

Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI)

Consultative Committee for Ionizing Radiation (CCRI)

Rapport
de la 16^e session
(juin 1999)

Report of
the 16th Meeting
(June 1999)

**Bureau
international
des poids
et mesures**

**Organisation
intergouvernementale
de la Convention
du Mètre**

**Comité consultatif
des rayonnements ionisants**
16^e session (juin 1999)

**Consultative Committee
for Ionizing Radiation**
16th Meeting (June 1999)

Bureau international des poids et mesures

Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI)

16^e session (juin 1999)

Note sur l'utilisation du texte anglais (*voir* page 111).

Afin de mieux faire connaître ses travaux, le Comité international des poids et mesures publie une version en anglais de ses rapports.

Le lecteur doit cependant noter que le rapport officiel est toujours celui qui est rédigé en français. C'est le texte français qui fait autorité si une référence est nécessaire ou s'il y a doute sur l'interprétation.

Édité par le BIPM,
Pavillon de Breteuil,
F-92312 Sèvres Cedex
France

Conception graphique :
Monika Jost

Imprimé par : Stedi, Paris

ISSN 1608-4047
ISBN 92-822-2179-2

TABLE DES MATIÈRES

Photographie des participants à la 14 ^e réunion de la Section I du CCRI	2
Photographie des participants à la 15 ^e réunion de la Section II du CCRI	3
Photographie des participants à la 13 ^e réunion de la Section III du CCRI	4
États membres de la Convention du Mètre	12
Le BIPM et la Convention du Mètre	13
Liste des membres du Comité consultatif pour les rayonnements ionisants	17

Rapport au Comité international des poids et mesures 21

Ordre du jour	22
Résumé	23
1 Ouverture de la session	25
2 Rapport de la quinzième session du CCEMRI	25
3 Conclusions des réunions des trois Sections du CCRI	26
3.1 Section I : rayons x et γ , électrons	26
3.2 Section II : mesure des radionucléides	27
3.3 Section III : mesures neutroniques	28
4 Discussion de points d'intérêt commun	29
4.1 Questions relatives à l'arrangement de reconnaissance mutuelle	29
4.2 Activités du BIPM	29
4.3 Rapport à la Conférence générale	29
4.4 Composition des Sections	29
5 Date des prochaines réunions	30
6 Remarques finales	30

Section I (Rayons x et γ , électrons), 14^e réunion (mai 1999)**Rapport, par P. Sharpe 31**Ordre du jour **32**Résumé **34**

- 1 Ouverture de la réunion ; approbation de l'ordre du jour ; nomination d'un rapporteur **35**
- 2 Rapport de la quinzième session du CCEMRI **36**
- 3 Comparaisons d'étalons de mesure (rayons x et γ) **37**
 - 3.1 Comparaisons et étalonnages au BIPM **37**
 - 3.2 Laboratoires nationaux **37**
 - 3.3 Comparaisons régionales **38**
 - 3.4 Programme de comparaisons futures **38**
- 4 Comparaisons clés **38**
 - 4.1 Valeur de W/e et de son incertitude **39**
 - 4.2 Estimation de k_{att} , k_{sc} , k_{CEP} et de leur incertitude **39**
 - 4.3 Analyse des résultats des comparaisons clés et rôle des comparaisons bilatérales et régionales **41**
 - 4.4 Travaux futurs **43**
- 5 Travaux en cours et à venir au BIPM **43**
 - 5.1 Renouvellement des systèmes de mesure **43**
 - 5.2 Nouvelle source de ^{60}Co **44**
 - 5.3 Système de transfert pour les rayons x aux hautes énergies **44**
 - 5.4 Corrections pour la perte des électrons et la diffusion des photons dans les chambres à parois d'air **45**
 - 5.5 Résultats expérimentaux sur la recombinaison des ions **46**
 - 5.6 Mise au point d'un calorimètre en graphite **46**
- 6 Mise au point et amélioration des étalons nationaux de dosimétrie photonique **47**
 - 6.1 Kerma dans l'air **47**
 - 6.2 Dose absorbée dans l'eau **47**
- 7 Dissémination des facteurs d'étalonnage $N_{D,w}$ **48**
 - 7.1 Comparaison de $N_{D,w}$ et de N_K **48**
 - 7.2 Nouveaux codes de pratique **48**

