

COMITÉ CONSULTATIF
POUR LES ÉTALONS DE MESURE DES RAYONNEMENTS IONISANTS
SESSION DE 1975

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

COMITÉ CONSULTATIF
POUR
LES ÉTALONS DE MESURE
DES RAYONNEMENTS IONISANTS

6^e SESSION — 1975
(24-25 février)



BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Pavillon de Breteuil, F-92310 SÈVRES, France

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

ISBN 92-822-2040-0

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 fondamentales.

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. Le budget annuel du Bureau International est de l'ordre de 4 000 000 de francs-or, soit environ 1 600 000 dollars U.S.

(1) Au 31 décembre 1975, quarante-quatre 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, Corée, 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* (CCEMRI), créé en 1958. En 1969, ce Comité Consultatif a institué quatre sections : Section I (Rayons X et γ , électrons), Section II (Mesure des radionucléides), Section III (Mesures neutroniques), Section IV (Étalons d'énergie α); cette dernière Section a été dissoute en 1975, son domaine d'activité étant confié à la Section II.
7. Le *Comité Consultatif des Unités* (CCU), créé en 1964.

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

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

LISTE DES MEMBRES

DU

COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE
DES RAYONNEMENTS IONISANTS

Président: E. AMBLER, National Bureau of Standards, *Washington*,
D.C. 20234.

Membres:

P. J. CAMPION (président de la Section II), National Physical Laboratory,
Teddington.

R. S. CASWELL (président de la Section III), National Bureau of Standards,
Washington.

W. A. JENNINGS (président de la Section I), National Physical Laboratory,
Teddington.

M. SANDOVAL VALLARTA, Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire,
Mexico 18, D. F.

Le Directeur du Bureau International des Poids et Mesures, *Sèvres*.

SECTION I. *Rayons X et γ , électrons*

Président: W. A. JENNINGS, National Physical Laboratory, *Teddington*.

Membres:

A. ALLISY, Conservatoire National des Arts et Métiers, *Paris*.

G. BENGTTSSON, National Institute of Radiation Protection, *Stockholm*.

- A. BROSED, Junta de Energia Nuclear, *Madrid*.
W. H. HENRY, Conseil National de Recherches, *Ottawa*.
M. JUDINE, Institut de Métrologie D. I. Mendéléev, *Leningrad*.
J. W. MOTZ, National Bureau of Standards, *Washington*.
Z. REFEROWSKI, Polski Komitet Normalizacji i Miar, *Varsovie*.
H. REICH, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, *Braunschweig*.
A. SOMERWIL, Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, *Utrecht*.
H. O. WYCKOFF, président de l'I.C.R.U.
K. ZSDANSZKY, Országos Mérésügyi Hivatal, *Budapest*.

SECTION II. *Mesure des radionucléides*

Président: P. J. CAMPION, National Physical Laboratory, *Teddington*.

Membres:

- A. P. BAERG, Conseil National de Recherches, *Ottawa*.
C. E. GRANADOS, Junta de Energia Nuclear, *Madrid*.
Y. LE GALLIC, Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants,
Centre d'Études Nucléaires de Saclay, *Gif-sur-Yvette*.
F. KARAVAEV, Institut de Métrologie D. I. Mendéléev, *Leningrad*.
W. B. MANN, National Bureau of Standards, *Washington*.
J. G. V. TAYLOR, Atomic Energy of Canada Limited, *Chalk River*.
H. M. WEISS, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, *Braunschweig*.
A. WILLIAMS, National Physical Laboratory, *Teddington*.

SECTION III. *Mesures neutroniques*

Président: R. S. CASWELL, National Bureau of Standards, *Washington*.

Membres:

- E. J. AXTON, National Physical Laboratory, *Teddington*.
R. JAHR, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, *Braunschweig*.
K. W. GEIGER, Conseil National de Recherches, *Ottawa*.
I. JARITZINA (M^{me}), Institut de Métrologie D. I. Mendéléev, *Leningrad*.
E. TERANISHI, Electrotechnical Laboratory, *Tokyo*.

SECTION IV. *Étalons d'énergie alpha*

Président: K. SIEGBAHN, Institut de Physique, Université d'Uppsala,
Uppsala.

