'indice d'équivalent de dose

RECOMMANDATION U 1 (1978)*

Le Comité Consultatif des Unités,
considérant

- l'effort fait pour introduire les unités SI dans le domaine des rayonnements ionisants ;

- les risques que peuvent encourir des êtres humains soumis à des irradiations sous-estimées, risques qui pourraient résulter de la confusion entre dose absorbée et équivalent de dose ;

- que la prolifération des noms spéciaux représente un danger réel pour le Système International d'Unités et doit être évitée dans toute la mesure du possible, mais que cette règle peut être transgressée lorsqu'il s'agit de sauvegarder la santé humaine ;

recommande

- que le nom spécial "sievert" (symbole Sv), égal au joule par kilogramme, soit adopté pour l'unité SI d'équivalent de dose ou d'indice d'équivalent de dose, dans le domaine de la radioprotection.

* Cette Recommandation a été approuvée par le CIPM à sa 67^e session (septembre 1978), après suppression du mot "réel" à la deuxième ligne du troisième considérant ; elle fera l'objet d'un projet de résolution qui sera soumis à l'approbation de la 16^e Conférence Générale des Poids et Mesures en octobre 1979.

ANNEXE U 1

Documents de travail présentés à la 6^e session du CCU

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

Document

CCU/

- 77-1 BIPM.- Sur les grandeurs comportant un facteur biologique, leurs définitions et leurs unités, par J. Terrien (voir Annexe U 3).
- 77-2 NML (Australie).- Sur les grandeurs comportant un facteur biologique. Commentaires (en anglais) de W.R. Blevin (voir Annexe U 4).
- 77-3 BIPM.- Danger de prolifération des noms spéciaux d'unités SI. A quoi sert le nom d'une unité ? par J. Terrien (voir Annexe U 5).
- 77-4 Recommandations adoptées par le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie à ses sessions de 1977 et de 1975 (voir Annexe U 2).

Document

CCU/

- 77-5 ICRU/ICRP Statement on dose equivalent and its unit (voir Annexe U 6).
- 78-1 Sur le symbole du litre.
Extrait des *Procès-Verbaux du CIPM*, 44, 1976, pp. 6-7, concernant l'examen par le CIPM du rapport de la 5^e session (1976) du CCU.
- 78-2 Lettres (23 juillet 1976 et 26 janvier 1978)
78-3 de E. Djakov, membre du CIPM.
Propositions diverses pour la révision de la brochure du BIPM sur le SI.
- 78-4 Proposal (14 Feb. 1978) from Ch.H. Page to CCU, relative to "Supplementary units".
Proposition de révision du paragraphe II.3 de la brochure sur le SI :
"The General Conference has not classified certain units of the International System under either base units or derived units. These SI units are assigned to the third class called "supplementary units" ; they are units whose dimensions are sometimes given explicitly, sometimes omitted, as a matter of convenience."
- 78-5 Classes of units in the SI, by Ch.H. Page.
Publié dans *Am. J. Phys.*, 46, No. 1, Jan. 1978, pp. 78-79.
- 78-6 Sur le "barn" et le mot "temporaire".
Extrait des *Procès-Verbaux du CIPM*, 45, 1977, pp. 16-17.
- 78-7 Unité "jansky".
Extrait de *IAU Information Bulletin*, No. 33, Jan. 1975, pp. 6-7.
- 78-8 Lettre (24 février 1978) de l'ISO/TC 12 transmettant la Résolution N° 28 (1976) de l'ISO/TC 28 au sujet de l'emploi dans le SI des unités de viscosité "centipoise" et "centistokes".

Document

CCU/

- 78-9 Lettre (8 mars 1978) du NBS :
- A. Sur l'adoption de "L" comme symbole du litre.
 - B. Sur des noms spéciaux pour les unités SI de superficie et de volume.
- A cette lettre étaient joints les quatre documents suivants concernant l'emploi du symbole L :
- *Metric Conversion Board News* (Australia), Oct. 1977, p. 3.
 - *The Metric System of Measurement, Federal Register Notice* (USA), Oct. 26, 1977.
 - *IEEE Std 260-1977*, p. 14.
 - *SI revisited*, by P. Vigoureux, *Dimensions/NBS*, Nov. 1977, pp. 30-31.
- 78-10 NBS (Etats-Unis d'Amérique).- Special names for SI units of area and volume.
- Proposition (3 avril 1978) de donner les noms spéciaux "quadrus" (symbole q) et "cubus" (symbole c) au mètre carré et au mètre cube respectivement.
- 78-11 NBS (Etats-Unis d'Amérique).- Proposal for consideration in connection with item 1 of agenda of CCU May 1978 meeting.
- Proposition (3 avril 1978) de règles à adopter pour limiter les demandes d'incorporation de nouvelles unités dans les tableaux 3, 8 et 10 de la brochure sur le SI.
- 78-12 Lettre (6 février 1978) du CIPM à la Commission des Communautés Européennes (CEE) au sujet de l'emploi du barn (voir Annexe U 7).
- 78-13 Lettre (3 avril 1978) du président de l'International Nuclear Data Committee (INDC) au sujet du maintien du barn comme unité spéciale de section efficace nucléaire.
- 78-14 Lettre (12 avril 1978) de W.R. Blevin (NML, Australie) au sujet de l'examen par le CCU des Recommandations P 3 et P 4 (1977) du Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie.

Document

CCU/

- 78-15 BIPM.- Informations sur l'adoption des unités SI.
Résumé des décisions récentes de plusieurs organisations internationales et dans quelques pays.
- 78-16 U.R.S.S.- Sur l'harmonisation des délais d'abandon de certaines unités en dehors du SI.
Proposition de recommandation (voir Annexe U 9).
- 78-17 BIPM.- Rapport au CCU au sujet du changement éventuel de la définition du mètre (voir Annexe U 8).
- 78-18 Quatre diagrammes (établis par F. Rotter) montrant les relations entre les unités SI dans les domaines suivants : géométrie et cinématique, mécanique, électricité, lumière.
- 78-19 Group properties of quantities and units, by J. de Boer.
A paraître dans *Am. J. Phys.*
-

ANNEXE U 2

Recommandations adoptées par le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie à ses sessions de 1977 et de 1975

(Document CCU/77-4)

Les recommandations suivantes, présentées au Comité International des Poids et Mesures, concernent :

- les noms des unités des grandeurs comportant un facteur biologique (Recommandation P 1 (1977)) ;
- la valeur de l'efficacité lumineuse spectrale (Recommandation P 2 (1977) ; cette Recommandation a été approuvée par le CIPM à sa 66^e session (septembre 1977) ;
- les unités photométriques lumen et candela (Recommandations P 3 et P 4 (1977) ; P 1, P 2 et P 3 (1975).

RECOMMANDATION P 1 (1977)

*Le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie,
considérant*

- que l'on doit mesurer de nombreuses grandeurs mettant en jeu des rayonnements électromagnétiques et des facteurs biologiques,

- que le nombre des unités SI ayant des noms spéciaux ne doit pas être augmenté sans des raisons impératives,

recommande

- qu'avant d'admettre dans le SI un nouveau nom spécial pour une unité d'une grandeur mettant en jeu des rayonnements électromagnétiques et des facteurs biologiques, on étudie attentivement la possibilité de choisir une unité SI exis-

tante. Par exemple, pour une grandeur résultant de la pondération d'une répartition spectrale de puissance énergétique par une fonction spectrale photobiologique, la fonction de pondération pourrait être choisie sans dimension et en conséquence la grandeur serait exprimée en watts.