- 8 Autres étalons nationaux pour la dosimétrie des photons **49**
 - 8.1 Étalons de curiethérapie **49**
 - 8.2 Étalons pour la radioprotection **50**
 - 8.3 Étalons pour les rayonnements utilisés dans l'industrie **50**
- 9 Mise au point et amélioration des étalons nationaux en dosimétrie des particules chargées **51**
 - 9.1 Faisceaux d'électrons **51**
 - 9.2 Rayonnement bêta **51**
 - 9.3 Faisceaux de protons **51**
- 10 Rapports d'activité des laboratoires membres et informations supplémentaires **52**
- 11 Rapports des observateurs internationaux **53**
 - 11.1 ICRU **53**
 - 11.2 AIEA **54**
- 12 Publications **54**
- 13 Questions diverses ; date de la prochaine réunion **54**

Annexe R(l) 1. Documents de travail présentés à la 14^e réunion de la Section I du CCRI 57

Section II (Mesure des radionucléides), 15^e réunion (mai-juin 1999)

Rapport, par M.J. Woods 61

Ordre du jour **62**

Résumé **63**

- 1 Ouverture de la réunion ; approbation de l'ordre du jour ; nomination d'un rapporteur **65**
- 2 Rapport de la quinzième session du CCEMRI **66**
- 3 Comparaisons internationales de mesures d'activité **67**
 - 3.1 Résultats de la comparaison internationale de ^{204}Tl **67**
 - 3.2 Comparaison préliminaire de ^{152}Eu **69**
 - 3.3 État de la publication des résultats de la comparaison achevée de ^{75}Se **70**

4	Le Système international de référence	70
4.1	Rapport sur la situation actuelle	70
4.2	Courbes d'efficacité	71
5	Extension du Système international de référence	72
5.1	Rapport sur l'état d'avancement du système de comptage par scintillation liquide du BIPM	72
5.2	Comparaison de ^{90}Sr	72
5.3	L'avenir de l'extension du Système international de référence	73
6	Rapports des groupes de travail	74
6.1	Systèmes de détection à haute efficacité	74
6.2	Extension du Système international de référence	74
6.3	Comparaisons futures	74
6.4	La base de données sur le Système international de référence	75
6.5	Équivalence	76
6.5.1	L'équivalence et l'arrangement de reconnaissance mutuelle	76
6.5.2	Autres comparaisons internationales	79
6.6	Comparaison préliminaire de ^{192}Ir	79
6.7	Réalisation élémentaire du becquerel	79
7	Nouveau groupe de travail	80
8	Comparaisons internationales futures	80
9	Programme de travail à venir du BIPM	81
10	Résumé des travaux récents et des projets des laboratoires membres	82
11	Visite des laboratoires du BIPM	82
12	Questions diverses	83

**Annexe R(II) 1. Documents de travail présentés à la 15^e réunion de la
Section II du CCRI 85**

Section III (Mesures neutroniques), 13^e réunion (mai-juin 1999)**Rapport, par D.M. Gilliam 89**Ordre du jour **90**Résumé **91**

- 1 Ouverture de la réunion ; approbation de l'ordre du jour ; nomination d'un rapporteur **93**
- 2 Rapport de la quinzième session du CCEMRI **93**
- 3 Arrangement de reconnaissance mutuelle **94**
- 4 Comparaison de mesures de fluence à 24,5 keV **94**
- 5 État d'avancement des comparaisons clés précédentes et projets de comparaisons à venir **95**
 - 5.1 Comparaison de mesures de débit de fluence de neutrons thermiques **96**
 - 5.2 Comparaisons de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monoénergétiques **97**
 - 5.3 Comparaison de mesures de taux d'émission de sources neutroniques de radionucléides **98**
- 6 Questions diverses ; date de la prochaine réunion **99**
 - 6.1 Départ à la retraite du président **99**
 - 6.2 ETL **100**
 - 6.3 Bibliographie **100**
 - 6.4 Échange d'informations sur les travaux en cours dans les laboratoires des participants **100**
 - 6.5 Visite des laboratoires du BIPM **100**
 - 6.6 Date de la prochaine réunion **101**