Membres:

F. ASARO, Lawrence Berkeley Laboratory, *Berkeley*.

S. A. BARANOV, Institut d'Énergie Atomique I.V. Kourchatov, *Moscou*.

R. J. WALLEN, Centre de Spectrométrie Nucléaire et de Spectrométrie
de Masse, *Orsay*.

ORDRE DU JOUR

1. Exposé du Président du C.C.E.M.R.I. sur le but de la réunion.
 2. Rapports d'activité des présidents des quatre Sections du C.C.E.M.R.I.
 3. Examen du projet de rapport à la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures.
 4. Discussion des missions clés du B.I.P.M. dans le domaine des rayonnements ionisants.
 5. Activités futures du C.C.E.M.R.I.
 6. Relations du B.I.P.M. avec d'autres organisations internationales dans le domaine des rayonnements ionisants.
 7. Questions diverses.
-

COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE
DES RAYONNEMENTS IONISANTS

6^e SESSION (1975)

RAPPORT

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

par A. RYTZ, Rapporteur

La sixième session du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (C.C.E.M.R.I.) s'est tenue au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les lundi 24 et mardi 25 février 1975.

Étaient présents :

- E. AMBLER, membre du C.I.P.M., président du C.C.E.M.R.I.
- W. A. JENNINGS, président de la Section I; National Physical Laboratory (N.P.L.), Teddington.
- P. J. CAMPION, président de la Section II; National Physical Laboratory (N.P.L.), Teddington.
- R. S. CASWELL, président de la Section III; National Bureau of Standards (N.B.S.), Washington.
- K. SIEGBAHN, président de la Section IV; Institut de Physique, Université d'Uppsala, Uppsala.
- Le directeur du B.I.P.M. (J. TERRIEN).

Absent : M. SANDOVAL VALLARTA, Commission Nationale de l'Énergie Nucléaire, Mexico.

Assistaient aussi à la réunion : P. GIACOMO, sous-directeur du B.I.P.M.; A. ALLISY, A. RYTZ, J. W. MÜLLER, V. D. HUYNH, du B.I.P.M.; Mme M. BOUTILLON, Mlles M.-T. NIATEL et A.-M. ROUX, en stage au B.I.P.M.; Mlle D. GUÉGAN (B.I.P.M.).

Mr Ambler remercie les présidents des quatre Sections de leur excellente contribution à la préparation de cette réunion et Mr Siegbahn, président sortant.

Le but principal de cette réunion est la mise au point du rapport du président du C.C.E.M.R.I. à la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures. Comme Mr Ambler ne disposera que d'un temps très limité pour son rapport oral, il a été décidé de distribuer aux délégués un rapport écrit, plus détaillé, afin d'assurer une meilleure information (*voir* Annexe, p. R 10).

Rapports d'activité des quatre Sections du C.C.E.M.R.I.

Chaque président fait un tour d'horizon de l'activité de sa Section et le personnel du B.I.P.M. expose le travail récent effectué dans les laboratoires.

Section I. — Rayons X et γ , électrons

Mr Jennings fait remarquer que les mesures d'exposition garderont encore longtemps leur place dans la métrologie des rayons X, mais que les mesures de dose absorbée auront une importance croissante. Mr Allisy mentionne qu'en raison du faible effectif du personnel du B.I.P.M., le travail des deux années écoulées a été essentiellement consacré à la préparation des comparaisons internationales.

Comparaisons internationales d'étalons d'exposition. — Mme Boutillon commente brièvement les comparaisons récentes qui ont été effectuées au B.I.P.M. dans le domaine des rayons X de 100 à 250 kV, au moyen de chambres de transfert.

Mesures de dose absorbée. — Le B.I.P.M. a construit un fantôme en graphite pour ces mesures (*voir Procès-Verbaux C.I.P.M.*, **41**, 1973, p. 64). Il n'entend pas pour l'instant s'équiper d'un calorimètre et utilise la méthode ionométrique (chambre à cavité à parois de graphite placée à l'intérieur du fantôme). Les diverses corrections à appliquer font l'objet d'une analyse approfondie en cours. Mlle Niatel explique que l'incertitude due à ces corrections est encore trop grande, de même que celle qui est due aux variations locales de la masse volumique du graphite. Ces dernières ont récemment été étudiées au moyen de mesures de transmission du rayonnement. Un soin particulier a été apporté à l'amélioration de la fidélité des mesures : actuellement, pour le rayonnement γ du ^{60}Co ,

l'écart-type à long terme des mesures d'exposition s'étendant sur plusieurs années est égal à 10^{-4} .

Jusqu'à présent, aucune comparaison d'étalons de dose absorbée n'a été effectuée au B.I.P.M., car l'activité actuelle de la source de ^{60}Co (≈ 200 Ci) est trop faible pour les étalons calorimétriques. D'autre part, effectuer des comparaisons à l'aide de chambres d'ionisation de transfert ne constituerait qu'une solution provisoire de ce problème.

Plusieurs participants soulignent qu'il est nécessaire pour la Section I de savoir, lors de sa prochaine réunion, s'il sera possible ou non au B.I.P.M. de disposer d'une source intense (5 à 10 kCi) de ^{60}Co . Le coût d'une source peut être estimé à 20 000 dollars US pour la source nue et 10 000 dollars US pour l'équipement associé, plus des frais de transport considérables. On pourrait envisager l'acquisition à moindre prix d'une source d'occasion. Le Président propose que le directeur du N.B.S. adresse à ce sujet une lettre aux établissements susceptibles de disposer de telles sources.