RECOMMANDATION P 2 (1977)

Le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie,
considérant

- l'utilisation croissante des méthodes radiométriques pour mesurer des grandeurs photométriques,
- le besoin croissant d'assurer la compatibilité entre les mesures radiométriques et les mesures photométriques,
- le désir des laboratoires nationaux d'assurer la continuité des valeurs des échelles photométriques,
- les valeurs de l'efficacité lumineuse spectrale considérées par les laboratoires nationaux comme assurant la meilleure continuité,

recommande l'emploi de la valeur 683 lumens par watt pour l'efficacité lumineuse spectrale d'une radiation monochromatique de fréquence $540,015\ 4 \times 10^{12}$ hertz, pour les visions photopique, mésopique et scotopique.

RECOMMANDATION P 3 (1977)

Le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie,
considérant à nouveau ses Recommandations P 1 (1975), P 2 (1975) et P 3 (1975), confirme ces Recommandations,
- considérant que l'adoption de la Recommandation P 2 (1975) rendra nécessaire d'introduire et de définir le lumen en tant qu'unité de base du SI en remplacement de la candela,

- considérant sa Recommandation P 2 (1977),
- et considérant qu'il est désirable d'avoir comme précédemment, une seule définition de l'unité de base de la photométrie pour les visions photopique, mésopique et scotopique,

recommande que le lumen soit défini comme suit :

Le lumen est le flux lumineux d'un rayonnement monochromatique dont le flux énergétique est 1/683 watt et dont la fréquence est $540,015\ 4 \times 10^{12}$ hertz.

RECOMMANDATION P 4 (1977)

Le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie,
considérant

- le besoin urgent de relier les unités photométriques
au watt,

- la difficulté éventuelle de remplacer à bref délai la
candela par le lumen en tant qu'unité de base du SI pour la
photométrie,

recommande s'il est nécessaire, à titre transitoire,
de conserver la candela en tant qu'unité de base, que la
candela soit définie de la manière suivante, compatible avec
la Recommandation P 3 (1977) :

La candela est l'intensité lumineuse d'une source mono-
chromatique qui émet un rayonnement de fréquence
 $540,0154 \times 10^{12}$ hertz, dans une direction pour laquelle son
intensité énergétique est 1/683 watt par stéradian.

ANNEXE U 3

Sur les grandeurs comportant un facteur biologique, leurs définitions et leurs unités

par J. TERRIEN

Bureau International des Poids et Mesures

(Document CCU/77-1)

1. INTRODUCTION

Le Comité Consultatif des Unités (CCU) a demandé au BIPM de préparer un rapport sur "les définitions des grandeurs où intervient un facteur biologique, définitions qui conditionnent toute discussion sur les unités propres à ces grandeurs".*

Un exemple bien connu de telles grandeurs est fourni par les grandeurs lumineuses (intensité, flux, éclairement, etc. lumineux) qui ont chacune une unité propre : candela (unité SI de base), lumen, lux, etc., selon les conventions en vigueur actuellement. Ces conventions sont-elles les meilleures, ou d'autres conventions seraient-elles préférables ? Telle est la question qui sera commentée dans ce qui suit.

D'abord une remarque préalable. Le choix des grandeurs, de leurs définitions et de leurs unités n'est pas imposé par l'expérience. Le critère est la commodité. Ce choix est conventionnel, et le choix le meilleur est celui qui est le plus commode.

Le SI a été adopté et il se répand universellement parce qu'il est commode, en particulier parce qu'il est simple. Une des raisons qui font la simplicité du SI est que chaque grandeur

* Les parties entre guillemets "...", sont extraites du rapport du CCU (5^e session, 1976) au CIPM.

a une unité SI et une seule. Mieux encore, plusieurs grandeurs peuvent avoir la même unité SI, pourvu qu'elles soient dérivées des unités de base de la même façon ; par exemple, la seconde à la puissance - 1 est l'unité SI pour les grandeurs fréquence, activité (rayonnements ionisants), etc. ; le joule est l'unité pour les grandeurs chaleur, énergie chimique, énergie cinétique, énergie électrique, etc. En conséquence "La grandeur en question doit toujours être spécifiée, car l'unité ne suffit pas pour faire connaître la nature de la grandeur"*. Il est indispensable d'obéir à cette règle pour sauvegarder la simplicité du SI. Cette règle qui impose de toujours spécifier la grandeur n'est pas encore bien entrée en usage ; c'est ainsi par exemple que l'on peut trouver dans les textes officiels la mention de centrales de production d'énergie électrique de 50 MW_{e1} ; le CCU a explicitement condamné l'emploi de W_{e1}, car l'expression correcte est : une puissance électrique de 50 MW. Lorsque la grandeur est spécifiée, ici une puissance électrique, il n'est plus besoin d'inventer une unité nouvelle du genre W_{e1}, et l'unité SI, le watt, est suffisante. Dans la spécification de la grandeur, on est libre d'ajouter des détails explicatifs, autant que l'on juge utile ; par exemple qu'une température a été mesurée dans l'EIPT, ou avec tel thermomètre, étalonné ou non ; le résultat de la mesure sera exprimé simplement avec l'unité kelvin (ou degré Celsius).

2. DÉFINITIONS DU FLUX LUMINEUX

Si l'on spécifie la grandeur par son nom, il faut que ce nom ait une définition connue et admise par convention. C'est le cas par exemple du flux lumineux, symbole ϕ_v ; il est convenu internationalement que le flux lumineux est défini par la relation

$$\phi_v = K_m \int \frac{d\phi_e}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (1)$$

dans laquelle $\frac{d\phi_e}{d\lambda}$ est le flux énergétique (unité SI le watt) correspondant aux radiations comprises entre λ et $\lambda + d\lambda$, et $V(\lambda)$ est l'efficacité lumineuse relative spectrale (pour la vision photopique) dont les valeurs en fonction de λ sont admises par convention internationale. $V(\lambda)$ est un rapport sans dimension. Cette relation suffit pour qu'un expérimentateur puisse mesurer le rapport des flux lumineux de deux rayonnements

(monochromatiques ou complexes). L'unité, le lumen, est fixée par une autre convention internationale, celle qui définit la candela, unité d'intensité lumineuse, au moyen d'un radiateur physiquement spécifié (le corps noir au point de congélation du platine), d'où le lumen qui est $lm = cd \cdot sr$. La valeur de K_m est obtenue expérimentalement : par exemple, dans le cas du corps noir qui définit la candela, on peut produire un flux ϕ_v dont la valeur résulte de la définition de la candela ; on peut aussi connaître le flux énergétique $\phi_e(\lambda)$, et K_m est calculé d'après l'équation (1).

L'unité pourrait être définie par des conventions différentes ; par exemple, on adopterait une valeur conventionnelle de K_m , c'est-à-dire une valeur du flux lumineux d'un rayonnement monochromatique de longueur d'onde 555 nm et de puissance 1 W ; c'est une proposition envisagée par le CCPR, avec une valeur à choisir qui serait voisine de $K_m = 680 lm/W$.

Dans les deux cas, l'expérimentateur peut réaliser un flux lumineux dont la valeur est fixée par convention (avec un corps noir, ou avec un rayonnement $\lambda = 555 nm$), et mesurer le flux lumineux d'un rayonnement quelconque puisqu'il sait mesurer le rapport entre les flux de deux rayonnements, d'après la définition du flux lumineux.

Tout ce qui précède décrit la situation actuelle. Cette situation est-elle satisfaisante ? Non, elle n'est pas tout à fait satisfaisante. Je voudrais exposer deux inconvénients.

