

**COMITÉ CONSULTATIF
POUR LES ÉTALONS DE MESURE DES RAYONNEMENTS IONISANTS
SESSION DE 1983**

BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES



COMITÉ CONSULTATIF
POUR
LES ÉTALONS DE MESURE DES
RAYONNEMENTS IONISANTS

ISBN 92-822-2085-0

NOTICE SUR LES ORGANES DE LA CONVENTION DU MÈTRE

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

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

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

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

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

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

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

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

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

(1) Au 31 décembre 1983, quarante-six États sont membres de cette Convention : Afrique du Sud, Allemagne (Rép. Fédérale d'), Allemande (Rép. Démocratique), Amérique (É.-U. d'), Argentine (Rép.), Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Bulgarie, Cameroun, Canada, Chili, Chine (Rép. Pop. de), Corée (Rép. de), Corée (Rép. Pop. Dém. de), Danemark, Dominicaine (Rép.), Égypte, Espagne, Finlande, France, Hongrie, Inde, Indonésie, Iran, Irlande, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pakistan, Pays-Bas, Pologne, Portugal, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Thaïlande, Turquie, U.R.S.S., Uruguay, Venezuela, Yougoslavie.

Une trentaine de physiciens ou techniciens travaillent dans les laboratoires du Bureau International; ils font des recherches métrologiques ainsi que des mesures dont les résultats sont consignés dans des certificats portant sur des étalons des grandeurs ci-dessus. La dotation annuelle du Bureau International est de l'ordre de 10 720 000 francs-or (en 1983), soit environ 19 450 000 francs français.

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

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

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

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

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

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

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

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

Comité International des Poids et Mesures

Secrétaire
J. DE BOER

Président
J. V. DUNWORTH

LISTE DES MEMBRES
DU
COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE
DES RAYONNEMENTS IONISANTS

Président : E. AMBLER, National Bureau of Standards, Washington.

Membres :

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.

H.-M. WEISS (président de la Section II), Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig.

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 :

AUSTRALIAN RADIATION LABORATORY [ARL], Yallambic.

BUREAU NATIONAL DE MÉTROLOGIE, Paris : Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants [LMRI], Saclay.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES [NRC], Ottawa.

ELECTROTECHNICAL LABORATORY [ETL], Ibaraki.

INSTITUT DE MÉTROLOGIE D. I. MENDÉLÉEV [IMM], Leningrad.
 INSTITUT NATIONAL DE MÉTROLOGIE [NIM], Beijing.
 INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIATION UNITS AND MEASUREMENTS
 [ICRU], Washington.
 NATIONAL BUREAU OF STANDARDS [NBS], Washington.
 NATIONAL INSTITUTE OF RADIATION PROTECTION [NIRP], Stockholm.
 NATIONAL PHYSICAL LABORATORY [NPL], Teddington.
 ORSZÁGOS MÉRÉSÜGYI HIVATAL [OMH], Budapest.
 PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT [PTB], Braunschweig.
 POLSKI KOMITET NORMALIZACJI I MIAR [PKNM], Varsovie.
 RIJKS INSTITUUT VOOR DE VOLKSGEZONDHEID [RIV], Utrecht.
 A. ALLISY, Conservatoire National des Arts et Métiers, Paris.
 A. BROSED, Junta de Energía Nuclear, Madrid.
 Le Directeur du Bureau International des Poids et Mesures [BIPM], Sèvres.

SECTION II. *Mesure des radionucléides*

Président : H.-M. WEISS, Physikalisch-Technische Bundesanstalt,
 Braunschweig.

Membres :

AUSTRALIAN ATOMIC ENERGY COMMISSION [AAEC], Sutherland.
 BUREAU NATIONAL DE MÉTROLOGIE, Paris : Laboratoire de Métrologie des
 Rayonnements Ionisants [LMRI], Saclay.
 CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES [NRC], Ottawa.
 INSTITUT DE MÉTROLOGIE D. I. MENDÉLÉEV [IMM], Leningrad.
 INSTITUT NATIONAL DE MÉTROLOGIE [NIM], Beijing.
 NATIONAL ACCELERATOR CENTRE [NAC], Faure.
 NATIONAL BUREAU OF STANDARDS [NBS], Washington.
 NATIONAL PHYSICAL LABORATORY [NPL], Teddington.
 PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT [PTB], Braunschweig.
 J.-J. GOSTELY, Institut d'Électrochimie et Radiochimie, EPFL, Lausanne.
 J. G. V. TAYLOR, Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River.
 Le Directeur du Bureau International des Poids et Mesures [BIPM], Sèvres.

SECTION III. *Mesures neutroniques*

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

Membres :

BUREAU NATIONAL DE MÉTROLOGIE, Paris : Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants [LMRI], Saclay.

CONSEIL NATIONAL DE RECHERCHES [NRC], Ottawa.

ELECTROTECHNICAL LABORATORY [ETL], Ibaraki.

INSTITUT DE MÉTROLOGIE D. I. MENDÉLÉEV [IMM], Leningrad.

INSTITUT NATIONAL DE MÉTROLOGIE [NIM], Beijing.

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS [NBS], Washington.

NATIONAL PHYSICAL LABORATORY [NPL], Teddington.

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT [PTB], Braunschweig.

J. J. BROERSE, Radiobiological Institute, Rijswijk.

H. LISKIEN, Bureau Central de Mesures Nucléaires, Euratom, Geel.

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

ORDRE DU JOUR
de la 10^e Session

1. Rapports d'activité des trois Sections du CCEMRI et travaux connexes du BIPM.
 2. Rapports du président du CCEMRI au CIPM et à la CGPM.
 3. Divers.
-

RAPPORT
DU
COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE
DES RAYONNEMENTS IONISANTS
(10^e Session — 1983)
AU
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

par R. S. CASWELL, Rapporteur

Résumé. On décrit l'activité des trois Sections du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants pendant les deux dernières années, ainsi que les projets de travaux futurs. La Section I (Rayons X et γ , électrons) a étudié les résultats des récentes comparaisons d'étalons primaires d'exposition dans les domaines de débits d'exposition utilisés en radiothérapie et mentionné les comparaisons d'instruments employés en radioprotection. Dans le domaine de la dose absorbée, elle suggère qu'on organise une seconde comparaison de systèmes de dosimétrie chimique Fricke. Les nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement qui seront bientôt recommandées par l'ICRU pour les électrons pourraient entraîner des changements pour les références d'exposition du BIPM et de certains laboratoires nationaux (rayonnement γ du ^{60}Co), mais on juge qu'il est prématuré de prendre une décision. Un Groupe de travail est créé pour comparer les valeurs des incertitudes utilisées par les laboratoires nationaux pour leurs étalons primaires. Les travaux du BIPM dans le domaine des rayons X et γ portent essentiellement sur l'analyse des résultats des comparaisons internationales, les études faites sur la position d'une chambre d'ionisation à cavité servant à déterminer la dose absorbée dans un fantôme de graphite, le quotient des mesures de l'exposition et de la dose absorbée dans l'air et dans un fantôme de graphite, et l'influence des nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement sur les déterminations expérimentales de W_{air} . La Section II (Mesure des radionucléides) a étudié les résultats de deux comparaisons internationales: la deuxième comparaison restreinte de ^{133}Ba sera suivie d'une troisième en raison des résultats peu satisfaisants obtenus, puis d'une comparaison à grande échelle; une comparaison à grande échelle de ^{137}Cs a fait l'objet d'une analyse détaillée par le BIPM; après quelques modifications, elle sera publiée comme Rapport BIPM. De nouveaux Groupes de travail sont créés pour étudier divers problèmes dans le domaine de la métrologie des radionucléides. Le Système international de

référence continue à se développer de façon satisfaisante. Dans le domaine de la spectrométrie alpha, de nouvelles mesures de ^{236}Pu ont été effectuées au BIPM. Par ailleurs, la méthode d'échantillonnage sélectif a fait l'objet de nouveaux développements. La Section III (Mesures neutroniques) a fait le point des diverses comparaisons internationales qu'elle a organisées : comparaisons de sources de neutrons, comparaisons de mesures de débit de fluence de neutrons et comparaisons de dosimétrie neutronique. Certaines mesures sont terminées et les résultats sont en cours d'analyse (réaction $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$, activation d'échantillons de Nb/Zr, comparaison de dosimétrie neutronique au NPL) ; d'autres se poursuivent (réaction $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116}\text{In}^m$, chambres à fission de ^{235}U et ^{238}U). Un Groupe de travail est créé pour étudier les méthodes de transfert adéquates qui permettraient au BIPM d'assurer un « service de contrôle de fluence de neutrons ». Le BIPM est chargé d'organiser une comparaison de dosimétrie neutronique à long terme. Il a déjà étudié divers instruments de transfert et sélectionné les plus appropriés pour les mesures. Enfin, le CCEMRI est en faveur de la création au BIPM de quelques bourses pour des étudiants qui préparent des thèses.

La dixième session du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI) s'est tenue au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 22 et 23 juin 1983.

Étaient présents :

E. AMBLER, membre du CIPM, président du CCEMRI.

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

H.-M. WEISS, président de la Section II ; Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig.

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

W. H. HENRY, Conseil National de Recherches du Canada (NRC), Ottawa.

Le directeur du BIPM (P. GIACOMO).

Assistaient aussi à la réunion : J. TERRIEN, directeur honoraire du BIPM ; T. J. QUINN, sous-directeur du BIPM (un jour), A. ALLISY, A. RYTZ, J. W. MÜLLER, V. D. HUYNH (BIPM) ; Mme M. BOUTILLON, Mlle M.-T. NIATEL et Mme A.-M. PERROCHE (en stage au BIPM) ; Mme D. MÜLLER (BIPM).

Mr Ambler ouvre la session et souhaite la bienvenue à Mr Henry qui succédera à Mr Jennings comme président de la Section I après cette réunion. Mr Ambler remercie Mr Jennings pour les précieux services rendus à la Section I et au CCEMRI * pendant ses années de présidence. Mr Caswell est désigné comme rapporteur.