Pour souligner l'importance qu'il accorde à ce problème, le C.C.E.M.R.I. adopte à l'unanimité la *Recommandation* R 1 (1975), p. R 9.

Photons de haute énergie (≤ 50 MeV), *faisceaux d'électrons*. — Ces sujets n'ont pas encore été discutés par la Section I. L'acquisition d'un accélérateur d'électrons entraînerait un accroissement de l'effectif du personnel du B.I.P.M. Mais, d'autre part, utiliser l'accélérateur d'un autre établissement ne constituerait pas une solution réaliste. Cependant, Mr Allisy fait remarquer que si les facteurs de correction appliqués aux mesures calorimétriques de dose absorbée dans le cas d'énergies plus élevées de photons ou d'électrons ne sont pas trop imprécis, les mesures dans un faisceau de ^{60}Co pourraient être utilisées comme référence. Dans ce cas, le B.I.P.M. n'aurait pas besoin d'un accélérateur avant quelques années. Mr Caswell ajoute qu'une telle extrapolation semble possible malgré l'absence de preuves expérimentales solides et qu'une analyse théorique est en cours, analyse dont les résultats seront connus prochainement.

Problèmes annexes. — Les expériences permettant de relier l'activité, la puissance émise et l'exposition produite par une même source de ^{60}Co montrent que la valeur de 33,73 J/C actuellement admise pour l'énergie moyenne nécessaire pour produire une paire d'ions dans l'air est probablement inexacte. Les possibilités de mesures nouvelles de cette grandeur sont actuellement à l'étude au B.I.P.M. Une liaison avec des travaux analogues envisagés par l'International Commission on Radiation Units and Measurements (I.C.R.U.) est suggérée par Mr Caswell; elle sera discutée par la Section I. L'I.C.R.U. devrait être incitée à accélérer la préparation des rapports sur ce sujet.

Mlle Roux présente brièvement les mesures de coefficients d'atténuation à 1,33 MeV qu'elle a effectuées dans un pinceau fin de rayons γ (*Procès-Verbaux C.I.P.M.*, **42**, 1974, p. 60); les résultats sont en excellent accord avec ceux qui sont donnés dans les tables publiées par le N.B.S.

Section II. — Mesure des radionucléides

Dans cette Section, en dehors des représentants des laboratoires nationaux, deux observateurs représentant l'A.I.E.A. et le B.C.M.N. prennent part régulièrement aux travaux. Mr Campion explique l'organisation et le fonctionnement des groupes de travail qui ont été formés en 1970 (*voir* Annexe R 1). Ces groupes restent en contact entre eux, avec toute la Section et avec le B.I.P.M. grâce à des rapports périodiques (tous les neuf mois). Les travaux assignés à ces groupes sont, pour certains, de longue durée, mais d'autres ont déjà pu être terminés. Il est prévu de publier et de diffuser les résultats de ces travaux sous la forme de « Monographies BIPM ». La première de ces monographies est en cours de publication.

La Section s'est rendu compte que la suspension des comparaisons internationales de radionucléides risquait de priver les laboratoires moins développés d'une aide importante. Elle a donc accueilli très favorablement l'offre du B.I.P.M. (circulaire du 25 janvier 1971) qui consistait à :

- distribuer des sources solides étalonnées (^{60}Co et ^{54}Mn),
- faire distribuer des ampoules de solutions étalonnées,
- arranger des stages,
- organiser des comparaisons limitées.

Les résultats de cette action sont décrits dans *C.C.E.M.R.I.*, Section II, 2^e réunion, 1972, Annexe R(II) 2.

Les travaux de plusieurs groupes étant suffisamment avancés, les comparaisons internationales pourront reprendre bientôt. Les propositions du groupe de travail N^o 4 (comparaisons futures) seront examinées au cours de la prochaine réunion de la Section II.

Travaux récents du B.I.P.M. — Mr Rytz commente les travaux de mesures d'activité qui sont effectuées au moyen d'un ensemble de comptage par coïncidences $4\pi\beta(\text{CP})-\gamma$. Cette méthode est reconnue généralement comme la plus exacte. Sa précision peut être augmentée par une surveillance permanente du fonctionnement et par des contrôles fréquents au moyen de sources étalons. Une description détaillée de l'installation est en préparation.

L'envoi de sources solides de ^{60}Co à d'autres laboratoires donne souvent lieu à des comparaisons de résultats qui mettent en évidence l'exactitude des mesures. Par contre, les mesures de ^{54}Mn sont beaucoup plus difficiles à contrôler à cause des impuretés radionucléidiques et des quantités d'entraîneur parfois très élevées.