3. INCONVENIENTS DE LA DÉFINITION ACTUELLE

Premier inconvénient. Les grandeurs lumineuses sont définies à partir de grandeurs physiques (mesurables en watts) des rayonnements, par une sommation (ou intégration) de la puissance de leurs composantes monochromatiques, affectées chacune d'un facteur de pondération $K_m V(\lambda)$, choisi de façon que le résultat exprime une évaluation de l'action du rayonnement sur l'organe visuel humain.

Les rayonnements ont aussi une action sur d'autres organes, par exemple sur la peau (production d'érythème, action anti-rachitique, etc.), et bien d'autres actions sur des êtres vivants, humains, animaux ou végétaux. Pour chacune de ces actions, on peut convenir d'une fonction d'efficacité analogue à $K_m V(\lambda)$, et définir autant de nouvelles grandeurs. On serait alors amené à adopter autant de nouvelles unités SI de base analogues à la

candela. Le SI deviendrait trop compliqué, donc mauvais.

Deuxième inconvénient. L'ICRU fait autorité en matière de grandeurs et d'unités pour les rayonnements ionisants. Parmi les grandeurs qu'elle a considérées, deux ont entre elles des relations analogues aux relations entre le flux énergétique (ou puissance, unité SI le watt) et le flux lumineux (unité SI le lumen) : ce sont la *dose absorbée*, grandeur purement physique dont l'unité est le joule par kilogramme, et *l'équivalent de dose*, qui est défini à partir de la dose absorbée par multiplication par un facteur d'efficacité dont la valeur est une fonction conventionnelle de la nature du rayonnement et des conditions d'irradiation (Je simplifie volontairement ; que les spécialistes veuillent bien m'en excuser. Pour plus de détails, voir "Supplement to ICRU Report 19 ; Dose equivalent ; issued Sept. 1, 1973"). Or, selon l'opinion de l'ICRU, ces deux grandeurs doivent être considérées comme ayant la même dimension, parce que les facteurs d'efficacité sont, selon l'ICRU, sans dimension, c'est-à-dire de simples facteurs numériques. L'existence de cette opinion prouve que différents experts peuvent considérer que les facteurs d'efficacité biologique (tels que $K_m V(\lambda)$ ou les facteurs intervenant dans l'équivalent de dose) ont une dimension, ou sont sans dimension. Certes, les scientifiques ont le droit d'adopter les conventions qui leur paraissent commodes dans chaque domaine spécialisé, mais il serait souhaitable que ces conventions ne soient pas contradictoires d'un domaine à un autre.

4. AUTRES DÉFINITIONS

Dans le cas des grandeurs lumineuses, et des multiples autres grandeurs destinées à une évaluation de l'action des rayonnements (ultraviolets, visibles ou infrarouges) sur des organes d'êtres vivants autres que l'organe de la vision photopique humaine, je crois qu'il faut envisager de traiter $K_m V(\lambda)$, ou les fonctions de pondération analogues, comme des facteurs numériques sans dimension. On éviterait ainsi la prolifération des unités SI de base, dont chacune serait attribuée à l'une de ces grandeurs. En effet, toutes ces grandeurs auraient la même unité qui serait le watt ou une unité d'une autre grandeur purement physique dérivée de l'énergie. Si la grandeur à caractère biologique en cause est bien spécifiée et bien définie, il n'y a pas d'inconvénient à ce que son unité soit la même que celle d'autres grandeurs.

Supposons par exemple que la définition de la grandeur flux lumineux, donnée dans sa forme actuelle à une page précédente, soit remplacée par une définition analogue, mais avec la convention que $K_m V(\lambda)$ soit un facteur numérique sans dimension, avec $K_m = 680$, et $V(\lambda)$ sans changement par rapport aux valeurs présentement admises. On dirait alors que le flux lumineux photopique d'une lampe est par exemple 1000 watts ; la puissance électrique consommée par cette lampe pourrait être 90 watts. La convention adoptée dans cet exemple laisse inchangée la valeur numérique (1000 dans le cas présent), mais on dit ici 1000 watts, alors que les conventions en vigueur font dire 1000 lumens. (Cette égalité de valeur n'est qu'approchée, à cause de l'incertitude sur la mesure expérimentale de K_m en lumens par watt).

Un plan faisant face à cette lampe à une distance de 2 mètres recevrait un éclairage lumineux d'environ 20 lux, selon la nomenclature actuelle ; avec la convention de $K_m V(\lambda)$ sans dimension, on dirait que cet éclairage est 20 W/m^2 . (En termes simplifiés, l'éclairage sur une surface est le flux reçu divisé par l'aire de cette surface).

Les unités actuelles candela, lumen, lux pourraient être abandonnées. On pourrait aussi les conserver temporairement comme des noms spéciaux des unités SI W/sr , W et W/m^2 utilisables seulement pour les grandeurs lumineuses et les valeurs numériques resteraient sans changement.

Une autre possibilité serait de changer plus radicalement la définition de la grandeur flux lumineux, et d'une façon qui pourrait sembler plus logique : on conviendrait de donner à K_m la valeur numérique 1 (au lieu de 680). Le flux lumineux s'exprimerait encore en watts, mais les valeurs numériques seraient 680 fois plus petites que dans l'expression en lumens. Ce changement des valeurs numériques serait gênant pour les personnes qui sont habituées à les utiliser. Mais d'autre part poser $K_m = 1$ aurait un avantage : par exemple, la lampe mentionnée précédemment consomme une puissance électrique de 90 W, son flux lumineux serait $1000/680 = 1,47 \text{ W}$; il semble naturel que la valeur numérique du flux lumineux soit plus petite que la valeur numérique de la puissance, car l'énergie consommée par la lampe n'est convertie que partiellement en rayonnement utile pour la vision. Au contraire, avec $K_m = 680$, la valeur numérique du flux est supérieure à celle de la puissance, ce qui peut paraître choquant.

Le choix entre $K_m = 680$ et $K_m = 1$ est donc à discuter.

5. GRANDEURS LUMINEUSES SCOTOPIQUES

Dans ce qui précède, tout ce qui concerne les grandeurs lumineuses se rapporte aux grandeurs pour la vision photopique. Or, la CIE a défini aussi des grandeurs pour la vision scotopique, plus précisément pour l'oeil d'un sujet jeune complètement adapté à l'obscurité, avec une fonction $V'(\lambda)$ différente de $V(\lambda)$ et K'_m égal à environ 1746 lm/W. (Cette valeur numérique de K'_m est obtenue expérimentalement, avec les conventions actuelles qui attribuent au corps noir au point de congélation du platine une luminance - photopique ou scotopique - égale à 60 cd/cm^2 ; les valeurs mesurées de K'_m sont voisines de 1746 lm/W).

Si l'on adoptait $K_m = 680$ (sans dimension) pour la définition des grandeurs lumineuses photopiques, on pourrait adopter $K'_m = 1746$ (sans dimension) pour la définition des grandeurs scotopiques, afin de conserver les valeurs numériques actuelles des grandeurs scotopiques. On pourrait aussi adopter $K'_m = 1692$: cette valeur est celle qui résulterait d'une définition du flux lumineux, photopique ou scotopique, par la convention qu'un rayonnement monochromatique ($\lambda = 555 \text{ nm}$ dans l'air normal) de puissance $1/680$ watt a un flux égal à 1, et que les autres rayonnements monochromatiques de même puissance ont un flux photopique proportionnel à $V(\lambda)$ et un flux scotopique proportionnel à $V'(\lambda)$.

On pourrait encore adopter $K'_m = 1$. Là encore, le choix est à discuter.

Dans l'état d'adaptation intermédiaire de l'oeil, c'est-à-dire en vision mésopique, la complexité du problème n'a pas encore permis de s'accorder sur une définition des grandeurs lumineuses.