* L'Annexe R 1 donne la liste des laboratoires et organisations mentionnés dans ce rapport.

1. Rapports d'activité des trois Sections du CCEMRI et travaux connexes du BIPM

Le président de chaque Section présente l'activité de sa Section, et le personnel du BIPM les travaux récents effectués dans la section des rayonnements ionisants.

Section I — Rayons X et γ , électrons (Président : W. A. Jennings)

Mr Jennings indique que, depuis la dernière session du CCEMRI, la Section I s'est réunie une fois, du 18 au 20 avril 1983. Tous les membres et observateurs étaient présents, à l'exception du délégué soviétique. Les participants ont fourni un grand nombre de documents ; malheureusement, beaucoup d'entre eux ont été distribués au dernier moment ou même pendant la réunion. Mr Jennings fait remarquer que le seul moyen d'obtenir des documents est d'organiser une réunion. En réponse à une question de Mr Ambler sur la nature des documents, Mr Jennings dit qu'ils couvrent une grande variété de sujets : comparaisons internationales, recherche, méthodes d'étalonnage, etc.

Neuf comparaisons d'étalons primaires d'exposition ont eu lieu dans le domaine des débits d'exposition utilisés en radiothérapie. Trois d'entre elles ont été effectuées au BIPM et les six autres sont des comparaisons bilatérales entre deux ou plusieurs laboratoires nationaux. Trois comparaisons concernent les rayons X de 100 à 250 kV et le rayonnement gamma du ^{60}Co , trois le rayonnement gamma du ^{60}Co , deux les rayons X de 100 à 250 kV et une les rayons X de 10 à 50 kV. Par ailleurs, des comparaisons ont eu lieu entre les laboratoires d'étalonnage des quatre pays scandinaves pour les rayons X de 10 à 50 kV et le rayonnement gamma du ^{60}Co .

Mr Ambler demande si les rapports au CIPM et à la CGPM comporteront des représentations graphiques des résultats des comparaisons de mesures d'exposition. Mr Jennings répond que ces rapports comprendront un résumé des travaux accomplis mais pas de courbes. Mr Ambler demande si des comparaisons de dose absorbée ont eu lieu pendant la période concernée. Mr Jennings répond par la négative.

Cependant, en ce qui concerne les comparaisons de dose absorbée, la Section I a décidé de publier le rapport de la comparaison de systèmes de dosimétrie chimique Fricke effectuée de 1979 à 1981 ; par ailleurs, il serait utile d'organiser une nouvelle comparaison similaire pour les laboratoires qui n'ont pas pu participer à la première ou qui n'ont pas pu terminer leurs travaux la dernière fois. Les systèmes de dosimétrie Fricke, utilisés avec beaucoup de soin, donnent une bonne exactitude (écart-type d'environ 1 %). C'est une méthode de choix pour

comparer les faisceaux de photons et d'électrons aux énergies élevées et elle produit peu de perturbation dans le fantôme. Mr Ambler demande s'il y a déjà eu des comparaisons à des énergies plus élevées. Mr Jennings répond par la négative. Toutefois, une comparaison bilatérale de mesures de débits de dose absorbée a été effectuée entre les irradiateurs de ^{60}Co du NPL et du NBS dans des champs de rayonnement à débits de dose élevés, au moyen d'un système Fricke ou d'un système au bichromate de potassium, selon les débits de dose mesurés. Elle concerne les rayonnements pour usage industriel et l'irradiation des denrées alimentaires; ces utilisations sont plus développées dans certains pays que dans d'autres.

Une brève discussion s'engage ensuite au sujet des rapports du président du CCEMRI à la CGPM et au CIPM. On pense que le rapport à la CGPM doit être court, de six à dix pages dactylographiées, et doit s'adresser au non-spécialiste. Les deux rapports devraient mentionner les exactitudes requises. Mr Ambler souligne aussi la nécessité d'expliquer clairement le but du travail, surtout dans le rapport à la CGPM.

Mr Jennings signale qu'on a aussi présenté des comparaisons faites à des débits d'exposition utilisés en radioprotection, ce qui est nouveau pour la Section I. Une comparaison de dosimètres individuels a été organisée entre 35 instituts des pays de la CCE. Elle a été précédée par une comparaison au RIV des étalons de radioprotection du NPL, de la PTB et du RIV qui s'accordent à 2 % près.

Par ailleurs, et en accord avec une proposition faite à la sixième réunion de la Section I, douze laboratoires nationaux ont participé à une comparaison d'étalons d'exposition utilisés en radioprotection, au moyen de dosimètres thermoluminescents expédiés par voie postale; la comparaison est terminée mais on ne disposait pas encore des résultats au moment de la réunion.

Mr Jennings soulève le problème des rapports des pouvoirs de ralentissement. Un comité ICRU prépare actuellement un rapport qui contient de nouvelles valeurs de pouvoirs de ralentissement recommandées pour les électrons. Le changement du rapport moyen des pouvoirs de ralentissement du graphite et de l'air entraînerait un changement de 0,7 % de la valeur de l'exposition mesurée par la chambre étalon du BIPM pour le rayonnement du ^{60}Co . Des changements similaires s'appliqueraient aux chambres à cavité étalons servant à mesurer l'exposition dans certains laboratoires nationaux. Cependant, comme les rapports ICRU sur les pouvoirs de ralentissement et sur la dosimétrie des électrons aux énergies élevées ne sont pas encore publiés, la Section I pense qu'une décision relative au changement des étalons primaires d'exposition (chambres de graphite dont la cavité est remplie d'air) doit être différée jusqu'à sa prochaine réunion. Les laboratoires primaires s'accordent à 0,5 % près pour les mesures d'exposition mais, à cause d'éventuelles erreurs systématiques communes, l'exactitude

absolue se situe entre 0,5 et 1 %. Mr Ambler s'enquiert de ce qui a été dit sur l'exactitude dans les rapports précédents. Il en a été question dans ces rapports et on pense que les valeurs mentionnées sont compatibles avec les valeurs ci-dessus.

Mr Allisy fait remarquer que la grandeur « exposition » est de moins en moins utilisée et qu'elle est remplacée par le kerma dans l'air et le kerma dans l'eau. Il mentionne, par ailleurs, qu'avec les chambres à cavité on mesure maintenant le kerma dans l'air avec une exactitude plus grande que l'exposition. Mr Jennings indique que le NPL donne les étalonnages à la fois en termes de kerma dans l'air et d'exposition. D'autres laboratoires nationaux agissent de même.

Mr Jennings signale que, sur proposition du NBS, la Section I s'emploiera, pendant les deux années à venir, à comparer les valeurs estimées des incertitudes utilisées par les laboratoires nationaux pour leurs étalons primaires. Un Groupe de travail sur l'estimation des incertitudes est créé. Il comporte trois sous-groupes coordonnés par trois laboratoires nationaux qui rassembleront les informations existantes. Ce sont :

- l'ARL pour les chambres à parois d'air,
- le NBS pour les chambres à cavité en graphite, et
- le RIV pour les calorimètres en graphite.

Les incertitudes doivent être présentées sous la forme (types A et B) recommandée par le Groupe de travail du CIPM sur l'expression des incertitudes. Il s'en est suivi une discussion sur ce sujet. Mr Allisy souligne que, pour des raisons de cohérence, il est souhaitable de toujours exprimer les incertitudes en termes de « 1σ ». Mr Ambler aimerait que, dans le but d'informer les non-spécialistes, on fasse le point sur ce qu'on peut obtenir dans ce domaine.

Le BIPM ne s'occupe pas encore directement des mesures de rayonnement pour usage industriel. C'est l'AIEA qui organise les comparaisons dans plusieurs pays. L'emploi de ces rayonnements augmente régulièrement dans différents domaines : stérilisation des produits pharmaceutiques, polymérisation et amélioration des propriétés des polymères. Mr Ambler demande quelle est l'importance économique de ces traitements dans le monde. Mr Jennings demandera une valeur globale à S. C. Ellis, du NPL. Mr Ambler demande quelle est l'exactitude requise pour les mesures. Mr Jennings estime qu'une exactitude de 5 % est souhaitable pour la stérilisation d'instruments médicaux mais souligne qu'elle est en général tributaire de facteurs économiques étant donné le coût des doses délivrées.

Les rapports d'activité présentés à la Section I par plusieurs laboratoires couvrent divers domaines : d'une part, les modifications intervenues depuis 1981 dans les étalons, les installations et les services et, d'autre part, les problèmes de recherche et de développement. Ainsi, l'un des documents présente un nouveau type de calorimètre pour la

mesure de la dose absorbée : le calorimètre à eau et polystyrène mis au point par S. R. Domen (NBS), pour tenter d'éviter les problèmes posés par les réactions chimiques (mal connues) de l'eau du calorimètre en présence du rayonnement, en particulier le défaut de chaleur de 3 à 4 %.

Mr Jennings a écrit un article pour mieux faire connaître les activités de la Section I aux utilisateurs des rayonnements ionisants : W. A. Jennings, « Promulgation of the international measurement system for photon and electron irradiation », *Brit. J. Radiology* **55**, 1982, pp. 691-694. Il encourage ses autres collègues à faire de même et aussi à écrire des articles en d'autres langues. Mr Caswell félicite Mr Jennings pour ce travail de pionnier et signale que la Section III lui a demandé de préparer, au sujet des travaux de sa section, deux articles du même genre, destinés à des publics différents travaillant dans le domaine des rayonnements ionisants.

La discussion porte ensuite sur les travaux du Bureau International des Poids et Mesures.

Mme Boutillon, stagiaire dans la Section des rayonnements ionisants, présente une analyse des résultats des comparaisons internationales de mesures d'exposition de rayons X dans le domaine de 100 à 250 kV. On note une décroissance avec l'énergie (caractérisée par la couche de demi-atténuation) du rapport $\bar{X}/\bar{X}_{\text{BIPM}}$ qui peut être due à un manque d'exactitude de certains facteurs de correction. De nouveaux calculs de K_c (correction pour les pertes d'électrons dues au manque d'espacement entre les plaques) ont été faits ; les résultats sont en accord avec ceux des mesures faites au BIPM il y a quelques années, à 100 kV, au moyen d'un champ d'induction, mais ils diffèrent des résultats obtenus par Wyckoff et Attix. Il faudrait que des laboratoires nationaux entreprennent de nouvelles mesures de ce facteur de correction.