Des comparaisons limitées portant sur des solutions de ^{134}Cs et de ^{139}Ce ont eu lieu récemment. Les participants étaient : L.M.R.I. (France, distributeur), N.P.L. (Royaume-Uni) et B.I.P.M. pour le ^{134}Cs ; N.P.L. (distributeur), A.E.C.L. (Canada), B.C.M.N. (Euratom), P.T.B. (République Fédérale d'Allemagne) et B.I.P.M. pour le ^{139}Ce . Les résultats

sont très encourageants et faciliteront grandement l'organisation des comparaisons internationales et la préparation des formulaires.

Le C.C.E.M.R.I. souligne l'importance fondamentale des études concernant les problèmes de statistique qui apparaissent dans la métrologie des radionucléides. Mr Müller expose brièvement ses travaux dans ce domaine. L'analyse mathématique rigoureuse des distributions d'événements permet de mieux connaître l'influence du temps mort, du temps de résolution et du « time jitter ». Une simulation, directe ou par la méthode dite de « Monte Carlo », est également utilisée avec succès. Elle permet, avec des moyens expérimentaux modestes, le contrôle de résultats obtenus par le calcul. On envisage pour l'avenir l'étude de problèmes liés à l'utilisation de deux canaux (corrections à appliquer aux mesures par coïncidence) et l'étude de paires d'impulsions par la méthode de corrélation (mesures de temps de vie, impulsions secondaires).

Conformément à la recommandation de la Section II, le B.I.P.M. s'est équipé de deux chambres d'ionisation $4\pi\gamma$ (20th Century Electronics), des appareils auxiliaires, dont certains ont été construits au B.I.P.M., ainsi que d'un jeu de sources de référence de ^{226}Ra . De nombreuses mesures de contrôle ont déjà été effectuées. La découverte du mauvais alignement des électrodes a nécessité une réparation des chambres par le constructeur. Quelques contrôles supplémentaires seront nécessaires et le type d'ampoule à utiliser sera choisi. Le B.I.P.M. commencera ensuite à organiser les mesures; il invitera les laboratoires nationaux à lui envoyer des échantillons et mettra sur pied un système international de référence pour les mesures d'activité d'émetteurs de rayons γ . Ce système contribuera à maintenir le niveau d'exactitude des mesures effectuées par les laboratoires nationaux. Il permettra aussi de créer des références internationales pour des mesures de radioprotection et d'environnement; le ^{137}Cs en est un exemple particulièrement important.

Section III. — Mesures neutroniques

Dans son résumé de l'activité de la Section III, Mr Caswell fait remarquer que la détermination du taux d'émission de sources radioactives de neutrons, sujet d'étude principal avant 1970, concernait des mesures relativement simples. En revanche, les comparaisons actuelles de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques posent des problèmes bien plus complexes.

Des détails sur l'organisation de ces comparaisons, les buts et les résultats déjà obtenus, sont exposés dans l'Annexe R 1. Les comparaisons se font pour cinq valeurs d'énergie différentes. Ces valeurs sont déterminées périodiquement, dans certains laboratoires participants, par des mesures de temps de vol. Mais le fait que de telles mesures ne font pas partie des comparaisons représente une source supplémentaire d'erreur. Il convient de noter qu'on ne dispose pas pour les neutrons de faisceaux de référence. Des étalonnages occasionnels peuvent être effectués par une méthode

appropriée (détecteur « noir », compteur proportionnel à hydrogène, méthode de la particule associée) et, dans l'avenir, par comparaison avec une source étalon de ^{252}Cf .

Mr Huynh résume les travaux récents du B.I.P.M. qui dispose de trois sources radioactives de neutrons et d'une source de neutrons de 2,5 MeV obtenus par la réaction $\text{D(d, n)}^3\text{He}$. Les mesures de débit de fluence de neutrons de 2,5 MeV effectuées au B.I.P.M. (qui participe à la comparaison actuelle) sont fondées sur le rapport des taux de comptage de particules (^3He et protons) observé pour un courant cible de $2\ \mu\text{A}$; il en résulte une incertitude non négligeable. Un autre point faible de la méthode est l'évaluation de l'influence de l'important taux de neutrons diffusés (16 %). Cependant, la plupart des résultats obtenus jusqu'à présent sont satisfaisants.

Conformément à la recommandation de la Section III, le B.I.P.M. envisage de compléter son équipement afin de disposer d'un faisceau étalon de neutrons de 14,8 MeV produits par la réaction $^3\text{T(d, n)}^4\text{He}$. Grâce à ce faisceau, la participation du B.I.P.M. aux comparaisons internationales sera plus complète et il lui sera possible d'étalonner des instruments variés pour cette énergie.