6. CONCLUSION CONCERNANT LES GRANDEURS LUMINEUSES

Au vu de ces complications, ma conclusion provisoire serait en faveur de $K_m = K'_m = 1$, ce qui revient à supprimer K_m dans la définition du flux lumineux. En ce cas, le flux lumineux serait défini par

$$\phi_v = \int \frac{d\phi_e}{d\lambda} V(\lambda) d\lambda \quad (\text{photopique})$$

$$\phi'_v = \int \frac{d\phi_e}{d\lambda} V'(\lambda) d\lambda \quad (\text{scotopique}).$$

On verra plus loin que cette conclusion s'applique aussi aux autres grandeurs comportant un facteur biologique.

7. AUTRES GRANDEURS PHOTOBIOLOGIQUES

En dehors des grandeurs lumineuses, on peut considérer d'autres grandeurs destinées à l'évaluation de divers effets photobiologiques du rayonnement. Par exemple, dans un document en préparation en République Fédérale d'Allemagne (Deutsche Normen, Vorlage November 1975, DIN 5031, Strahlungsphysik im optischen Bereich und Lichttechnik, Photobiologische Wirkungsfunktionen), on donne les courbes d'efficacité relative spectrale concernant dix effets du rayonnement, dont voici la liste (en langue allemande) :

Photosynthese
Chlorophyllsynthese
Photomorphogenese (Photochrome M 660 und M 730)
Phototropismus
Bakterientötung
UV-Erythem
direct Pigmentierung
Bilirubin-Dissoziation
Konjunktivitis
Photokeratitis.

Chacune de ces dix courbes, analogues aux courbes $V(\lambda)$ et $V'(\lambda)$, donne, en fonction de λ , l'efficacité relative par rapport à l'efficacité maximale ; l'ordonnée du maximum a donc la valeur 1.

D'après une étude du Dr B. Steck (Über photobiologische und psychophysische Gesichtspunkte für Beleuchtungsanlagen und Solarien, Dissertation D 83, 1975, Tabelle 9, p. 53), quelques unités sont en usage pour l'évaluation de l'effet N° 6 de la liste ci-dessus (UV-Erythem) :

- en URSS, l'unité 1 er correspond à l'action d'un rayonnement de puissance 1 W et de longueur d'onde 296,7 nm ; à cette longueur d'onde λ_m l'efficacité relative est maximale ;
- aux USA, l'unité 1 E-viton correspond à l'action d'un rayonnement de puissance 10^{-5} W et de longueur d'onde λ_m ;

- en RFA et en Scandinavie, l'unité 1 finsen correspond à l'action d'un rayonnement produisant un éclairement énergétique de $0,1 \text{ W/m}^2$, et de longueur d'onde λ_m .

Il ne semble pas que des unités particulières soient en usage pour les neuf autres effets.

8. DÉFINITION DES GRANDEURS PHOTOBIOLOGIQUES

Pour définir des grandeurs exprimant quantitativement chacun de ces dix effets du rayonnement, on peut opérer comme dans le cas des grandeurs lumineuses. C'est-à-dire que chaque grandeur G serait définie par l'intégrale, étendue aux longueurs d'onde efficaces, du produit de $d\phi_e/d\lambda$ par l'efficacité relative $f(\lambda)$ pour l'effet considéré

$$G = C \int_{\lambda} (d\phi_e/d\lambda) f(\lambda) d\lambda \quad (2)$$

avec un facteur C conventionnel.

Ce facteur C joue le même rôle que le K_m des grandeurs lumineuses.

K_m , dans les conventions photométriques actuelles, a une dimension, et sa valeur est imposée par l'adoption de l'étalon qui sert à définir la candela. Pour les dix grandeurs considérées maintenant, il n'existe pas d'étalon. On est donc libre de choisir la convention la plus commode pour la valeur et la dimension de C . Le plus simple et le plus commode est de convenir que $C = 1$, sans dimension, ce qui équivaut à supprimer la lettre C dans la définition des grandeurs telles que G .

Il serait logique alors de supprimer aussi K_m dans la définition du flux lumineux.

Des conventions analogues seraient sans doute appropriées dans d'autres domaines : action des rayonnements ionisants, des vibrations sonores, des champs électromagnétiques en haute fréquence, etc. sur les organismes vivants.

9. CARACTÈRE PARTICULIER DES GRANDEURS PHOTOBIOLOGIQUES

On peut réfléchir sur le caractère particulier des grandeurs lumineuses, et des autres grandeurs analogues. Elles peuvent être définies de façon que leur mesure soit possible avec précision ; par exemple, la définition des grandeurs lumineuses et de leurs unités (soit par le corps noir comme

actuellement, soit par une valeur conventionnelle de K_m) permet des mesures précises, ou, si la précision est estimée médiocre, c'est à cause de difficultés expérimentales, non pas à cause d'une définition trop vague. En cela, les grandeurs lumineuses ne se distinguent pas des grandeurs purement physiques.

Ce qui distingue les grandeurs lumineuses des grandeurs purement physiques, c'est leur signification pratique, c'est-à-dire le degré d'utilité pratique de leur valeur quantitative pour l'évaluation d'un éclairage. Ces grandeurs ont été conçues afin qu'elles fournissent une évaluation quantitative de l'efficacité d'un éclairage pour l'accomplissement des tâches visuelles humaines, et afin que cette évaluation s'exprime par un seul nombre d'unités, quelles que soient la composition spectrale et la couleur du rayonnement qui éclaire. Si tous les organes visuels humains étaient identiques, et si un observateur pouvait sans hésitation juger de l'égalité des luminances de deux corps lumineux de couleur différentes, les grandeurs lumineuses auraient sans doute une signification assez précise : on serait certain par exemple qu'une installation d'éclairage fera voir les objets mieux éclairés qu'une autre, si les grandeurs lumineuses mesurées ont une valeur plus grande (de 5 % par exemple), quel que soit l'observateur, et quelles que soient les lampes même si elles produisent des rayonnements de couleur différente dans les deux installations. On sait bien que cela n'est pas le cas. La précision de la mesure des grandeurs lumineuses, en général, n'a qu'une signification pratique limitée, pour des raisons fondamentales.

De plus, le rapport de deux grandeurs photométriques est mesurable, mais sa valeur ne correspond à rien de vraiment mesurable dans la sensation d'un observateur visuel : on sait en effet que le jugement visuel d'égalité de luminance, surtout homochrome, est possible, mais l'évaluation visuelle d'un rapport de luminance est à peu près impossible.

J'en conclus que les grandeurs lumineuses possèdent un caractère d'arbitraire, et un caractère d'imprécision dans leur signification pratique, qui n'appartiennent pas aux grandeurs purement physiques. Une conclusion analogue est valable pour les autres grandeurs destinées à l'évaluation des effets du rayonnement sur la matière vivante.

D'autres effets (défauts d'additivité, action nulle au-dessous d'un seuil, etc.) imposent une certaine compétence dans l'utilisation pratique de ces grandeurs.

Le SI est conçu pour les grandeurs purement physiques ; seule, la candela s'y trouve pour une grandeur non purement physique, ce qui a suscité des critiques motivées sans doute par les caractères qui viennent d'être décrits.

Dans ces conditions, il me paraît sage d'éliminer la candela de la liste des unités de base du SI, de ne pas y introduire d'unités pour des grandeurs comportant un facteur biologique, et de définir ces grandeurs d'une façon telle que leurs unités soient celles qui s'appliquent à leur aspect purement physique.