Mlle Niatel, stagiaire dans la Section des rayonnements ionisants, relate les études qu'elle a faites sur la position d'une chambre d'ionisation plate à cavité servant à déterminer la dose absorbée dans un fantôme de graphite (*Phys. in Med. and Biol.* **28**, 1983, pp. 407-410). Des mesures ont été effectuées dans le faisceau de ^{60}Co en plaçant la chambre d'ionisation dans le fantôme, dans deux positions différentes par rapport au plan de référence choisi. Le rapport expérimental obtenu a été comparé, pour différentes profondeurs, au rapport théorique donné par le calcul (M. Boutillon, *Phys. in Med. and Biol.* **28**, 1983, pp. 375-388). Les résultats sont satisfaisants, bien qu'on observe, à toutes les profondeurs, une légère déviation systématique qui pourrait être due à une surestimation du rayonnement diffusé dans le fantôme. La cohérence interne des calculs de Mme Boutillon est confirmée par ces expériences et ceci prouve qu'on peut obtenir des valeurs de la dose absorbée en un point, dans un fantôme, à partir de mesures d'ionisation, quelle que soit la position de la cavité par rapport au point choisi pour déterminer la dose absorbée.

Mlle Niatel relate aussi une étude sur le quotient des mesures de la dose absorbée et de l'exposition faites avec une même chambre d'ionisation placée successivement dans un fantôme de graphite et dans l'air, à la même distance de la source. On a comparé les valeurs théorique et expérimentale du quotient D_C/X et trouvé une différence de 0,3 % qui n'est pas significative étant donné les incertitudes. Puisque l'accord est jugé raisonnable, on peut prendre la valeur de la mesure de l'exposition comme base pour en déduire par le calcul D_C , puis D_W (dose absorbée dans l'eau).

Il est intéressant de comparer la valeur de D_W ainsi obtenue au résultat de la comparaison des systèmes de dosimétrie chimique Fricke. Si l'on utilise les constantes usuelles [rapports des pouvoirs de ralentissement de Berger et Seltzer (1964) et $W/e = 33,85 \text{ J C}^{-1}$ de l'ICRU (1979)], on trouve que la valeur de D_W dérivée de l'exposition est 0,3 % plus élevée que la valeur de la comparaison des systèmes de dosimétrie Fricke. L'accord entre les mesures de l'exposition dans l'air et celles de la dose absorbée dans un fantôme est d'une grande importance pratique.

Mlle Niatel décrit aussi les mesures de la recombinaison des ions en fonction de la pression et du courant d'ionisation.

Mme Perroche, stagiaire dans la Section des rayonnements ionisants, expose l'influence des nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement de l'ICRU (« Stopping Power Report », sous presse) sur la détermination des valeurs de W_{air} obtenues à partir de la comparaison des mesures d'activité et d'exposition effectuée au BIPM en 1972, d'une part, et à partir des comparaisons de dose absorbée faites au BIPM de 1977 à 1979, d'autre part. Les valeurs de W/e ainsi obtenues devraient être respectivement $33,81 \text{ J C}^{-1}$ et $33,96 \text{ J C}^{-1}$. L'incertitude principale vient, dans le premier cas, du coefficient d'absorption d'énergie de l'air et, dans le second cas, du rapport des pouvoirs de ralentissement de l'air et du graphite.

L'emploi des nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement améliore l'accord entre les valeurs de W/e dérivées de ces comparaisons et la valeur $33,85 \text{ J C}^{-1}$ recommandée dans le Rapport ICRU (« Average energy required to produce an ion pair », 1979).

Mr Allisy souligne que ceci constitue une preuve expérimentale nette en faveur des nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement.

Section II — Mesure des radionucléides (Président : H.-M. Weiss)

Mr Weiss fait d'abord part de quelques changements de personnes intervenus parmi les membres et observateurs de la Section II : A. P. Baerg (NRC) a pris sa retraite et est remplacé par D. C. Santry ; G. C. Lowenthal (AAEC) a pris sa retraite et est remplacé par D. F. Urquhart ; Mme J. S. Merritt (AECL) a également pris sa retraite, mais J. G. V. Taylor a de nouveau rejoint le groupe. H. Vonach (IRK)

a donné sa démission de la Section II et est remplacé par G. Winkler comme observateur. J. Legrand (LMRI) est appelé à de nouvelles tâches qui l'empêcheront dorénavant de représenter son laboratoire au sein de la Section II. J. Steyn (NAC) était malade au moment de la réunion de la Section II et est décédé peu après.

Mr Weiss indique qu'il pourra continuer à présider la Section II jusqu'à la fin de 1985, mais sans doute pas au-delà car la République Fédérale d'Allemagne est en train d'abaisser la limite d'âge de départ en retraite à cinquante-huit ans.

Comparaison de ^{133}Ba . — Mr Weiss rappelle que le ^{133}Ba est un nucléide à capture électronique à schéma de désintégration complexe. Comme il a une période de plus de dix ans, c'est un bon radionucléide pour une comparaison. Une comparaison restreinte effectuée en 1978 a donné des résultats peu satisfaisants. On a préparé une deuxième solution, stable à 2×10^{-4} près et contrôlée pour l'adsorption dans les parois ; on a néanmoins observé une augmentation apparente de la masse de la solution dans les ampoules, pouvant atteindre 2 %. Jusqu'à présent, on n'a pas trouvé d'explication à ce mystère. La Section II pense qu'il n'est pas opportun d'entreprendre de comparaison à grande échelle sans un contrôle préliminaire soigné.

Comparaison de ^{137}Cs . — Mr Weiss signale qu'un projet de rapport a été préparé sur cette comparaison internationale à laquelle 19 laboratoires ont participé. L'écart-type des résultats — 0,66 % — est jugé satisfaisant, vu la complexité des mesures, mais on constate que les résultats obtenus par la méthode des scintillateurs liquides sont plus bas que ceux des mesures faites avec un compteur proportionnel $4\pi\beta$, ce qui pourrait s'expliquer par une plus grande sensibilité au rayonnement gamma dans le cas de la seconde méthode. Il est possible qu'on obtienne une meilleure exactitude en faisant les mesures de ^{137}Cs avec indicateur d'efficacité ^{134}Cs au moyen d'un détecteur au germanium. L'analyse de la comparaison paraîtra sous forme de Rapport BIPM et une version condensée sera publiée dans la littérature scientifique.

Mr Weiss indique que, pendant les quatre dernières années, il y a eu deux comparaisons préliminaires de ^{133}Ba , la comparaison de ^{137}Cs discutée dans ce rapport et une comparaison de ^{55}Fe organisée par le NPL. Au cours de la discussion qui s'ensuit, Mr Ambler dit que les raisons qui déterminent le choix des radionucléides à comparer doivent être données dans les rapports au CIPM et à la CGPM.

Mr Weiss mentionne ensuite le Système international de référence (SIR). Il comprend, à ce jour, environ 250 résultats indépendants obtenus avec 400 ampoules. L'AIEA, qui avait un service similaire employant une chambre d'ionisation, vient de le fermer. Le SIR utilise aussi maintenant de nouvelles sources de référence de radium âgé. Il n'est pas nécessaire de connaître l'activité d'une source de référence, mais seulement sa décroissance avec le temps. Il est donc important

qu'elle ne renferme pas de ^{228}Ra et que la teneur en ^{210}Pb soit proche de l'équilibre.

Un nouveau Groupe de travail sur la préparation de sources minces sera coordonné par D. C. Santry. Un Groupe de travail sur la compilation des expériences faites avec les systèmes NaI(Tl) à efficacité élevée, utilisés pour les mesures d'activité, sera coordonné par G. Winkler. Un Groupe de travail sur les difficultés d'ordre non chimique rencontrées dans les étalonnages d'activité de certains radionucléides sera coordonné par H.-M. Weiss et pourrait établir des fiches d'information ou produire une monographie sur ce sujet.

Une nouvelle comparaison de ^{133}Ba sera organisée. La troisième comparaison restreinte et la comparaison à grande échelle utiliseront la même solution. Le NBS préparera trente ampoules de solution ; les contrôles de pureté seront faits par la PTB et le LMRI.

Mr Rytz fait un rapport sur l'activité de son groupe dans le domaine des étalonnages et des comparaisons. Depuis la dernière réunion de la Section II, quinze sources ont été préparées et étalonnées pour divers laboratoires. Mr Rytz fait remarquer que les comparaisons d'activité font apparaître des différences entre les méthodes de mesure, comme on peut le voir sur la figure 1 du rapport de la récente réunion de la Section II. Le BIPM travaille actuellement sur une nouvelle version du rapport de la comparaison de ^{137}Cs . Mr Rytz souligne que, grâce au SIR, on peut comparer les résultats d'un laboratoire donné aux résultats moyens des autres laboratoires. Par exemple, les étalons d'un laboratoire donné ont-ils tendance à se situer trop bas ?

Mr Rytz parle ensuite du Système international de référence et dit que ses résultats doivent être fiables sur plusieurs décades. Il faut donc effectuer des contrôles réguliers au moyen de sources de référence. La stabilité du SIR est meilleure que 5×10^{-4} , sans tendance systématique. Aucun problème de perte de pression n'est apparu avec les chambres d'ionisation (elles sont remplies d'azote à une pression de 2 MPa). On peut apprécier le développement du système d'après le nombre d'ampoules mesurées (400), le nombre de résultats indépendants (250), le nombre de radionucléides mesurés (42) et le nombre de participants (20). L'ensemble de tous ces résultats permet d'établir la courbe de sensibilité des chambres d'ionisation en fonction de l'énergie. C'est une courbe lisse, utile pour estimer les corrections dues aux impuretés.