Section IV. — Étalons d'énergie alpha ⁽¹⁾

La situation de cette Section diffère de celle des trois autres, car les comparaisons d'étalons ne sont pas utiles dans ce domaine. C'est le B.I.P.M. seul qui détermine les valeurs des énergies, puisqu'il dispose de l'unique instrument pleinement adapté à ces mesures.

Mr Siegbahn souligne l'importance des résultats obtenus pour la spectrométrie nucléaire et pour l'évaluation des masses atomiques. Il est hautement désirable que ces mesures puissent se poursuivre, même à un rythme ralenti. Étant donné que le B.I.P.M. possède un équipement perfectionné et une technique bien éprouvée, un effort modeste lui suffira pour obtenir d'autres résultats précieux.

Attributions du B.I.P.M. dans le domaine des rayonnements ionisants

Les présidents des Sections I, II et III ont examiné avec le personnel concerné du B.I.P.M. les attributions ou « missions clés » relatives à leur domaine d'activité. Pour la Section III, Mr Caswell a rédigé une proposition (Annexe R 2); elle pourra servir de modèle aux autres Sections. Pour la Section IV, un texte de ce genre ne semble pas utile.

⁽¹⁾ Note du BIPM ajoutée aux épreuves. — Le Comité International des Poids et Mesures a décidé à sa 64^e session (mai-juin 1975) de dissoudre cette Section, son domaine d'activité étant confié à la Section II.

Mr Caswell fait remarquer qu'il est difficile de discuter des activités futures du B.I.P.M. avant de connaître les ressources financières qui seront disponibles. Il souligne, par ailleurs, qu'il est important que les Sections discutent de nouvelles méthodes expérimentales, même quand le B.I.P.M. ne les applique pas encore, car celui-ci doit suivre attentivement les progrès des laboratoires nationaux.

Les représentants des Sections ont également revu les différents points du « Programme des travaux futurs » indiqués dans la Convocation à la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures. Une version modifiée est reproduite à l'Annexe R 3.

Activités futures du C.C.E.M.R.I.

Le Président exprime son désir d'arriver à une certaine synchronisation des réunions : il serait souhaitable que les réunions du C.C.E.M.R.I. soient bisannuelles et situées après les réunions des Sections et avant celle du C.I.P.M. Les Sections devront étudier la question lors de leur prochaine réunion; cependant, il paraît difficile de leur imposer ce rythme. Néanmoins, on peut envisager comme date de la prochaine réunion du C.C.E.M.R.I. la première quinzaine de juillet 1977. La réunion suivante aurait lieu quelque temps avant la Conférence Générale de l'automne 1979.

Mr Terrien rappelle que les Sections continueront à présenter leurs rapports respectifs directement au C.I.P.M. Les membres des Comités Consultatifs étant, en principe, désignés à nouveau par le C.I.P.M. après chaque Conférence Générale, les Sections devront présenter pour cette date leurs suggestions concernant un changement éventuel de la liste des membres.

Relations entre le B.I.P.M. et d'autres organisations internationales dans le domaine des rayonnements ionisants

International Commission on Radiation Units and Measurements (I.C.R.U.)

Mr Allisy, vice-président de l'I.C.R.U., donne un bref aperçu de l'histoire et de la structure de cette « société savante ». Son comité est composé de douze personnalités (dont trois au moins sont des docteurs en médecine) et se réunit à peu près annuellement. L'I.C.R.U. a assumé jusqu'en 1960 une partie des tâches dont la Section des rayonnements ionisants du B.I.P.M. est maintenant chargée; il n'est donc pas nécessaire que les laboratoires nationaux y soient représentés.

Les relations entre le B.I.P.M. et l'I.C.R.U. sont de plus en plus étroites : l'I.C.R.U. est représentée au Comité Consultatif des Unités.

Par ailleurs, Mr Müller, du B.I.P.M., participe à l'analyse d'une comparaison internationale de dosimétrie de neutrons (INDI) organisée par l'I.C.R.U.

Agence Internationale de l'Énergie Atomique (A.I.E.A.)

L'Agence se fait représenter régulièrement aux réunions des Sections I et II par des observateurs, conformément à un accord spécial avec le B.I.P.M.

L'A.I.E.A., qui s'efforce d'aider les utilisateurs d'instruments de mesure des rayonnements ionisants, se réfère en principe aux étalons du B.I.P.M. Elle établit actuellement un système de référence pour les mesures d'activité en utilisant une chambre d'ionisation $4\pi\gamma$ semblable à celle du B.I.P.M. Selon les radionucléides considérés, il sera possible ou non de relier les deux systèmes.