(9 septembre 1976)

ANNEXE U 4

Sur les grandeurs comportant un facteur biologique

Commentaires de W. R. BLEVIN

National Measurement Laboratory (Australie)

(Traduction du Document CCU/77-2)

Dans une circulaire adressée aux membres du CCPR vous avez sollicité des commentaires à propos du document que vous avez préparé sur les grandeurs comportant un facteur biologique, leurs définitions et leurs unités (Annexe P 2). J'ai retardé ma réponse jusqu'à maintenant afin de pouvoir réfléchir longuement à la question et en discuter avec un certain nombre de personnes.

En introduction vous indiquez que plusieurs grandeurs peuvent avoir la même unité SI ; ceci est fondamental pour la discussion. Vous donnez le joule et la seconde à la puissance moins un comme exemples d'une même unité qui est utilisée pour plusieurs grandeurs. Un autre excellent exemple existe en optique, avec le chemin d'un rayon lumineux. Dans ce cas, la *longueur du chemin optique*, $\int n ds$, et la *longueur du chemin réel*, $\int ds$, ont la même unité, le mètre. Réciproquement, parler d'un chemin de 0,1 m, par exemple, n'a pas de sens si l'on ne spécifie pas de quelle grandeur il s'agit. Je suis d'accord avec vous qu'il est à la fois possible et souhaitable de conserver la simplicité du SI en utilisant la même unité pour plusieurs grandeurs.

Dans le cas général des grandeurs comportant un facteur biologique, il est urgent que le CIPM fasse le nécessaire pour que ne se renouvelle pas la prolifération inutile d'unités qui

s'est déjà produite en photométrie. Comme vous l'indiquez au point 8 de votre document, la façon la plus commode d'y arriver est de considérer les facteurs de multiplication C , qui sont comparables à K_m et K'_m en photométrie, comme sans dimension et égaux à l'unité. J'appuie fortement cette façon de faire. Votre point 7 montre bien l'urgence de la situation en donnant la variété des unités que l'on propose pour l'effet d'érythème des rayonnements ultraviolets.

Dans le cas particulier de la photométrie, je partage votre point de vue que les unités spéciales, telles que le lumen et la candela, sont inutiles et qu'elles compliquent le SI. Ces unités photométriques spéciales font en fait double emploi depuis l'adoption de la fonction $V(\lambda)$ et en particulier depuis 1948 lorsque l'on a introduit explicitement l'expression $K_m \int \phi_\lambda V(\lambda) d\lambda$ dans la définition du flux lumineux. Hier encore, je lisais dans *Nature* (265, 1977, p. 388) le compte rendu d'un livre intitulé "Light-emitting diodes". Le critique écrivait que "la photométrie est une telle jungle de définitions, de concepts et d'unités que c'est un casse-tête permanent pour les ingénieurs ...". Ceci exprime exactement l'attitude que contiennent d'avoir vis-à-vis de la photométrie la plupart des ingénieurs et des scientifiques qui ne sont pas des spécialistes dans ce domaine. Le CCPR et la CIE ne peuvent sans doute pas faire grand-chose pour simplifier encore les concepts et les grandeurs physiques utilisés en photométrie ; cependant, ce serait certainement une grande simplification que de revenir aux unités physiques courantes, telles que le watt et le watt par stéradian, au lieu des unités spéciales superflues qui sont utilisées à l'heure actuelle.

J'appuie donc la proposition selon laquelle K_m serait sans dimension ; on se passerait des unités photométriques traditionnelles. Je préférerais que la valeur numérique d'un K_m sans dimension soit l'unité plutôt que 680 environ. Cette modification ne simplifierait pas seulement le SI mais rendrait également inutile de faire la différence entre les deux grandeurs actuellement appelées efficacité lumineuse et efficacité lumineuse relative. L'efficacité lumineuse photopique d'une lampe serait l'unité dans l'hypothèse où toute l'énergie serait convertie en rayonnement de 555 nm de longueur d'onde, et serait inférieure à l'unité dans tous les autres cas. Une source hypothétique dont l'énergie est émise sous forme de lumière blanche, avec un spectre limité à l'intervalle de 380 à 780 nm et uniforme en énergie dans cet intervalle, aurait

une efficacité lumineuse d'environ 0,27. Cette expression me paraît plus simple et plus significative que l'expression correspondante avec les unités traditionnelles, à savoir que l'efficacité lumineuse d'une telle source est d'environ 180 lm/W.

De la même façon, pour la vision scotopique je considère que l'on doit avoir K'_m sans dimension et égal à l'unité.

L'abandon des unités photométriques traditionnelles en faveur du watt et des unités qui lui sont liées entraînerait des répercussions beaucoup plus grandes dans l'industrie et le commerce que la redéfinition des unités dont le CCPR a discuté en 1975. Ce changement ne devrait pas être mis en oeuvre trop rapidement et il est à peu près certain que pendant une période de transition il faudrait admettre en même temps les unités traditionnelles et les unités fondées sur le watt. Dans cette perspective, on pourrait considérer la redéfinition des unités photométriques dont on a discuté en 1975 comme une étape nécessaire vers un abandon éventuel des unités traditionnelles plutôt que comme une solution définitive en soi. Comment devrions-nous donc faire ? Je soumetts à votre réflexion les suggestions suivantes :

1) Comme il a été prévu, le CCPR adopte en 1977 une valeur de K_m exprimée en lm/W et une valeur numérique de 680 environ.

2) Sur avis du CCPR et du CCU, le CIPM adopte de nouvelles définitions pour le lumen et la candela fondées sur la valeur ci-dessus de K_m , supprime les unités photométriques traditionnelles dans le SI, mais autorise leur emploi avec le SI pour une durée limitée (10 ans, par exemple).

3) Le CCPR et la CIE redéfinissent les grandeurs photométriques en considérant K_m et K'_m sans dimension et égaux à l'unité.

4) Il est conseillé à tous les pays d'adopter les nouvelles définitions des grandeurs et d'employer comme unités le watt et ses dérivés.

5) Après une période de transition, le CIPM supprime l'autorisation d'utiliser les unités photométriques traditionnelles avec le SI.

Enfin, je désire exprimer mon avis sur la discussion du point 9 de votre document. Pour moi les photométristes se sont trop occupés depuis plusieurs décennies de leurs *unités* spé-

ciales, et pas suffisamment d'améliorer la définition des *grands* pour assurer une meilleure corrélation avec l'expérience visuelle. Par l'intermédiaire de son comité TC-1.4 (Vision), la CIE s'occupe maintenant très sérieusement du second de ces problèmes. Utiliser le watt mettrait certainement fin au premier problème.

(16 février 1977)

ANNEXE U 5

Danger de prolifération des noms spéciaux d'unités SI. A quoi sert le nom d'une unité?

par J. TERRIEN

Bureau International des Poids et Mesures

(Document CCU/77-3)

Le SI doit être capable de satisfaire les besoins de la physique, de l'industrie, du commerce et de la vie courante, donc rester simple pour qu'il soit assimilable par tous les utilisateurs.

Pour connaître le SI, il suffit d'apprendre 7 (unités de base) + 2 (unités supplémentaires) + 18 (noms spéciaux d'unités dérivées) = 27 mots, avec leur signification (avec en plus les préfixes). C'est là une simplicité qu'il faut maintenir pour que le SI soit un langage universel, connu et employé par tous.

A l'encontre, on reçoit fréquemment des demandes de créer de nouveaux noms spéciaux d'unités dérivées, qui seraient commodes dans une spécialité. Cette commodité pour un groupe restreint de spécialistes est compréhensible.