Enfin, Mr Rytz présente les travaux qu'il a accomplis dans le domaine de la spectrométrie alpha auquel il s'intéresse particulièrement. Le spectromètre magnétique du BIPM est le seul au monde qui ait été conçu pour faire des mesures absolues d'énergie de particules alpha. Il reste environ douze émetteurs de particules alpha qu'il serait souhaitable de mesurer, car ils ne sont pas connus avec une exactitude suffisante.

Les plaques nucléaires, qui servaient de détecteurs de particules alpha, ont été remplacées par des films de nitrate de cellulose. Le seul

inconvenient des films, ce sont les distorsions dues au bain d'attaque. Par ailleurs, Mr Rytz constate une décroissance de l'énergie apparente de la source (de ^{239}Pu) avec l'âge, sur une période de quelques années. L'AERE a produit quatre sources de ^{236}Pu pour ces travaux et les a offertes au BIPM. Les valeurs des énergies des deux raies principales sont en accord avec des mesures plus anciennes faites au Lawrence Berkeley Laboratory et à l'Atomic Energy Institute I. V. Kourtchatov, Moscou, mais elles sont au moins dix fois plus précises. Les intensités relatives s'accordent seulement avec celles du Lawrence Berkeley Laboratory.

Mr Müller rappelle le principe de la méthode d'échantillonnage sélectif, qui est utilisée pour les mesures d'activité, et expose deux problèmes qui s'y rapportent et qu'il a étudiés récemment.

a) On peut maintenant prédire le temps de mesure nécessaire pour obtenir une précision statistique désirée pour l'activité d'une source donnée. Le domaine utile des taux de comptage pour cette méthode est assez étendu — jusqu'à $3 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$ au moins. Avec nos paramètres expérimentaux usuels, la courbe de la précision présente un maximum plat pour des sources d'environ 10^5 Bq et, dans cette région, on peut atteindre une précision de 0,1 % en 2 minutes avec le convertisseur de vitesse mis au point récemment.

b) La mesure directe du taux de comptage β , N_β , devient difficile aux taux très élevés, car il peut se produire des pertes importantes de comptage qui proviennent de la chaîne électronique et qui ne peuvent pas être déterminées directement. Cependant, des mesures ont montré que ces pertes peuvent être décrites comme dues à un temps mort fictif dont on peut déterminer la valeur et le type au moyen d'un arrangement en série avec d'autres temps morts bien connus. De cette façon, on obtient N_β avec une exactitude suffisante (soit 0,2 %), même pour les taux de comptage les plus élevés.

Mr Müller a comparé expérimentalement la méthode d'échantillonnage sélectif à la méthode des coïncidences pour une série de sources de ^{60}Co et a trouvé un accord de quelques pour mille pour des activités pouvant atteindre $3 \times 10^5 \text{ Bq}$, domaine où la méthode des coïncidences présente des difficultés. La méthode d'échantillonnage sélectif est maintenant utilisée au NPL et est en cours d'essai à la PTB ; d'autres laboratoires s'y intéressent également.

Ainsi, l'échantillonnage sélectif, qui est valable pour les taux de comptage élevés, complète harmonieusement la méthode des coïncidences, valable pour les taux de comptage faibles. De plus, elle est bien adaptée à la méthode de l'indicateur d'efficacité et elle présente un intérêt particulier pour l'étude de nucléides à états intermédiaires de courte durée.

Section III — Mesures neutroniques (Président : R. S. Caswell)

Mr Caswell résume les comparaisons internationales organisées par la Section III en les classant en trois catégories : les comparaisons de sources de neutrons, la deuxième série de comparaisons de mesures de débit de fluence de neutrons, et un domaine nouveau pour la Section III, les comparaisons de dosimétrie neutronique.

Deux comparaisons de mesures de taux d'émission de sources de neutrons de ^{252}Cf sont en cours. Le ^{252}Cf est une source très utilisée comme étalon de travail à cause de son intensité élevée et de son spectre de fission bien connu. La comparaison d'une source au taux d'émission de neutrons nominal de 10^7 s^{-1} a commencé en 1978 avec la source SR144 du NBS. Les mesures ont été faites par 12 laboratoires ; la plupart des participants ont fourni leur rapport et l'analyse doit être faite cette année par E. J. Axton (NPL). La comparaison de la source plus intense — 10^9 s^{-1} —, (SR255Z) fournie par le NBS, a été ralentie parce que, d'une part, la source a servi à faire d'autres mesures et, d'autre part, des problèmes de sécurité sont apparus au NPL dans la manipulation de la source en raison de son intensité. Ces problèmes sont maintenant résolus et on pense que les mesures seront terminées en 1983 et l'analyse, par W. Alberts (PTB), en 1984.

Mr Caswell indique que les nouvelles comparaisons de mesures de débit de fluence à cinq énergies (144 keV, 565 keV, 2,5 MeV, 5,0 MeV et 14,8 MeV) ont été entreprises dans deux buts : améliorer l'exactitude des mesures dans ce domaine et chercher des méthodes de transfert ou des instruments simples, fiables et exacts pour permettre d'effectuer des comparaisons par voie postale.

a) La première de ces comparaisons utilise la réaction $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$ et est coordonnée par H. Liskien (BCMNL). Elle a lieu à 2,5, 5,0 et 14,8 MeV, et consiste à comparer l'activité γ induite d'un échantillon d'indium (métal) à une source étalonnée de ^{51}Cr . Onze laboratoires y ont participé et les mesures sont terminées. Les résultats sont cohérents à 2,5 et 5,0 MeV, où la section efficace de l'indium est grande. Mais d'importants problèmes dus aux neutrons diffusés sont apparus à 14,8 MeV, où la section efficace (n,n') est plus petite qu'aux faibles énergies ; une étude plus approfondie est nécessaire. Cette méthode est satisfaisante pour les deux énergies les plus faibles (2,5 et 5,0 MeV), mais à 14,8 MeV elle est sans doute moins bonne que la méthode décrite en b).

b) La méthode utilisant l'activation d'échantillons de Nb/Zr sert pour les neutrons ($d + T$) de 14 à 14,8 MeV. Les activités induites des échantillons de niobium et de zirconium irradiés par un faisceau de neutrons, dont la fluence est déterminée par le participant, sont mesurées au NPL. Neuf laboratoires ont participé à la comparaison qui est organisée et analysée par V. E. Lewis (NPL). Les mesures et l'analyse sont terminées. Le rapport de l'activité du niobium et du zirconium

donne une mesure exacte de l'énergie moyenne de neutrons. Sur neuf participants, six sont d'accord, compte tenu de leurs écarts-types estimés, leur dispersion étant de 1,5 %, et deux sont environ 3 % au-dessus. Il semble que la méthode ait une exactitude convenable; de plus, elle demande un effort minimal de la part des participants.

c) Mr Caswell dit que la comparaison utilisant la réaction $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116}\text{In}^m$ progresse. Elle est organisée par T. B. Ryves (NPL) dans les domaines d'énergies de neutrons de 144 keV et 565 keV. L'activité des feuilles est mesurée au moyen d'un compteur $4\pi\beta$ qui circule avec une source de contrôle de ^{60}Co . Sept laboratoires y participent. Les mesures se poursuivront en 1984.

d) La quatrième méthode de transfert utilise deux chambres à fission et convient pour les cinq énergies de neutrons, avec des sources de neutrons monocinétiques ou des sources « blanches ». Les instruments ont été conçus spécialement par D. B. Gayther (AERE) et contiennent respectivement du ^{235}U et du ^{238}U . Ils circulent actuellement parmi les neuf participants, BIPM compris. On estime que la comparaison se poursuivra jusqu'en 1985.

Mr Caswell indique que la Section III a projeté deux comparaisons de dosimétrie neutronique. La première utilise le faisceau intense de neutrons (d + T) de 14,7 MeV du NPL. Les mesures ont été faites à 3 cm en avant d'un fantôme d'eau cubique de 30 cm, et à des profondeurs de 5, 10 et 15 cm à l'intérieur de ce fantôme. Les participants ont utilisé des chambres d'ionisation à parois équivalentes au tissu pour mesurer la composante $n + \gamma$ des irradiations, et des chambres d'ionisation Mg-Ar ou des compteurs Geiger-Müller (GM) peu sensibles aux neutrons, ou les deux, pour mesurer la composante γ du rayonnement. Les chambres d'ionisation étaient étalonnées dans le faisceau de ^{137}Cs du NPL, ce qui permettait de comparer les résultats à ceux du laboratoire d'origine. Les sept participants comprennent quatre laboratoires d'étalonnage (BIPM, PTB, NPL, NBS), un groupe de la Communauté européenne (ENDIP-2) et deux hôpitaux (Hammersmith, London, et Western General, Edinburgh). Les mesures ont été terminées au printemps de 1983. Les rapports des participants et l'analyse de la comparaison sont en cours.

La deuxième comparaison de dosimétrie neutronique sera une comparaison à long terme organisée par le BIPM. Elle consistera à faire circuler des instruments de transfert et pourra, en principe, se faire dans n'importe quel champ neutronique. Les laboratoires qui ne peuvent pas participer à la comparaison du NPL pourront y être rattachés par l'intermédiaire du BIPM. Les instruments choisis par le BIPM sont la chambre d'ionisation à paroi équivalente au tissu (TE), Exradin T2, et la chambre d'ionisation Mg-Ar. Le protocole de la comparaison sera préparé en 1983 et le programme de mesure

commencera en 1984. Aucune date n'est fixée pour la fin de la comparaison.

Au cours de la discussion qui suit cet exposé, Mr Terrien souligne l'importance croissante de la dosimétrie neutronique et le besoin de mesures neutroniques dans des domaines nouveaux tels que l'énergie de fusion.