Dans le domaine de la Section III, c'est surtout l'évaluation de données neutroniques (sous la responsabilité de Mr J. J. Schmidt de l'A.I.E.A.) qui intéresse le B.I.P.M.

La situation actuelle semble satisfaisante.

Bureau Central de Mesures Nucléaires d'Euratom (B.C.M.N.)

Cette organisation se fait représenter dans les Sections II et III par des observateurs. Le C.C.E.M.R.I. espère que l'excellente coopération qui existe entre le B.C.M.N. et le B.I.P.M. continuera à se développer.

Mr Terrien et Mr Allisy signalent que l'I.C.R.U., le Comité International de Photobiologie (C.I.P.) et l'Union Radioscientifique Internationale (U.R.S.I.) ont décidé de former un « Joint Working Group on Radiation Quantities » pour tenter d'uniformiser les concepts et grandeurs relatifs aux rayonnements. Une première réunion se tiendra au B.I.P.M. en avril 1975. Il a été décidé que le B.I.P.M. jouera le rôle de point central dans cette initiative à laquelle le C.C.E.M.R.I. est vivement intéressé.

Noms spéciaux becquerel et gray pour les unités SI d'activité et de dose absorbée

Mr Allisy rappelle qu'en 1974 l'I.C.R.U. a transmis au Comité Consultatif des Unités une note favorable à l'adoption des noms spéciaux « becquerel » et « gray » pour les unités SI d'activité et de dose absorbée, et a proposé une période de transition pour l'introduction du système SI dans le domaine des rayonnements ionisants.

Le C.C.E.M.R.I. regrette de ne pas avoir été consulté mais constate

qu'il n'y a pas d'opposition réelle à l'introduction de ces deux nouveaux noms. Cependant, on peut s'attendre à certaines difficultés dans la pratique, surtout pour le becquerel.

(5 mars 1975)

**Recommandation du C.C.E.M.R.I.
présentée
au Comité International des Poids et Mesures**

Source de ^{60}Co pour le B.I.P.M.

RECOMMANDATION R 1 (1975) *

Le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants,

considérant

— que la dose absorbée tend à devenir la grandeur la plus importante en radiologie,

— que plusieurs laboratoires nationaux disposent déjà d'étalons primaires de dose absorbée et qu'il est urgent que ces étalons soient comparés entre eux au Bureau International des Poids et Mesures,

— que l'activité de la source de ^{60}Co actuellement disponible est tout à fait insuffisante pour assurer l'exactitude requise de ces comparaisons,

recommande que le B.I.P.M. soit pourvu d'une source de ^{60}Co dont l'activité soit au moins 5 kCi, et de l'équipement auxiliaire correspondant.

* Cette recommandation a été approuvée par le Comité International des Poids et Mesures à sa 64^e session (mai-juin 1975).

ANNEXE R 1

Rapport du Président du C.C.E.M.R.I. présenté à la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures

par E. AMBLER

INTRODUCTION

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

Pour cerner les problèmes des mesures de rayonnement, le C.C.E.M.R.I. est divisé en quatre sections: Section I, Rayons X et γ , électrons; Section II, Mesure des radionucléides; Section III, Mesures neutroniques et Section IV,

Étalons d'énergie alpha. En rendant compte des travaux de ces quatre sections, nous envisagerons les besoins en étalons et en comparaisons internationales de mesures de rayonnement d'après un programme d'activités planifiées, de réalisations et de projets pour les travaux à venir.

SECTION I. RAYONS X ET γ , ELECTRONS

Besoin en étalons d'exposition et de dose absorbée, et comparaisons internationales de ces étalons

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

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

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

Programme d'activité envisagé

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

1. Le B.I.P.M. organisera des comparaisons périodiques d'étalons d'exposition (débits de quelques röntgens par seconde) pour les rayons X dans le domaine de 10 à 250 kV et pour les photons du ^{60}Co , afin d'assurer que les étalons nationaux se rapportent à la même série d'étalons stables, c'est-à-dire ceux du B.I.P.M.
2. On doit préparer des comparaisons de dose absorbée pour le rayonnement γ du ^{60}Co .
3. Afin de relier l'activité, la puissance et le débit d'exposition, une série de mesures à l'aide de grains de ^{60}Co doit être entreprise par le N.B.S. et le B.I.P.M.
4. La P.T.B. (République Fédérale d'Allemagne, R.F.A.) et le R.I.V. (Pays-Bas) étudieront les corrections d'humidité nécessaires pour les mesures d'exposition au moyen de chambres d'ionisation à cavité.