Annexe R(III) 1. Documents de travail présentés à la 13^e réunion de la Section III du CCRI 103**Liste des sigles utilisés dans le présent volume 105**

ÉTATS MEMBRES DE LA CONVENTION DU MÈTRE

au 2 juin 1999

Afrique du Sud	Iran (Rép. islamique d')
Allemagne	Irlande
Argentine	Israël
Australie	Italie
Autriche	Japon
Belgique	Mexique
Brésil	Norvège
Bulgarie	Nouvelle-Zélande
Cameroun	Pakistan
Canada	Pays-Bas
Chili	Pologne
Chine	Portugal
Corée (Rép. de)	Roumanie
Corée (Rép. pop. dém. de)	Royaume-Uni
Danemark	Russie (Féd. de)
Dominicaine (Rép.)	Singapour
Égypte	Slovaquie
Espagne	Suède
États-Unis	Suisse
Finlande	Tchèque (Rép.)
France	Thaïlande
Hongrie	Turquie
Inde	Uruguay
Indonésie	Venezuela

LE BIPM ET 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.

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

- d'établir les étalons fondamentaux et les échelles pour la mesure 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 mesures des constantes physiques fondamentales 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) à laquelle il présente son rapport sur les travaux accomplis par le Bureau international.

La Conférence générale rassemble des délégués de tous les États membres de la Convention du Mètre et se réunit actuellement tous les quatre ans dans le but :

- 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 toutes les décisions importantes concernant la dotation, l'organisation et le développement du Bureau international.

Le Comité international comprend 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. La principale mission du Comité international est d'assurer l'unification mondiale des unités de mesure, en agissant directement, ou en soumettant des propositions à la Conférence générale.

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 et radiométriques (1937), des rayonnements ionisants (1960) et aux échelles de temps (1988). Dans ce but, un agrandissement des premiers laboratoires construits en 1876-1878 a eu lieu en 1929 ; de nouveaux bâtiments ont été construits en 1963-1964 pour les laboratoires de la section des rayonnements ionisants, en 1984 pour le travail sur les lasers et en 1988 a été inauguré un bâtiment pour la bibliothèque et des bureaux.

Environ quarante-cinq physiciens et techniciens travaillent dans les laboratoires du Bureau international. Ils y font principalement des recherches métrologiques, des comparaisons internationales des réalisations des unités et des vérifications d'étalons. Ces travaux font l'objet d'un rapport annuel détaillé qui est publié avec les *Procès-verbaux des séances du Comité international*.

Devant l'extension des tâches confiées au Bureau international en 1927, le Comité international a institué, 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 au Comité international des recommandations concernant les unités.

Les Comités consultatifs ont un règlement commun (*BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1963, **31**, 97). Ils tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers. Le président de chaque Comité consultatif est désigné par le Comité international ; il est généralement membre du Comité international. Les Comités consultatifs ont pour membres des laboratoires de métrologie et des instituts spécialisés, dont la liste est établie par le Comité international, qui envoient des délégués de leur choix. Ils comprennent aussi des membres nominativement désignés par le Comité international, et un représentant du Bureau international (Critères pour être membre des Comités

consultatifs, *BIPM Proc.-verb. Com. int. poids et mesures*, 1996, **64**, 6). Ces Comités sont actuellement au nombre de dix :