Mais ce qui me préoccupe, c'est que l'un des principaux arguments à l'appui de la demande est généralement la *nature de la grandeur* en cause ; exemples :

- Le pouvoir catalytique des enzymes se mesure par la quantité de matière transformée pendant un certain temps ; mais les spécialistes demandent que l'unité mole par seconde reçoive le nom spécial *katal* parce que "... they felt the need for a special name in applying this unit to catalytic

ability, a property of enzyme preparations rather than of the catalyzed reactions" (International Federation of Clinical Chemistry, submitted to IUPAC for request to CIPM).

- "The unit of the *barn*, despite of having the dimension of an area, does not represent an area but rather a likelihood (so-called cross-section) for the occurrence of a nuclear reaction ..." (Nuclear Reaction Data Centers).

- "... because both the derived units for energy and torque, derived respectively from scalar and vector products of length and force, are both used by the general public, it is proposed to establish a *separate name for the torque unit* "meter-newton" (Engineers Joint Council Metric Commission, USA).

- En réponse à ma proposition de poser $K_m = 1$ en photométrie et de mesurer le flux lumineux en watts (Annexe P 2), les critiques suivantes ont été formulées :

"... your proposal is not really acceptable because the watt would no longer have a single, clear-cut meaning ... we would have several different kinds of watt ..." (Annexe P 10).

"... Es ist aber falsch, dass es für mehrere Grössenarten die gleiche Einheit gibt" (Mais il n'est pas juste qu'il y ait pour plusieurs espèces de grandeur la même unité) (Annexe P 9).

"... because the concept of luminous flux is by no means equal to that of radiant flux" (Annexe P 6).

"... it does not appear "logical" to measure the attribute of ... (visual perception) ... in terms of the watt which is clearly identified as the unit of the purely physical quantity power" (Annexe P 4).

On voit par ces exemples (et je pourrais en citer d'autres, par exemple l'équivalent de dose) que dans l'esprit de beaucoup de physiciens, si deux grandeurs sont de nature différente, elles doivent pour cette raison avoir des unités différentes (même si elles ont la même dimension dans un système dimensionnel parallèle au SI). Si l'on accepte ce principe, les noms d'unités deviendront aussi nombreux que les grandeurs, dont le nombre est quasi illimité.

Le CCU a exprimé clairement que "le nom de l'unité ne suffit pas pour faire connaître la grandeur". Mais il n'a pas exprimé clairement à quoi doit servir le nom de l'unité. Pour l'exprimer, je propose ce qui suit : le nom de l'unité sert seulement à compléter une déclaration telle que "une longueur de 2" ; il faut ajouter qu'il s'agit de 2 mètres, ou 2 micromètres, ou 2 inches, etc., que cette longueur soit une distance, une profondeur, la circonférence d'un cercle,

ou la hauteur d'un géant. De même, 20 MW peut être la puissance du courant électrique, ou la chaleur produite par seconde, dans le cas d'une usine thermique de production d'électricité : l'unité sert seulement à préciser qu'il s'agit de mégawatts, et non pas de milliwatts ou de chevaux-vapeur. C'est à cela, et à cela seulement, que doit servir le nom de l'unité : pourtant, je ne crois pas avoir vu cette affirmation exprimée explicitement dans aucune publication.

Donc, en toute rigueur, dans le SI, une seule unité doit servir pour toutes les grandeurs de même dimension, même si ces grandeurs sont de nature différente.

Des exceptions sont pourtant en vigueur :

"... le CIPM ne voit pas d'inconvénient à l'emploi de certains noms spéciaux afin de faciliter la distinction entre des grandeurs ayant la même dimension" (Hz plutôt que s^{-1} , Bq plutôt que s^{-1} , etc., brochure sur le SI, 3^e édition, à la fin de II.2.1).

Ces exceptions sont justifiées par des arguments sérieux, mais étrangers au SI et devraient rester des exceptions. Malheureusement, elles perpétuent l'idée que chaque grandeur doit avoir sa propre unité, et que l'on peut demander à la CGPM un nom spécial pour chaque unité.

Comment se prémunir contre ce danger qui risque de faire dégénérer le SI par gigantisme ?

(16 août 1977)

ANNEXE U 6

Rapport de l'ICRU et de l'ICRP sur l'équivalent de dose et son unité

(Traduction du Document CCU/77-5)

En 1974, l'ICRU a soumis au Comité Consultatif des Unités (CCU) son "Rapport sur les unités de rayonnement" [1] ; ce rapport indiquait que l'ICRU a recommandé l'emploi du Système International d'Unités (SI), tout en continuant de reconnaître les unités spéciales de rayonnement : curie, rad, roentgen et rem [2]. La brochure du BIPM sur le SI a classé le curie, le rad et le roentgen parmi les unités spéciales à maintenir temporairement avec le SI ; elle ne fait pas mention du rem [3]. Le rapport de l'ICRU comportait des suggestions concernant les noms spéciaux pour l'unité SI, joule par kilogramme (pour la dose absorbée) et la seconde à la puissance moins un (pour l'activité) ; il ne faisait aucune recommandation concernant un nom spécial pour l'unité SI, coulomb par kilogramme (pour l'exposition), et indiquait que l'étude du cas de l'équivalent de dose et de son unité n'était pas achevée.

Lors de la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures (mai-juin 1975), les noms spéciaux "gray" (pour le joule par kilogramme) et "becquerel" (pour la seconde à la puissance moins un) ont été adoptés [4]. Dans une note explicative, la Conférence Générale indique que dans le domaine des rayonnements ionisants le gray peut être employé pour d'autres grandeurs physique dont l'unité est le joule par kilogramme. En 1976,

le CCU a conclu que le gray pouvait être employé pour l'énergie communiquée massique, le kerma, la dose absorbée et l'indice de dose absorbée [5].

Depuis 1974, l'ICRU et l'ICRP ont étudié le cas de l'équivalent de dose et de son unité. Tout d'abord, ces deux Commissions ont reconnu que le concept d'équivalent de dose en tant que dose absorbée pondérée demeure commode dans le domaine de la protection contre les rayonnements ionisants. La discussion a ensuite porté essentiellement sur la nomenclature à utiliser lorsque l'unité hors SI - le rem - sera abandonnée.

D'après l'expérience antérieure, il était évident que la conservation du nom équivalent de dose pour le concept tout en utilisant l'unité SI joule par kilogramme, ou son nom spécial gray, conduirait à la confusion. Bien trop souvent, les noms "dose absorbée" ou "équivalent de dose" sont abrégés en "dose", ou pas du tout indiqués. Comme dans certains cas l'ordre de grandeur de l'équivalent de dose peut être jusqu'à 20 fois supérieur à l'ordre de grandeur de la dose absorbée (lorsqu'on utilise les unités SI), on a estimé que cet usage n'est pas acceptable [6]. On a envisagé deux autres possibilités.

On pourrait adopter un nouveau nom pour le concept - qui ne comporte pas le mot "dose" - avec comme unité soit le joule par kilogramme, soit le gray. Si ce nouveau nom pour le concept était accepté universellement le même jour où serait changé le nom de l'unité, il n'y aurait aucune ambiguïté sur le sens. Malheureusement, l'expression "équivalent de dose" est très répandue et, en fait, a été introduite dans la législation de différents pays. Aussi, on a estimé comme improbable un changement général à une date spécifiée. En conséquence, on a considéré que ce n'était pas là une possibilité viable. De plus, si l'on conservait l'expression "équivalent de dose", il serait évident qu'il n'y aurait aucune modification du concept.