Mr Huynh décrit ensuite les travaux du BIPM dans le domaine des mesures neutroniques. Pendant les deux dernières années, l'effort a porté principalement sur la participation du BIPM aux comparaisons internationales et sur les mesures de dosimétrie neutronique. Mr Huynh signale qu'une méthode de transfert, comme celle qui utilise la réaction $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$, pourrait permettre au BIPM d'assurer un « service de contrôle de fluence de neutrons » en expédiant aux laboratoires intéressés des feuilles d'indium à irradier et des sources de référence de ^{51}Cr . Un Groupe de travail a été constitué par la Section III pour étudier cette question et sélectionner des méthodes de transfert adéquates.

Mr Huynh expose les études minutieuses qu'il a faites sur le fonctionnement des chambres d'ionisation, avec l'aide du groupe des rayons X et γ du BIPM. Ces études ont permis d'établir que les chambres Exradin sont actuellement les meilleurs instruments de transfert, avec une stabilité de quelques pour mille, ce qui est certainement suffisant. Il a aussi comparé les valeurs du kerma mesuré au BIPM à 14,65 MeV, avec la chambre TE et le compteur GM, à celles qu'on a obtenues à partir des mesures de fluence faites au BIPM et des facteurs de kerma de Caswell-Coyne-Randolph, et il a trouvé un accord de quelques pour mille. Pendant la comparaison de dosimétrie neutronique faite au NPL, Mr Huynh a comparé la sensibilité des chambres Exradin dans les champs neutroniques du NPL et du BIPM et, compte tenu des étalonnages de rayonnement gamma du NPL (^{137}Cs) et du BIPM (^{60}Co), il a trouvé un accord satisfaisant. La différence relative entre les sensibilités des deux compteurs GM au ^{60}Co et au ^{137}Cs est de 7 %. Mr Huynh remercie le NPL et V. E. Lewis de lui avoir donné l'occasion de prendre part à la comparaison de dosimétrie neutronique au NPL qui, selon lui, a été couronnée de succès.

Mr Allisy souligne que Mr Huynh a étudié la stabilité des chambres d'ionisation avec une exactitude dix fois meilleure qu'auparavant. La stabilité à long terme de l'instrument de transfert du BIPM sera contrôlée dans le faisceau de ^{60}Co du BIPM.

Par ailleurs, Mr Allisy est impressionné par la qualité des mesures du BIPM aux faibles débits de fluence de neutrons ; la grande différence de débit de fluence (entre le BIPM et le NPL) n'a pas causé de difficultés majeures. Il considère ce travail comme un exploit de la part de Mr Huynh.

2. Discussion des rapports du président du CCEMRI au CIPM et à la CGPM

Un certain nombre de suggestions sont faites pour améliorer ces rapports, surtout dans le but de rendre les travaux plus accessibles aux non-spécialistes et de mettre en lumière les besoins qui existent dans les différents domaines. Ainsi, il faudrait comparer l'exactitude requise et l'exactitude atteinte. Les raisons qui déterminent le choix d'un nucléide particulier pour une comparaison internationale doivent être spécifiées.

Mr Ambler suggère que l'on adopte pour tous les rapports au CIPM la méthode utilisée pour la première fois à cette réunion et qui consiste à expédier au BIPM, sur des « disquettes » compatibles, les projets de rapports dactylographiés dans d'autres laboratoires. On préparera la liste des machines de traitement de texte qui sont compatibles entre elles.

3. Divers

Mr Allisy signale qu'il serait souhaitable que le BIPM dispose de quelques bourses pour des étudiants qui préparent des thèses. Ceci offrirait l'avantage d'un apport de sang nouveau et de continuité au BIPM, pour un coût modeste. Mr Ambler est en faveur de la proposition. Des dispositions similaires ont donné de bons résultats au NBS, même pendant les périodes difficiles. Tous les membres sont d'accord pour qu'une proposition soit faite par le CCEMRI, ce qui veut dire que Mr Giacomo est chargé de la présenter au CIPM.

E. J. Axton (NPL) est responsable d'un Groupe de travail de la Section III. Comme il doit prendre sa retraite bientôt, il faudra trouver un financement pour lui permettre d'assister aux réunions du groupe.

Mr Ambler remercie toutes les personnes présentes pour leur participation active aux travaux du CCEMRI.

La séance est ensuite levée.

Juillet 1983, révisé novembre 1983

**Liste des laboratoires et organisations
mentionnés dans le rapport**

- AAEC : Australian Atomic Energy Commission, Lucas Heights, Australie
- AECL : Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River, Canada
- AERE : Atomic Energy Research Establishment, Harwell, Royaume-Uni
- AIEA : Agence Internationale de l'Énergie Atomique, Vienne, Autriche
- ARL : Australian Radiation Laboratory, Yallambie, Australie
- BCMN : Bureau Central de Mesures Nucléaires, Geel, Belgique
- BIPM : Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, France
- CCE/CEC : Commission des Communautés Européennes
- CCEMRI : Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants
- CGPM : Conférence Générale des Poids et Mesures
- CIPM : Comité International des Poids et Mesures
- ENDIP : European Neutron Dosimetry Intercomparison Project
- ICRU : International Commission on Radiation Units and Measurements, Washington, États-Unis d'Amérique
- IRK : Institut für Radiumforschung und Kernphysik, Vienne, Autriche
- LMRI : Laboratoire de Métrologie des Rayonnements Ionisants, Saclay, France
- NAC : National Accelerator Centre, Faure, Afrique du Sud
- NBS : National Bureau of Standards, Washington, États-Unis d'Amérique
- NPL : National Physical Laboratory, Teddington, Royaume-Uni
- NRC : National Research Council of Canada, Ottawa, Canada
- PTB : Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, République Fédérale d'Allemagne
- RIV : Rijks Instituut voor de Volksgezondheid, Bilthoven, Pays-Bas
-

Notice for the reader of the English version

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

Avertissement au lecteur de la version anglaise

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

NOTE
ON THE ORGANS OF
THE CONVENTION DU MÈTRE

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

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

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

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

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

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

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

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

The activities of BIPM, which in the beginning were limited to the measurements of length and mass and to metrological studies in relation to these quantities, have been extended to standards of measurement for electricity (1927), photometry (1937), and ionizing radiations (1960). To this end the original laboratories, built in 1876-1878, were enlarged in 1929 and two new buildings were constructed in 1963-1964 for the ionizing radiation laboratories. Some thirty physicists or technicians work in the laboratories of BIPM. They do metrological research, and also undertake measurement and certification of material standards of the above-mentioned quantities. BIPM's annual appropriation is of the order of 10 720 000 gold francs, approximately 19 450 000 French francs (in 1983).

* As of 31 December 1983 forty-six States were members of this Convention : Argentina (Rep. of), Australia, Austria, Belgium, Brazil, Bulgaria, Cameroon, Canada, Chile, China (People's Rep. of), Czechoslovakia, Denmark, Dominican Republic, Egypt, Finland, France, German Democratic Rep., Germany (Federal Rep. of), Hungary, India, Indonesia, Iran, Ireland, Italy, Japan, Korea (Dem. People's Rep.), Korea (Rep. of), Mexico, Netherlands, Norway, Pakistan, Poland, Portugal, Romania, Spain, South Africa, Sweden, Switzerland, Thailand, Turkey, U.S.S.R., United Kingdom, U.S.A., Uruguay, Venezuela, Yugoslavia.

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

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

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

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

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

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

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

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

AGENDA
for the 10th Meeting

1. Reports of the three CCEMRI Sections and related BIPM work.
 2. Discussion of the CCEMRI Chairman's reports to CIPM and CGPM.
 3. Other business.
-

REPORT
OF THE
COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE
DES RAYONNEMENTS IONISANTS
(10th Meeting — 1983)
TO THE
COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

by R. S. CASWELL, Rapporteur

Abstract. An account of the activity during the past two years and of the plans for future work is given for the three Sections of the Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants. Section I (Rayons X et γ , électrons) studied the results of recent comparisons of primary exposure standards at therapy-level exposure rates and comparisons of protection-level instruments. In the field of absorbed dose it was suggested that a second comparison of Fricke systems be set up. It is expected that the new values of stopping powers recommended by ICRU for electrons will result in a change in the exposure standards for ^{60}Co radiation at the BIPM and in some national laboratories; however, any decision in this respect seems premature. A working party was established to compare the values of the estimated uncertainties employed by national laboratories for their primary standards. The work of the BIPM in the field of X and γ rays comprises essentially the analysis of the results of international comparisons, a study on the location of a cavity ionization chamber for absorbed dose determination in a graphite phantom, the quotient of absorbed dose and exposure measurements made in a graphite phantom and in air, and the effect of the new stopping-power values on the experimental determinations of W_{air} . Section II (Mesure des radionucléides) studied the results of two international comparisons: the second trial comparison of ^{133}Ba will be followed by a third one because of the unsatisfactory results, and then by a full-scale comparison; the draft report of the ^{137}Cs comparison will be amended and issued as Rapport BIPM. New Working Groups will study various topics in the field of radionuclide metrology. The International Reference System is progressing satisfactorily. In the field of alpha-ray spectrometry new measurements of ^{236}Pu have been performed at the BIPM. New developments related to the selective sampling method were presented. Section III (Mesures neutroniques)

presented the status of the various international comparisons organized and carried out under its auspices: neutron source comparisons, neutron fluence rate comparisons and neutron dosimetry comparisons. Some measurements have been completed and the results are being analysed ($^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$ reaction, Nb/Zr comparison, neutron dosimetry comparison at NPL); others are progressing ($^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116}\text{In}^m$ reaction, ^{235}U and ^{238}U fission chambers). A working party was set up to select suitable transfer methods which would enable BIPM to provide a « neutron fluence checking service ». BIPM was asked to organize a long-term neutron dosimetry comparison. The neutron group has already studied various transfer instruments and selected those which are deemed most appropriate for this work. Finally, CCEMRI is in favour of the creation at BIPM of a few scholarships for students preparing theses.

The Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Rayonnements Ionisants (CCEMRI) * held its tenth session at the Pavillon de Breteuil, in Sèvres, on June 22 and 23, 1983.