- 1 Le Comité consultatif d'électricité et magnétisme (CCEM), nouveau nom donné en 1997 au 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 CCE s'est occupé des questions de photométrie) ;
- 3 Le Comité consultatif de thermométrie (CCT), créé en 1937 ;
- 4 Le Comité consultatif des longueurs (CCL), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour la définition du mètre (CCDM) créé en 1952 ;
- 5 Le Comité consultatif du temps et des fréquences (CCTF), nouveau nom donné en 1997 au Comité consultatif pour la définition de la seconde (CCDS) créé en 1956 ;
- 6 Le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI), nouveau nom donné en 1997 au 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 Comité international en 1954) ;
- 8 Le Comité consultatif pour la masse et les grandeurs apparentées (CCM), créé en 1980 ;
- 9 Le Comité consultatif pour la quantité de matière (CCQM), créé en 1993 ;
- 10 Le Comité consultatif de l'acoustique, des ultrasons et des vibrations (CCAUV), créé en 1998.

Les travaux de la Conférence générale, du Comité international et des Comités consultatifs sont publiés par les soins du Bureau international 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* ;
- *Rapports des sessions des Comités consultatifs*.

Le Bureau international publie aussi des monographies sur des sujets métrologiques particuliers et, sous le titre *Le Système international d'unités (SI)*, une brochure remise à jour périodiquement qui rassemble toutes les décisions et recommandations concernant les unités.

La collection des *Travaux et mémoires du Bureau international des poids et mesures* (22 tomes publiés de 1881 à 1966) a été arrêtée par décision du Comité international, de même que le *Recueil de travaux du Bureau international des poids et mesures* (11 volumes publiés de 1966 à 1988).

Les travaux du Bureau international font l'objet de publications dans des journaux scientifiques ; une liste en est donnée chaque année dans les *Procès-verbaux des séances du Comité international*.

Depuis 1965 la revue internationale *Metrologia*, éditée sous les auspices du Comité international des poids et mesures, publie des articles sur la métrologie scientifique, sur l'amélioration des méthodes de mesure, les travaux sur les étalons et sur les unités, ainsi que des rapports concernant les activités, les décisions et les recommandations des organes de la Convention du Mètre.

**LISTE DES MEMBRES
DU COMITÉ CONSULTATIF
DES RAYONNEMENTS IONISANTS**

au 2 juin 1999

Président

G. Moscati, membre du Comité international des poids et mesures ; Instituto de Fisica, Universidade de São Paulo, São Paulo.

Secrétaire exécutive

P. Allisy-Roberts, Bureau international des poids et mesures [BIPM], Sèvres.

Membres

Le président de la Section I.

Le président de la Section II.

Le président de la Section III.

Le directeur du Bureau international des poids et mesures [BIPM].

Section I (Rayons x et γ , électrons)

Président

K. Hohlfeld, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig.

Membres

Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency [ARPANSA],
Victoria.

Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen [BEV], Vienne.

Bureau national de métrologie, Laboratoire national Henri Becquerel [BNM-
LNHB], Gif-sur-Yvette.

Conseil national de recherches du Canada [NRC], Ottawa.

Electrotechnical Laboratory [ETL], Tsukuba.

Ente per le Nuove Technologie, l'Energia e l'Ambiente, Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti [ENEA-INMRI], Rome.

Glówny Urząd Miar/Central Office of Measures [GUM], Varsovie.

Institut de métrologie D.I. Mendéléev [VNIIM], Saint-Pétersbourg.

Institut national de métrologie [NIM], Beijing.

International Commission on Radiation Units and Measurements [ICRU].

National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg.

National Physical Laboratory [NPL], Teddington.

Nederlands Meetinstituut, Van Swinden Laboratorium [NMI-VSL], AR Delft.

Országos Mérésügyi Hivatal/National Office of Measures [OMH], Budapest.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig.

Swedish Radiation Protection Institute/Statens Stralskyddsinstitut [SRPI], Stockholm.

A. Brosed, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas [CIEMAT], Madrid.

Le directeur du Bureau international des poids et mesures [BIPM].

Observateurs

Agence internationale de l'énergie atomique [AIEA], Vienne.