Conserver le nom de la grandeur - équivalent de dose - et employer un nom spécial pour son unité SI, cela constituerait une seconde possibilité. Employer comme unité un nom différent de celui de la dose absorbée reviendrait à maintenir la pratique actuelle. De plus, il existe actuellement dans le Système International d'Unités un exemple qui excuse cette pratique. Dans ce système, la plupart des concepts se rapportent uniquement à des mesures physiques et

les facteurs biologiques ne jouent aucun rôle. Toutefois, les grandeurs photométriques font appel à la sensibilité relative de l'oeil. Une échelle universellement acceptée pour la sensibilité spectrale de l'"oeil moyen" permet de passer d'une grandeur radiométrique purement physique à la grandeur photométrique correspondante. Ainsi, une grandeur photométrique donnée est une valeur pondérée de la grandeur radiométrique correspondante. On effectue la pondération au moyen de la sensibilité spectrale convenue de l'"oeil moyen". On emploie des unités dont le nom est différent pour la grandeur photométrique et la grandeur radiométrique correspondante. Par exemple, la candela est une unité SI de base pour la grandeur photométrique intensité lumineuse, tandis que le watt par stéradian est l'unité SI pour la grandeur radiométrique correspondante (intensité énergétique).

D'une façon analogue, l'équivalent de dose est une dose absorbée pondérée. Les facteurs de pondération sont introduits au moyen d'une échelle convenue obtenue à partir de résultats expérimentaux sur la base de l'égalité des effets observés ou estimés. En conséquence, l'ICRU et l'ICRP ont considéré comme acceptable dans le Système International d'Unités l'emploi d'un nom pour l'unité SI d'équivalent de dose qui soit différent de celui que l'on utilise pour la dose absorbée. Cela étant, et comme un tel usage tendrait à éliminer des erreurs concernant la sécurité en présence de rayonnements, l'ICRU et l'ICRP recommandent :

- 1) que l'on conserve le concept d'équivalent de dose comme dose absorbée pondérée ;
- 2) que l'on conserve le nom "équivalent de dose" pour ce concept ;
- 3) que l'on donne à l'unité SI - joule par kilogramme - d'équivalent de dose le nom spécial "sievert" (symbole Sv).

(20 mai 1977)

BIBLIOGRAPHIE

1. *Comité Consultatif des Unités*, 4^e session, 1974, pp. U 24-29.
2. LINDÉN (K.), Special radiation units and/or SI units ?, *Brit. J. Radiol.*, 47, 1974, p. 295.
3. "*Le Système International d'Unités (SI)*", 2^e édition, BIPM, Sèvres, 1973.
4. LINDÉN (K.), The new special names of SI Units in the field of ionizing radiations, *Health Physics*, 30, 1976, p. 417.
5. *Comité Consultatif des Unités*, 5^e session, 1976, p. U 11.
6. International Commission on Radiological Protection, Publication 21, "Data for protection against ionizing radiation from external sources", *Supplement to ICRP Publication 15*, Pergamon Press, Oxford, 1973.

ANNEXE U 7

**Lettre du CIPM
à la Commission des Communautés Européennes
au sujet de l'emploi du barn**

(Document CCU/78-12)

6 février 1978

Dans une publication de la Communauté Européenne L262/204 du 27 septembre 1976 on trouve une Directive du Conseil (76/770) du 27 juillet 1976 modifiant la Directive concernant "l'unification des unités de mesures" (71/354). Dans le chapitre C, point 11, de la Directive (76/770) on trouve le barn et selon l'article I de cette Directive il sera interdit aux Etats membres de la Communauté d'utiliser cette unité après le 31 décembre 1979.

Sans doute le document "Le Système International d'Unités" du Bureau International des Poids et Mesures a joué un rôle important dans les décisions de la Communauté. Le barn se trouve dans le tableau 10 de cette publication sous le titre "Unités à maintenir temporairement avec le Système International" (mais non dans le tableau 12 "Autres unités généralement déconseillées").

Le Comité International des Poids et Mesures apprécie beaucoup votre souci de stimuler l'adoption universelle du SI.

* Lettre adressée à Mr Fauré, Directoriat General 11, Division A 3, Commission des Communautés Européennes, Bruxelles.

Néanmoins, dans ce cas particulier, une démarche trop rapide pourrait nuire au progrès de la science.

L'usage du barn est presque universel pour exprimer les sections efficaces des réactions nucléaires et la seule alternative qui soit proposée par le SI, c'est-à-dire le femtomètre carré (fm^2), égal à 0,01 barn, n'est vraiment pas très satisfaisante : le nom est trop compliqué et l'addition d'un préfixe n'est pas possible.

Il faut donc conclure que, dans ce cas particulier, il n'y a pas encore de solution satisfaisante.

De plus, l'usage de l'unité barn est très limité. Il est limité au domaine de la physique et de la technique nucléaires, domaine vraiment spécialisé.

Le Comité International des Poids et Mesures vous recommande donc de supprimer le barn de votre liste afin de laisser le temps aux scientifiques de décider si l'on peut trouver une autre solution ou bien si l'on doit placer le barn dans le groupe des unités "en usage avec le Système International".

Veillez agréer,

Pour le Comité International
des Poids et Mesures

Le Directeur du BIPM

P. GIACOMO

ANNEXE U 8

Rapport au CCU au sujet du changement éventuel de la définition du mètre

Bureau International des Poids et Mesures

(Document CCU/78-17)

En octobre 1977, le BIPM a adressé aux membres du Comité Consultatif pour la Définition du Mètre (CCDM) un questionnaire destiné à faire le point sur l'état actuel des études effectuées sur les lasers à fréquence asservie ; les réponses ont fourni une documentation très détaillée et très utile, mais l'opinion de chaque membre n'était pas extrêmement claire en ce qui concerne un changement de définition du mètre. Le 3 mars 1978, le BIPM a donc envoyé aux membres du CCDM une lettre contenant les trois questions suivantes :

a. Vous semble-t-il souhaitable qu'une nouvelle définition du mètre soit proposée par la prochaine Conférence Générale des Poids et Mesures en 1979 ?

b. La définition proposée par le CCU telle qu'elle est exposée dans le Document CCDM/78-13b^{*}, c'est-à-dire fondée sur l'étalon au césium en fixant implicitement une valeur définitive de c , reçoit-elle votre agrément ? Sinon, quelle serait votre proposition ?

c. Si votre réponse est positive pour le premier paragraphe, seriez-vous d'accord pour la convocation du CCDM au cours du deuxième semestre de 1978 ?

* CCU, 4^e session, 1974, pp. U 11 et U 12.

Sur les quatorze destinataires, nous avons reçu onze réponses **.

En ce qui concerne la question *a*, quatre réponses sont "OUI" (NRC, JILA, NBS, L. Frenkel), cinq réponses sont "NON" (NPL, PTB, ASMW, NRLM, K. Shimoda), enfin deux membres ne sont pas favorables mais ne s'opposeraient pas à un changement (NML, A.H. Cook).

Pour ce qui est du point *b*, trois réponses sont en faveur de la définition envisagée par le CCU (NML, NPL, NRC), les autres réponses expriment un avis différent. La PTB fait remarquer que les mesures de fréquence dans le domaine du spectre visible ne sont pas encore assez précises et recommande l'utilisation de la longueur d'onde d'un laser stabilisé dans le visible ; le JILA pense qu'une possibilité intéressante serait une définition fondée sur la formule $\lambda = c/f$, où λ est la longueur d'onde en mètre de la radiation cohérente (visible) dont la fréquence est f et où c a la valeur conventionnellement adoptée ; A.H. Cook donne un avis très voisin du précédent ; l'ASMW, le NBS et L. Frenkel, préféreraient une définition fondée sur le trajet parcouru par la lumière pendant une durée spécifiée ; K. Shimoda ne croit pas à la supériorité définitive de l'étalon au césium sur des étalons à fréquence optique et propose la définition suivante : "Le mètre est la longueur égale à la longueur d'onde dans le vide d'une radiation électromagnétique dont la fréquence est 299 792 458 Hz" ; enfin, l'opinion du NRLM est que les recherches des différents laboratoires pour définir le mètre avec la vitesse de la lumière ont montré que des améliorations étaient encore possibles dans la réalisation des étalons de fréquence.