Present :

- E. AMBLER, member of CIPM, Chairman of CCEMRI.
- W. A. JENNINGS, Chairman of Section I; National Physical Laboratory (NPL), Teddington.
- H.-M. WEISS, Chairman of Section II; Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig.
- R. S. CASWELL, Chairman of Section III; National Bureau of Standards (NBS), Washington.
- W. H. HENRY, National Research Council of Canada (NRC), Ottawa.
- The Director of BIPM (P. GIACOMO).

Also attended the meeting : J. TERRIEN, Director Emeritus of BIPM ; T. J. QUINN, Deputy Director of BIPM (one day), A. ALLISY, A. RYTZ, J. W. MÜLLER, V. D. HUYNH (BIPM); Mme M. BOUTILLON, Mlle M.-T. NIATEL and Mme A.-M. PERROCHE, guest workers at BIPM; Mme D. MÜLLER (BIPM).

Mr. Ambler opened the session and welcomed Mr. Henry who will be succeeding Mr. Jennings as Chairman of Section I following this meeting. Mr. Ambler thanked Mr. Jennings for his years of valuable service to Section I and to CCEMRI**. Mr. Caswell was appointed rapporteur.

* For the list of the members, see p. VII.

** The laboratories and organizations mentioned in the report are listed in Annexe R 1.

1. Reports of the three Sections of CCEMRI and related BIPM work

Section I — Rayons X et γ , électrons (Chairman : W. A. Jennings)

Mr. Jennings reported that, since the last meeting of CCEMRI, Section I met once, on 18-20 April, 1983. Except for a delegate from the USSR, all members and observers were present. Mr. Jennings said very many papers were received from the participants, unfortunately many at the last minute or at the meeting. He observed that the only way to get papers was to hold a meeting. In response to a question from Mr. Ambler on the nature of the reports, Mr. Jennings said the reports cover a wide range of subjects : intercomparisons, research, calibration procedures, etc.

Nine comparisons of primary exposure standards, at therapy-level exposure rates, were reported. Three of these took place at BIPM, and the other six took place bilaterally between two or more national laboratories. Three comparisons concerned both 100 to 250 kV X rays and ^{60}Co ; three were for ^{60}Co only, two were for 100 to 250 kV X rays only, and one was for 10 to 50 kV only. In addition, comparisons between four Scandinavian secondary standards laboratories were reported for 10 to 50 kV X rays and for ^{60}Co radiation.

Mr. Ambler asked whether graphs of the results of the exposure comparisons would appear in the reports to the CIPM and CGPM. Mr. Jennings replied that a summary of the work appears, but no graphs. Mr. Ambler asked whether absorbed dose comparisons had taken place. Mr. Jennings responded that there had been no Section I comparisons during this period.

However, in regard to comparisons of absorbed dose, it was agreed by Section I that a report relating to the use of the Fricke dosimetry technique for such comparisons carried out during 1979-1981 among member laboratories should be published, and that a second similar exercise could usefully be set up for those laboratories who had not been able to participate, or complete the exercise, last time. Fricke dosimetry, done with great care, leads to good accuracy (about 1 % standard deviation). Fricke dosimetry is the preferred method for the intercomparison of high-energy electron and photon beams, and gives little disturbance in the phantom. Mr. Ambler asked whether there had been any comparisons at higher energies. Mr. Jennings replied that such comparisons have not yet taken place. However, a bilateral comparison of absorbed - dose measurements was reported; this was for high - dose fields for ^{60}Co irradiators between NPL and NBS, using both Fricke and dichromate systems in their respective operational

dose ranges. It is relevant to industrial radiation processing and irradiation of food, used more in some countries than in others.

A short discussion then ensued on the CCEMRI Chairman's reports to CGPM and CIPM. It was agreed that the report to CGPM should be short, 6 to 10 typewritten pages, and should be aimed at the non-specialist. Needed accuracies should be included in both reports. Mr. Ambler also emphasized the need for interpretation of the work, especially in the report to the CGPM.

Mr. Jennings reported that as a new departure for the Section, comparisons at protection-level exposure rates had also been carried out. Prior to participating in a CEC comparison of personal dosimeters between 35 institutes in CEC countries, a comparison at RIV of protection-level standards between NPL, PTB, and RIV was carried out and agreement to within 2 percent obtained.

Secondly, and in accordance with a proposal advanced at the previous meeting of the Section, twelve member laboratories had participated in a postal thermoluminescence dosimetry (TLD) comparison of exposure standards at protection level. This comparison had been completed, but the detailed results were not yet available.

Mr. Jennings then brought up the question of stopping-power ratios. An ICRU committee is presently preparing a report containing new recommended values of stopping powers for electrons. The change in the mean ratio of the restricted mass stopping powers of graphite and air is expected to result in a 0.7 % change in the BIPM exposure standard for ^{60}Co radiation. Similar changes are implied for cavity-chamber standards of exposure at some of the member laboratories. However, as the ICRU report on stopping power is not yet published, nor is a similar ICRU report on high-energy electron dosimetry, Section I agreed that any decision on changing the primary exposure standards (graphite/air cavity chambers) should be postponed until the next meeting. Primary laboratories agree among themselves to within 0.5 % in exposure measurements on a relative basis, but the absolute accuracy is 0.5 to 1 % due to systematic uncertainties. Mr. Ambler asked what has been said about accuracy in previous reports. The reply was that there have been accuracy statements, believed to be consistent with the numbers just given.

Mr. Allisy pointed out that « exposure » is becoming less and less used. Air kerma and water kerma are replacing exposure. Mr. Allisy further mentioned that air kerma can now be realized with better accuracy than exposure for cavity chambers. Mr. Jennings indicated that NPL gives calibrations in terms of both air kerma and exposure. Other standards laboratories do similarly.

Mr. Jennings said that it should be possible during the next two years to take action on an NBS proposal to compare the values of the estimated uncertainties employed by national laboratories for their primary standards. The work entailed in collecting the data will be

given to three sub-sections of a Working Party on Uncertainty Estimates coordinated by three laboratories :

- ARL, for free-air chambers ;
- NBS, for graphite cavity chambers ; and
- RIV, for graphite calorimeters.

The uncertainty estimates are to be submitted in the form (types A and B) recommended by the CIPM Working Group on the Statement of Uncertainties. This led to a discussion of uncertainties. Mr. Allisy emphasized the desirability of always expressing uncertainties in terms of « 1σ » for consistency. Mr. Ambler expressed a desire for summaries of accuracy situations in terms of what is achievable, aimed at informing non-specialists.

In connection with processing-level dosimetry measurements, BIPM is not yet directly involved. AIEA organizes the comparisons in various countries. There is a steady increase in industrial radiation processing for sterilization of medical products, for polymerization, and for improving the properties of polymers. Mr. Ambler asked what is the « value added » in radiation processing in the world. Mr. Jennings agreed to get a rough overall figure from S. C. Ellis of NPL. Mr. Ambler asked about the accuracy required for the measurements. Mr. Jennings estimated an accuracy of 5 % is desirable for processing medical devices. However, he pointed out that economics affected the needed accuracy since dose costs money.

Progress reports were presented to Section I from a number of laboratories covering (1) changes since 1981 in standards, facilities, and services, and (2) research and development. For example, a report was presented on a new kind of absorbed-dose calorimeter, a polystyrene/water calorimeter developed by S. R. Domen of NBS, which may help to circumvent the inadequately-known radiation chemistry of the water calorimeter, in particular the 3 to 4 % exothermic heat defect.

Mr. Jennings had prepared an article aimed at making the activities of Section I better known to radiation users in the field : W. A. Jennings, « Promulgation of the international measurement system for photon and electron irradiation », *Brit. J. Radiology* **55**, 1982, pp. 691-694. He encouraged other colleagues to do the same, and also to write articles in other languages. Mr. Caswell congratulated Mr. Jennings on this pioneering work, and indicated that Section III has asked Mr. Caswell to prepare two such articles for the work of Section III, aimed at different audiences in the radiation user community.

The discussion then concentrated on the work performed at the BIPM.

Mme Boutillon, guest worker in the BIPM Ionizing Radiation Laboratory, presented an analysis of the results of the international comparisons of X-ray exposure performed in the range 100 to 250 kV. There is a decrease with energy (as represented by the half-value layer)

of the ratio $\bar{X}/\bar{X}_{\text{BIPM}}$ that may be due to a lack of accuracy in some correction factors. New calculations of K_e (correction for electron losses) have been made: the results are in agreement with measurements performed at BIPM some years ago, at 100 kV, by using a magnetic field, but they differ from the results of Wyckoff and Attix. New experimental measurements by national laboratories of the electron-loss correction are needed.

Mlle Niatel, guest worker in the BIPM Ionizing Radiation Laboratory, discussed measurements she has made concerning the location of a flat cavity ionization chamber for absorbed dose determination in a graphite phantom (published in *Phys. in Med. and Biol.* **28**, 1983, pp. 407-410). Measurements have been made in the ^{60}Co beam with the ionization chamber located at two different positions in the phantom with respect to the chosen reference plane. The obtained experimental ratio was compared, for several depths, with the theoretical ratio given by calculation (M. Boutillon, *Phys. in Med. and Biol.* **28**, 1983, pp. 375-388). The results are satisfactory, although a slight systematic deviation may be observed at all depths, which could be due to an overestimate of the radiation scattered inside the phantom. The internal consistency of Mme Boutillon's calculations is supported by these experiments and this proves that consistent values for absorbed dose at a point in a phantom can be obtained from ionization measurements for any position of the cavity about the point chosen to determine the absorbed dose.

Mlle Niatel also reported on a study of the quotient of absorbed dose and exposure measurements made with the same ionization chamber placed successively in a graphite phantom and in air, at the same distance from the source. The experimental quotient D_C/X was compared to the theoretical one. A difference of 0.3 % was found, which is not significant in view of the uncertainties. Since this agreement is reasonable, it is possible to take the value of the exposure measurement as a basis to derive by calculation D_C and then D_W (absorbed dose in water).