Réalisations

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

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

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

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

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

Lors de la deuxième réunion de la Section I, on s'est mis d'accord sur les méthodes de comparaison et sur la spécification d'un fantôme en graphite; un fantôme de ce type a été construit au B.I.P.M. On n'a cependant pas encore effectué de comparaisons au B.I.P.M. car l'activité de la source de ^{60}Co dont le B.I.P.M. dispose actuellement est insuffisante pour des comparaisons par la méthode calorimétrique. Le but est de faire des comparaisons

calorimétriques directes. Toutefois, à titre provisoire, on peut être amené à utiliser, à la place des calorimètres, des dispositifs de transfert tels que des chambres d'ionisation appropriées mais qui nécessitent préalablement certains travaux théoriques complexes. Les problèmes soulevés par la situation actuelle constitueront le sujet principal des discussions de la troisième réunion de la Section. Des experts en calorimétrie ont été invités à participer aux séances pendant lesquelles ces problèmes seront discutés. Le C.C.E.M.R.I. estime que l'acquisition par le B.I.P.M. d'une source de plus grande activité est de la plus haute priorité.

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

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

Travaux futurs

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

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

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

SECTION II. MESURE DES RADIONUCLÉIDES

Besoin en étalons et comparaisons internationales

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

Programme des activités

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

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

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

Réalisations

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

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

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

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

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

Travaux futurs

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

1. Continuation de la série de rapports sur la métrologie des radionucléides;

2. Mise en route du système de comparaison continue pour les étalons de radioactivité fondé sur les chambres d'ionisation de référence conservées au B.I.P.M.;
3. Exécution d'une nouvelle série de comparaisons internationales pour quelques radionucléides;
4. Autres services, tels que distribution de sources solides aux pays en voie de développement.

SECTION III. MESURES NEUTRONIQUES

Besoin en étalons et comparaisons internationales

Des mesures neutroniques exactes et cohérentes, et par conséquent des étalons neutroniques, sont nécessaires dans les domaines suivants.

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

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

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

3. Radiothérapie neutronique du cancer - La thérapie du cancer au moyen de neutrons peut présenter un avantage radiobiologique sur la radiothérapie conventionnelle au moyen de rayons X, rayonnements γ et électrons. Les premiers résultats d'essais cliniques en Angleterre et aux États-Unis sont encourageants. Pour mettre au point correctement ce procédé et lui assurer le maximum de succès, il est nécessaire d'avoir des étalons de dosimétrie neutronique (kerma ou dose absorbée). Les laboratoires nationaux commencent tout juste à pénétrer dans ce domaine. Il se peut que le B.I.P.M. doive s'intéresser dans l'avenir aux étalons de dosimétrie neutronique. Les travaux actuels sur la mesure du débit de fluence de neutrons sont utiles, car cela constitue un moyen indépendant de déterminer la dose.

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

Programme des activités

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

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

Réalisations

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

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

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

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

Travaux futurs

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

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

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

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

- a) Comparaison d'une source intense de neutrons de ^{252}Cf ; cette comparaison dépend de l'intérêt qu'y portent les laboratoires nationaux;
- b) Amélioration des instruments de transfert pour la mesure de débit de fluence de neutrons rapides afin de permettre des comparaisons plus précises;
- c) Participation du B.I.P.M. aux travaux sur les étalons de dosimétrie des neutrons rapides en vue de l'organisation d'une comparaison de dosimétrie des neutrons rapides entre les laboratoires nationaux.

SECTION IV. ETALONS D'ENERGIE ALPHA

Besoin en étalons et comparaisons internationales

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

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

Programme des activités futures

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

Réalisations

Depuis 1971, on a obtenu six nouvelles valeurs d'énergie de particules alpha avec des mesures de ^{232}U , ^{240}Pu , ^{148}Gd et ^{210}Po . Les trois premiers émetteurs n'avaient pas été mesurés de façon absolue auparavant; le ^{240}Pu

est un étalon très important sur lequel sont fondées une vingtaine d'autres valeurs; le ^{210}Po , en dépit de la contamination qu'il produit, est de loin l'émetteur de particules alpha le plus utilisé. Certaines des nombreuses mesures antérieures contiennent de grosses erreurs systématiques que l'on retrouve toujours dans les publications. Les nouveaux résultats du B.I.P.M. clarifient la situation une fois pour toutes. De plus, on a obtenu des valeurs améliorées pour le ^{212}Bi et quelques résultats préliminaires concernant le profil spectral des raies.

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

Travaux futurs

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

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

ANNEXE R 2

Attributions de la Section III (Mesures neutroniques) du C.C.E.M.R.I.