Quant à l'opportunité de réunir le CCDM fin 1978, quatre réponses seulement sont affirmatives (PTB, JILA, NBS et A.H. Cook). Les autres membres pensent que des consultations par correspondance seraient suffisantes.

En résumé, l'opinion dominante des membres du CCDM est qu'il ne convient pas de brusquer les choses : il n'y a pas urgence du point de vue de la métrologie pratique puisque les Recommandations de 1973 du CCDM fournissent des étalons secondaires d'une précision largement suffisante.

** Télex reçu le 16 mai de l'IMM : Convocation Comité Consultatif Définition Mètre en 1978 et examen nouvelle définition mètre CGPM en 1979 sont prématurés.

Cependant, il semble, comme l'indiquent par exemple les annexes aux réponses du NPL et de la PTB, que le CCDM doit s'efforcer de dégager un programme de travail afin d'aboutir à une solution acceptable par la CGPM de 1983.

(12 mai 1978)

ANNEXE U 9

Sur l'harmonisation des délais d'abandon de certaines unités en dehors du SI

Proposition de recommandation

U.R.S.S.

(Document CCU/78-16)

Ces derniers temps, le passage à l'utilisation du Système International d'Unités (SI) s'est particulièrement accéléré dans le monde entier, ce qui est confirmé par les résultats de l'enquête effectuée récemment par la Japan Standards Association.

L'attitude des pays en ce qui concerne l'unification des unités des grandeurs physiques est déterminée principalement par les résolutions de la CGPM et les recommandations du CIPM, citées dans la brochure du BIPM "Le Système International d'Unités (SI)".

Dans un but de coordination ultérieure des programmes nationaux du passage à l'utilisation du SI, il est important, aujourd'hui plus que jamais, d'établir dans le cadre international des délais uniques et harmonisés pour l'abandon des unités suivantes : mille marin, noeud, carat, tour par seconde et par minute, bar, tex, néper, kilowattheure.

Notre proposition est de discuter cette question extrêmement importante à la session du CCU en mai 1978 et de recommander une procédure convenable pour fixer les délais d'abandon des unités ci-dessus. Nous présentons en conséquence le projet de recommandation suivant et prions le CCU de le considérer comme document de travail à discuter.

Projet de recommandation du CCU

Le Comité Consultatif des Unités

considérant que la fixation de délais uniques et harmonisés pour l'abandon des unités qui sont en dehors du SI faciliterait et accélérerait l'achèvement du passage universel aux unités SI,

juge utile de prier le CIPM

- de faire une enquête auprès des pays membres de la Convention du Mètre, ainsi que des organisations internationales, à propos des délais acceptables pour l'abandon et le remplacement par les unités SI des unités d'une grande importance internationale, notamment : mille marin, noeud, carat, tour par seconde et par minute, bar, tex, néper, kilowattheure et d'adopter, sur la base des résultats de l'enquête, une recommandation concernant les délais d'achèvement des travaux sur le passage des unités correspondantes du SI et à leurs multiples et sous-multiples ;
- de charger le CCU, conjointement avec les autres Comités Consultatifs intéressés, de préparer un projet de recommandation concernant les délais d'achèvement des travaux sur l'abandon des autres unités hors système admises temporairement.

(Mai 1978)

TABLE DES MATIÈRES

COMITÉ CONSULTATIF DES UNITÉS

6^e Session (1978)

	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 H. Jensen, assisté de H. Moreau	U 1
Révision de la 3 ^e édition (1977) de la brochure sur le SI:	
Règle générale à suivre pour les noms des grandeurs	3
Interprétation du mot « temporaire »	3
Unité barn	3
« Power density »; critique de l'emploi du mot « densité »	4
Grade (gon)	5
Propositions de E. Djakov (Dioptrie, tesla-mètre, bar, unités des grandeurs logarithmiques, atmosphère normale, tex)	5
Proposition de Ch. H. Page concernant la dimension des unités SI supplémentaires	5
Proposition de l'ISO/TC 28 (Centipoise, centistokes)	6
Proposition du NBS (Règles adoptées par le CCU pour limiter l'inclusion de nouvelles unités dans les tableaux 3, 8 et 10)	6
Complément à ajouter dans la brochure au sujet de la pluralité des grandeurs ayant une même unité	7
Symbole du litre (Le CCU maintient sa proposition de « L » comme symbole unique; il demande au CIPM de soumettre cette question à l'examen et à la décision de la CGPM)	7
Puissances de 10 (L'enquête de l'ISO/TC 12 se poursuit)	8
Changement éventuel de la définition du mètre (Résultats de l'enquête auprès des membres du CCDM; aucun changement de définition prochain).	8
Unités photométriques et des grandeurs comportant un facteur biologique (Examen des Recommandations P1, P3 et P4 (1977) du CCPR; approbation de P1 (sur les noms des unités des grandeurs comportant un facteur biologique) et de P4 (maintien de la candela comme unité SI de base avec une définition en fonction du watt)	9
Nom de l'unité de la grandeur « équivalent de dose » (Présentation et discussion du rapport ICRU/ICRP; adoption du nom spécial « sievert », symbole Sv, pour l'unité SI joule par kilogramme dans le domaine de la radioprotection (Recommandation U 1 (1978)). Classement des unités de rayonnement dans un tableau spécial)	10

Propositions et informations diverses :

— Noms spéciaux pour mètre carré et mètre cube (Le CCU ne prend aucune décision sur la proposition d'adopter « quadrus » pour m^2 et « cubus » pour m^3)	12
— Proposition de l'U.R.S.S. pour la fixation des délais d'abandon des unités en dehors du SI	13
— Informations sur l'adoption des unités SI	13
— Noms d'unités spéciaux : « jansky », « katal » (Aucune action du CCU au sujet de ces noms)	13
Résumé des conclusions	13
Recommandation présentée au Comité International des Poids et Mesures : Recommandation U 1 (1978) (Nom spécial pour l'unité SI d'équivalent de dose ou d'indice d'équivalent de dose)	15

Annexes

U 1. Documents de travail présentés à la 6 ^e session du CCU	16
U 2. Recommandations adoptées par le Comité Consultatif de Photométrie et Radiométrie à ses sessions de 1977 et de 1975	20
U 3. BIPM. — Sur les grandeurs comportant un facteur biologique, leurs définitions et leurs unités, par J. Terrien	23
U 4. NML (Australie). — Sur les grandeurs comportant un facteur biologique. Commentaires de W. R. Blevin	33
U 5. BIPM. — Danger de prolifération des noms spéciaux d'unités SI. A quoi sert le nom d'une unité? par J. Terrien	37
U 6. Rapport de l'ICRU et de l'ICRP sur l'équivalent de dose et son unité ..	40
U 7. Lettre du CIPM à la Commission des Communautés Européennes (CEE) au sujet de l'emploi du barn	44
U 8. BIPM. — Rapport au CCU au sujet du changement éventuel de la définition du mètre	46
U 9. U.R.S.S. — Sur l'harmonisation des délais d'abandon de certaines unités en dehors du SI. Proposition de recommandation	49

IMPRIMERIE DURAND
28600 LUISANT (FRANCE)

Dépôt légal, Imprimeur, 1978, n° 2966
ISBN 92-822-2051-6

ACHEVÉ D'IMPRIMER LE 1979-01-10

Imprimé en France