It is interesting to compare the so-obtained D_W value to the result of the Fricke comparison. By using the current constants [stopping-power ratios from Berger and Seltzer (1964) and $W/e = 33.85 \text{ J C}^{-1}$ from ICRU (1979)], the D_W value from exposure was found to be 0.3 % higher than the Fricke comparison value. The agreement of exposure in free air to absorbed dose in a phantom is of much practical importance.

Mlle Niatel also reported on ion recombination measurements as a function of pressure and ionization current.

Mme Perroche, guest worker in the BIPM Ionizing Radiation Laboratory, reported on the effect of the new stopping-power values of ICRU (« Stopping Power Report », in print) on the determination of the W_{air} values obtained from the BIPM exposure-activity comparison

(1972) on one hand, and from the BIPM absorbed dose comparisons (1977 to 1979) on the other hand. The values obtained in this way for W/e should be 33.81 J C^{-1} and 33.96 J C^{-1} , respectively. The main uncertainty comes from the mass energy absorption coefficient of air for the first value, and from the graphite/air stopping-power ratio for the second.

The use of the new stopping-power values improves the agreement between the W/e values derived from these comparisons and the value 33.85 J C^{-1} recommended in ICRU Report 31 (« Average energy required to produce an ion pair », 1979).

Mr. Allisy pointed out that this is clear experimental evidence in favour of the new stopping-power values.

Section II — Mesure des radionucléides (Chairman : H.-M. Weiss)

Mr. Weiss first highlighted some of the personnel changes in Section II. A. P. Baerg has retired from NRC; his successor is D. C. Santry. G. C. Lowenthal has retired from AAEC; his successor is D. F. Urquhart. J. S. Merrit of AECL has also retired; however, J. G. V. Taylor has returned to the group. H. Vonach, IRK, has also retired from Section II and will be replaced by G. Winkler as an observer. J. Legrand, LMRI, is changing jobs and will no longer be serving with Section II. J. Steyn, NAC, was ill at the time of the Section II meeting, and died soon after.

Mr. Weiss indicated he can continue as chairman of Section II through 1985 but probably not beyond, because Germany is lowering the retirement age to 58.

¹³³Ba comparison. — Mr. Weiss reported that ¹³³Ba is an electron-capture nuclide with a complex decay scheme. With a half life greater than ten years it is a good radionuclide for a comparison. A trial comparison in 1978 gave unsatisfactory results. A second solution was prepared, stable to within 2×10^{-4} and tested for wall adsorption, yet an apparent mass increase in the solution in the ampoules up to 2 % was found. No explanation has been found for the mystery. Section II felt that no comparison was advisable without careful preliminary testing.

¹³⁷Cs comparison. — Mr. Weiss stated that a draft report has been prepared on this comparison of activity measurements by 19 laboratories. The standard deviation of the results, 0.66 %, was considered reasonable in view of the complexity of these measurements, but it was noted that liquid scintillation results were low compared to $4 \pi \beta \beta$ proportional counter measurements, perhaps due to higher γ -ray efficiency in this method. It was felt that measurement of ¹³⁷Cs against the ¹³⁴Cs tracer

by means of a Ge-detector system might give better accuracy. It is planned to issue a Rapport BIPM on this comparison and then to publish a condensed version in the open literature.

Mr. Weiss noted that during this four-year period there have been two preliminary ^{133}Ba comparisons, the ^{137}Cs comparison discussed here, and the ^{55}Fe comparison organized by NPL. In the discussion that followed, Mr. Ambler emphasized that reasons for choice of comparisons should be given in the CGPM and CIPM reports.

The International Reference System (SIR) was next discussed by Mr. Weiss. Thus far, about 250 independent results have been collected from 400 ampoules. A similar ionization-chamber service maintained by AIEA has been closed down. New supplementary reference sources, made from old radium, are being used. The activity of a reference source need not be known, but only the decrease with time. Therefore, an absence of ^{228}Ra and a near-equilibrium ^{210}Pb content are important.

A new working group on thin-source preparation will be chaired by D. C. Santry. Another working group to compile experiences with high-efficiency NaI(Tl) systems used for activity measurements will be coordinated by G. Winkler. A working group on non-chemical difficulties in activity calibrations of certain radionuclides, to be chaired by H.-M. Weiss, may produce information sheets or a monograph on this subject.

A future comparison for ^{133}Ba will be organized, doing the third trial and the full-scale comparison on the same solution. Thirty ampoules of solution will be prepared by NBS, and purity checks will be carried out by PTB and LMRI.

Mr. Rytz first reported on activities in the area of standardization and comparisons. During this period BIPM prepared 15 calibrated sources for various laboratories. He also pointed out that the activity comparisons show up the differences between measurement methods, as can be seen in Figure 1 of the Section II meeting report. BIPM is now working on a new version of the ^{137}Cs report. Mr. Rytz emphasized that the existence of the SIR permits comparison of the results from a given laboratory with mean results from the other laboratories. For example, do standards from a given laboratory tend to be low?

The International Reference System, next reported on by Mr. Rytz, must have results reliable over many decades. Therefore, the SIR is checked continuously with reference sources. The stability of the SIR is good to better than 5×10^{-4} with no systematic trend. There have been no problems with the two ionization chambers due to loss of pressure (the chambers are filled with nitrogen at a pressure of 2 MPa). The system is growing in terms of the number of ampoules measured (400), the number of independent results (250), the number of radionuclides measured (42), and the number of participating laboratories (20). The sum of these results allows determination of an efficiency curve for the ionization chambers, which is a smooth curve,

drawn by hand. The curve is useful for evaluating corrections due to impurities.

The final part of Mr. Rytz's presentation concerned alpha-ray spectrometry, a special interest of Mr. Rytz at BIPM. The magnetic alpha-ray-energy spectrometer is the only one in the world constructed for absolute energy measurements. About twelve alpha-ray emitters remain to be done, in the sense that they are not known with high enough accuracy.

Detectors for alpha-ray spectrometry have been changed from nuclear track plates to cellulose nitrate films. The only problem has been the distortion of the film by the etching bath. Mr. Rytz sees a decrease in apparent energy with age of the source (^{239}Pu) over several years. Four sources of ^{236}Pu for this work were produced by AERE. The energy values for the two main lines agree with the older measurements from the Lawrence Berkeley Laboratory and from the Atomic Energy Institute I.V. Kourtchatov at Moscow, but are at least ten times more accurate. The relative intensities agree only with the former.

Following an explanation of the principle of the selective sampling method for activity measurement, Mr. Müller reported on two recent developments in this method which he originated.

a) It is now possible to predict the measuring time required to obtain a desired statistical precision for the activity of a given source. The useful range of count rate for this method is quite large, up to at least $3 \times 10^5 \text{ s}^{-1}$. For our usual experimental parameters a flat optimum is reached for sources of about 10^5 Bq , and in this region a precision of 0.1 % can be obtained in 2 minutes with the newly developed « speed converter ».

b) At very high count rates the direct measurement of N_β , the beta-ray emission rate, becomes difficult because important counting losses may occur which stem from the electronic chain and which cannot be determined in a direct way. However, measurements have shown that these losses may be described as due to a fictitious dead time, the value and type of which can be determined by means of a series arrangement with additional well-known dead times. In this way N_β is obtained with sufficient accuracy (say 0.2 %), even for the highest count rates used.

Mr. Müller has compared the selective sampling method to the usual coincidence method for a set of ^{60}Co sources, and he finds agreement to a few parts per thousand up to activities of $3 \times 10^5 \text{ Bq}$, where the coincidence method gets into trouble. Selective sampling is now also applied by NPL, and PTB is trying it out; other laboratories have expressed interest.

Hence selective sampling, valid for high count rates, nicely complements the coincidence method, valid for low count rates. The method is also well suited for efficiency tracing, and it is of particular interest for studying nuclei with short-lived intermediate states.

Section III — Mesures neutroniques (Chairman: R. S. Caswell)

Mr. Caswell summarized the comparisons organized by Section III in three groups: neutron source comparisons, the second series of neutron fluence rate comparisons, and a new area for Section III, neutron dosimetry comparisons.

Two ^{252}Cf neutron source emission-rate comparisons are under way. ^{252}Cf is a most popular source as a working standard due to its high intensity, and well-known fission-like spectrum. The comparison for a source of nominal neutron emission rate 10^7 s^{-1} has been under way since 1978 using source SR144 furnished by NBS. Measurements by 12 laboratories are now complete, most reports have been received from participants, and the analysis by E. J. Axton (NPL) is expected this year. The comparison of the more intense source, nominally 10^9 s^{-1} , SR255Z from NBS, has been slowed due to use of the source for other measurements and radiation protection problems in handling such an intense source at NPL. These problems are now resolved, and it is expected that the measurements will be completed in 1983 and the analysis, by W. Alberts (PTB), in 1984.

Mr. Caswell indicated that the new fluence comparisons at five energies: 144 keV, 565 keV, 2.5 MeV, 5.0 MeV, and 14.8 MeV, were undertaken both to improve the state-of-the-art in fluence measurement and to find simple, reliable, and accurate transfer methods or instruments which allow the comparisons to be carried out by mail.

a) The first such comparison was $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$ coordinated by H. Liskien (BCMN). It was carried out at 2.5, 5.0 and 14.8 MeV, and involved gamma-ray counting of the induced indium activity in standard foils vs. a calibrated ^{51}Cr source. Eleven laboratories participated and the measurements are now complete. Consistent results were obtained at 2.5 and 5.0 MeV where the indium cross-section is large. However, problems due to scattered neutrons were important at 14.8 MeV where the (n,n') cross-section is smaller than at the lower energies, and further analysis will be needed. This method, while successful at the two lower energies, is probably inferior in the 14.8 MeV region to comparison method *b*) described below.

b) The Nb/Zr comparison method serves for $d + T$ neutrons in the energy range 14 to 14.8 MeV. The induced activities in niobium and zirconium samples exposed to a measured fluence of neutrons are measured at NPL. Nine laboratories participated in this comparison which was organized and analyzed by V. E. Lewis (NPL). The

measurements and analysis have been completed. The ratio of Zr to Nb activity gives an accurate measure of the average neutron energy. Of the nine participants, six agree within their estimated standard deviations or within 1.5 %, and two are about 3 % above. The Nb/Zr method appears to have adequate accuracy and involves minimal effort on the part of the participants.

c) Mr. Caswell stated that a $^{115}\text{In}(n,\gamma)^{116}\text{In}^m$ comparison is in progress for neutron energies of 144 and 565 keV, organized by T. B. Ryves (NPL). Foil activities are measured with a circulating $4\pi\beta$ counter checked with a ^{60}Co source. Seven laboratories are participating. The measurements will continue through 1984.

d) The fourth transfer method uses two fission-chamber instruments and is suitable for all five neutron energies, with either monoenergetic or « white » neutron sources. The instruments were specially designed by D. B. Gayther (AERE) and contain ^{235}U and ^{238}U respectively. The fission chambers are now circulating to the nine participating laboratories, including BIPM. It is expected that the comparison will continue into 1985.