La mission de la Section III est d'assister le B.I.P.M. dans son rôle d'organisme central coordonnant les mesures internationales de rayonnements neutroniques. Un des buts du B.I.P.M. est d'assurer l'exactitude et l'uniformité des mesures neutroniques dans les différents pays. Pour atteindre ce but, la Section III :

1. conseille le B.I.P.M. pour la réalisation et la conservation de ses étalons neutroniques et pour son programme de mesures;
 2. prend part à l'organisation, la mise en oeuvre, l'analyse et l'interprétation de comparaisons de mesures neutroniques entre les laboratoires nationaux primaires (et éventuellement d'autres laboratoires);
 3. recommande les meilleures valeurs des constantes à utiliser et des corrections à appliquer en ce qui concerne les mesures neutroniques et les comparaisons;
 4. encourage les laboratoires nationaux à améliorer l'exactitude et l'uniformité des mesures neutroniques et des méthodes utilisées dans les chaînes d'étalonnages neutroniques.
-

ANNEXE R 3

Programme des travaux futurs de la Section des Rayonnements ionisants du B.I.P.M.

Première priorité

Exposition X, γ ; dose absorbée

Comparaisons internationales d'étalons d'exposition (rayons X 10-50 kV, 100-250 kV, rayons γ du ^{60}Co).
Comparaisons internationales de mesures de dose absorbée (^{60}Co).
Mesure de l'énergie d'ionisation W.

Étalons d'activité

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

Mesures neutroniques

Certification de sources de neutrons (mesures de débit par le bain de manganèse).
Participation aux mesures comparatives internationales du faisceau monocinétique du B.I.P.M. et de ceux des autres laboratoires nationaux.
Étude et étalonnage d'un faisceau monocinétique de neutrons de 14 MeV.
Participation à l'analyse des résultats de la comparaison internationale de dosimétrie de neutrons rapides organisée par l'I.C.R.U.

Deuxième priorité

Étude des facteurs de correction des étalons d'exposition et de dose absorbée.
Extension à d'autres domaines d'énergie.

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

Participation aux mesures comparatives d'une source intense de ^{252}Cf .
Étude et amélioration des instruments de transfert pour les mesures de débit de fluence de neutrons rapides.
Étude dans le domaine de dosimétrie des neutrons rapides.

TABLE DES MATIÈRES

COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE DES RAYONNEMENTS IONISANTS 6^e Session (1975)

	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 A. Rytz	R 1
Introduction sur le but de la réunion	2
Rapports d'activité des quatre Sections du C.C.E.M.R.I.	
— Section I : Rayons X et γ , électrons (Comparaisons internationales d'étalons d'exposition; mesures de dose absorbée; photons de haute énergie (≤ 50 MeV) et faisceaux d'électrons; problèmes annexes (W , mesures de coefficients d'atténuation à 1,33 MeV))	2
— Section II : Mesure des radionucléides (Situation actuelle des travaux (groupes de travail, comparaisons internationales); travaux récents du B.I.P.M. (mesures d'activité, expédition de sources solides à divers laboratoires, comparaisons restreintes, problèmes de statistique, système de référence $4\pi\gamma$))	4
— Section III : Mesures neutroniques (Comparaisons de débit de fluence de neutrons rapides monocinétiques; travaux récents du B.I.P.M. (participation aux comparaisons internationales de débit de fluence; faisceau étalonné de neutrons de 14,8 MeV))	5
— Section IV : Étalons d'énergie alpha (Résultats obtenus)	6
Attributions du B.I.P.M. dans le domaine des rayonnements ionisants (Propositions pour le domaine d'activité de la Section III et le programme de travail futur du B.I.P.M.)	6
Activités futures du C.C.E.M.R.I. (Fréquence des sessions du C.C.E.M.R.I. et des réunions de ses Sections; présentation des rapports des Sections directement au C.I.P.M.; question de la liste des membres des Sections)	7
Relations entre le B.I.P.M. et d'autres organisations internationales dans le domaine des rayonnements ionisants (I.C.R.U., A.I.E.A. et B.C.M.N.; annonce de la création d'un « Joint Working Group on Radiation Quantities »)	7

Proposition d'adoption de noms spéciaux pour les unités SI d'activité et de dose absorbée (becquerel, gray)	8
Recommandation présentée au Comité International des Poids et Mesures : <i>Recommandation R 1 (1975) (Source de ⁶⁰Co pour le B.I.P.M.)</i>	9

Annexes

R 1. <i>Rapport du Président du C.C.E.M.R.I. présenté à la 15^e Conférence Générale des Poids et Mesures</i> , par E. Ambler	10
R 2. <i>Attributions de la Section III (Mesures neutroniques) du C.C.E.M.R.I.</i>	21
R 3. <i>Programme des travaux futurs de la Section des Rayonnements Ionisants du B.I.P.M.</i>	22



IMPRIMERIE DURAND
28600 LUISANT (FRANCE)

Dépôt légal, Imprimeur, 1976, n° 546
ISBN 92-822-2040-0

ACHEVÉ D'IMPRIMER LE 1976-10-15

Imprimé en France