Two neutron dosimetry comparisons have been planned by Section III, reported Mr. Caswell. The first is a comparison at NPL using an intense d + T neutron generator giving 14.7 MeV neutrons. Measurements were made at 3 cm in front of a 30 cm cubic water phantom, and at 5, 10 and 15 cm depths in that phantom. The participants used tissue-equivalent ionization chambers to measure the n + γ component of the irradiations, and either Mg-Ar ionization chambers or neutron-insensitive Geiger-Müller (GM) counters, or both, to measure the γ -ray component. Ionization chambers were calibrated at NPL with a ^{137}Cs beam which could be compared to the home calibration. The seven participants included four standard laboratories (BIPM, PTB, NPL, NBS), a group from the European Community (ENDIP-2), and two hospitals (Hammersmith, London; and Western General, Edinburgh). Experimental measurements were completed in spring, 1983. Participants' reports and the analysis of the comparison are in progress.

The second neutron dosimetry comparison will be a long-term comparison organized by BIPM. It will involve circulating transfer instruments, and in principle can be used in any neutron field. Laboratories unable to participate in the NPL comparison will have traceability to it through BIPM participation in both. The instruments chosen by BIPM are the Exradin T2 tissue-equivalent (TE) ionization chamber and Mg-Ar ionization chamber. The comparison protocol will be prepared in 1983, and the open-ended measurement program will start in 1984.

In the following discussion, Mr. Terrien emphasized the increasing importance of neutron dosimetry and the need for neutron measurements in new fields such as fusion energy.

Mr. Huynh then discussed BIPM work in the area of neutron measurements. The main efforts in the past two years have been on BIPM participation in international comparisons and on neutron dosimetry measurements. He mentioned that the transfer method, like the $^{115}\text{In}(n,n')^{115}\text{In}^m$ intercomparison method, could be a useful method for BIPM, which would provide a « neutron fluence checking service » by sending out indium foils for activation and ^{51}Cr reference sources. A working group was formed by Section III to investigate this question and select suitable transfer methods.

Mr. Huynh reported on meticulous studies he has made, with support from the X- and γ -ray group at BIPM, on performance of ionization chambers. These studies identified the Exradin chambers as the best available transfer instruments with stabilities of a few parts per thousand, which is clearly adequate. He also compared the kerma as measured experimentally at BIPM at 14.65 MeV with the TE chamber and GM counter to that obtained from the BIPM-measured fluence and the Caswell-Coyne-Randolph kerma factors and found agreement of a few parts per thousand. In the BIPM participation in the NPL neutron dosimetry comparison, he compared the response of the Exradin chambers in the NPL and BIPM neutron fields, and also vs. the NPL (^{137}Cs) and BIPM (^{60}Co) gamma-ray calibrations, obtaining satisfactory agreement. The relative difference between the sensitivities of the two GM counters to ^{60}Co vs. ^{137}Cs was found to be 7.0 %. Finally, Mr. Huynh thanked NPL and V. E. Lewis for the opportunity to participate in the NPL dosimetry comparison, which he believes has worked out very well.

Mr. Allisy emphasized that Mr. Huynh has been looking at stabilities of ionization chambers with a factor of 10 better accuracy than in the past. The long-term stability of the BIPM transfer instrument will be checked with ^{60}Co at BIPM. Also Mr. Allisy was impressed with the BIPM measurements at low neutron fluence rates. The difference in fluence rate (BIPM to NPL) did not introduce a major problem. He considers this work a remarkable achievement on Mr. Huynh's part.

2. Discussion of the CCEMRI Chairman's reports to CIPM and CGPM

A number of suggestions were made for improving these reports, generally directed at interpretation of the work for the non-specialist and clarifying the need for the work. For example, accuracy needed should be compared to accuracy achieved. The reasons for the choice of a particular nuclide for a comparison should be given.

It was suggested by Mr. Ambler that the system, first used at this

meeting, of having first-draft reports typed elsewhere sent to BIPM on compatible « diskettes » be adopted for all CIPM reports. A list of compatible word processors will be prepared.

3. Other business

Mr. Allisy mentioned the desirability of a few BIPM scholarships for students preparing theses. This has advantages of new blood and continuity at BIPM, and is modest in cost. Mr. Ambler favored this proposal. Similar arrangements have worked well at NBS, even in difficult times. There was general agreement in favor of the proposal by CCEMRI, which suggests that Mr. Giacomo bring it up for consideration by CIPM.

E. J. Axton (NPL) is now chairing a task group for Section III. Since he is retiring shortly, ways need to be found to support his attendance at task-group meetings.

Mr. Ambler thanked the participants for their work in support of the activities of CCEMRI.

The meeting was adjourned.

July 1983, revised November 1983

TABLE DES MATIÈRES

COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE DES RAYONNEMENTS IONISANTS 10^e Session (1983)

	Pages
Notice 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 R. S. Caswell.	R 1
Résumé.	1
Introduction.	2
Rapports d'activité des trois Sections du CCEMRI et travaux connexes du BIPM :	
— Section I : Rayons X et γ , électrons (Comparaisons d'étalons primaires d'exposition ; projet d'une nouvelle comparaison de systèmes de dosimétrie Fricke ; comparaisons dans le domaine de la radioprotection ; répercussions éventuelles sur les étalons primaires d'exposition des nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement de l'ICRU ; création d'un Groupe de travail sur l'estimation des incertitudes ; calorimètre à eau et polystyrène pour mesure de la dose absorbée ; publicité)	3
Travaux du BIPM (Analyse des résultats des comparaisons internationales de mesures d'exposition de rayons X ; études sur la position d'une chambre d'ionisation plate à cavité servant à déterminer la dose absorbée dans un fantôme de graphite ; étude sur le quotient des mesures de l'exposition et de la dose absorbée dans l'air et dans un fantôme de graphite ; influence des nouvelles valeurs des pouvoirs de ralentissement sur les valeurs de W_{air} obtenues au BIPM)	6
— Section II : Mesure des radionucléides (Comparaisons internationales de ^{133}Ba et ^{137}Cs ; nouveaux Groupes de travail ; comparaisons futures : ^{133}Ba)	7
Travaux du BIPM (Préparation et distribution de sources solides ; rapport de la comparaison de ^{137}Cs ; Système international de référence ; mesure de sources de ^{236}Pu ; étude de deux problèmes relatifs à la méthode d'échantillonnage sélectif)	9
— Section III : Mesures neutroniques (Comparaisons internationales de taux d'émission de sources de neutrons de ^{252}Cf ; comparaisons de mesures de débit de fluence avec quatre méthodes de transfert ; comparaisons de dosimétrie neutronique)	11
Travaux du BIPM (Participation aux comparaisons internationales ; étude d'instruments de transfert pour mesures de dosimétrie neutronique)	13
Rapports du président du CCEMRI au CIPM et à la CGPM	14
Proposition de création de bourses au BIPM	14

Annexe

R 1. Liste des laboratoires et organisations mentionnés dans le rapport.	15
Notice for the reader of the English version. Avertissement au lecteur de la version anglaise.	17
Note on the organs of the Convention du Mètre.	19
Agenda.	22
Report to the Comité International des Poids et Mesures , by R. S. Caswell	23
Abstract	23
Introduction.	24
Reports of the three CCEMRI Sections and related BIPM work :	
— Section I: Rayons X et γ , électrons (Comparisons of primary exposure standards; plans for a new comparison of Fricke chemical dosimeter systems; comparisons in the field of radioprotection; possible changes implied for the exposure primary standards by the new ICRU stopping-power values; creation of a Working Party on Uncertainty Estimates; polystyrene-water absorbed-dose calorimeter; publicity).	25
BIPM work (Analysis of the results of international comparisons on X-ray exposure; location of a flat cavity ionization chamber for absorbed dose determination in a graphite phantom; study of the quotient of exposure and absorbed dose measurements in air and in a graphite phantom; effect of the new stopping-power values on W_{air} values obtained at BIPM)	27
— Section II: Mesure des radionucléides (International comparisons of ^{133}Ba and ^{137}Cs ; new Working Groups; future comparison of ^{133}Ba).	29
BIPM work (Preparation and distribution of solid sources; report on the ^{137}Cs comparison; International Reference System for γ -ray-emitting nuclides; measurement of ^{236}Pu sources; new developments of the selective sampling method).	30
— Section III: Mesures neutroniques (International comparisons of ^{252}Cf neutron source emission-rate measurements; comparisons of fluence-rate measurements with four transfer methods; neutron dosimetry comparisons)	32
BIPM work (Participation in international comparisons; study of transfer instruments for neutron dosimetry measurements)	34
Reports of the CCEMRI Chairman to CIPM and CGPM	34
Proposal concerning the creation of scholarships at BIPM	35

Appendix

R 1. List of laboratories and organizations mentioned in the report (*see p. 15*).



IMPRIMERIE DURAND

28600 LUISANT (FRANCE)

Dépôt légal, Imprimeur, 1984, n° 4739
ISBN 92-822-2085-0

ACHEVÉ D'IMPRIMER : NOVEMBRE 1984

Imprimé en France