International Organization for Medical Physics [IOMP].

International Radioprotection Association [IRPA].

Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes [LNMRI], Rio de Janeiro.

Section II (Mesure des radionucléides)

Président

B.R.S. Simpson, National Accelerator Centre, Faure.

Membres

Australian Nuclear Science and Technology Organisation [ANSTO], Menai.
Bureau national de métrologie, Laboratoire national Henri Becquerel [BNM-LNHB], Gif-sur-Yvette.
Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas [CIEMAT], Madrid.
Conseil national de recherches du Canada [NRC], Ottawa.
Electrotechnical Laboratory [ETL], Tsukuba.
Institut de métrologie D.I. Mendéléev [VNIIM], Saint-Pétersbourg.
Institut des matériaux et mesures de référence [IRMM], Geel.
Institut national de métrologie [NIM], Beijing.
Korea Research Institute of Standards and Science [KRISS], Taejon.
National Accelerator Centre [NAC], Faure.
National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg.
National Physical Laboratory [NPL], Teddington.
National Research Council of Canada [NRC], Ottawa.
Országos Mérésügyi Hivatal/National Office of Measures [OMH], Budapest.
Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig.
Radioisotope Centre Polatom [RC], Swierk.
J.-J. Gostely, Institut de radiophysique appliquée [IRA-OFMET], Lausanne.
G. Winkler, Institut für Radiumforschung und Kernphysik [IRK], Vienne.
Le directeur du Bureau international des poids et mesures [BIPM].

Observateurs

Český Metrologický Institut/Czech Metrology Institute [CMI], Prague.
Ente per le Nuove Technologie, l'Energia e l'Ambiente, Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti [ENEA-INMRI], Rome.
International Commission on Radiation Units and Measurements [ICRU].

International Organization for Medical Physics [IOMP].

International Radioprotection Association [IRPA].

Nederlands Meetinstituut, Van Swinden Laboratorium [NMI-VSL], AR Delft.

Section III (Mesures neutroniques)

Président

V.E. Lewis, National Physical Laboratory, Teddington.

Membres

Bureau national de métrologie, Laboratoire national Henri Becquerel [BNM-LNHB], Gif-sur-Yvette.

Electrotechnical Laboratory [ETL], Tsukuba.

Institut de métrologie D.I. Mendéléev [VNIIM], Saint-Pétersbourg.

Institut des matériaux et mesures de référence [IRMM], Geel.

Institut national de métrologie [NIM], Beijing.

National Institute of Standards and Technology [NIST], Gaithersburg.

National Physical Laboratory [NPL], Teddington.

Physikalisch-Technische Bundesanstalt [PTB], Braunschweig.

J.J. Broerse [IRI/TNO], Rijswijk.

Le directeur du Bureau international des poids et mesures [BIPM].

Observateurs

Agence internationale de l'énergie atomique [AIEA].

Chinese Institute of Atomic Energy [CIAE], Beijing.

International Commission on Radiation Units and Measurements [ICRU].

**Comité consultatif
des rayonnements ionisants**

Rapport de la 16^e session

(2 juin 1999)

**au Comité international
des poids et mesures**

Ordre du jour

- 1 Ouverture de la session.
- 2 Rapport de la quinzième session du CCEMRI.
- 3 Conclusions des réunions des trois Sections du CCRI :
 - 3.1 Section I : rayons x et γ , électrons ;
 - 3.2 Section II : mesure des radionucléides ;
 - 3.3 Section III : mesures neutroniques.
- 4 Discussion de points d'intérêt commun :
 - 4.1 Questions relatives à l'arrangement de reconnaissance mutuelle ;
 - 4.2 Activités du BIPM ;
 - 4.3 Rapport à la Conférence générale ;
 - 4.4 Composition des Sections.
- 5 Date des prochaines réunions.
- 6 Remarques finales.

Résumé

Le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) a tenu sa seizième session au Bureau international des poids et mesures le 2 juin 1999 (la première sous ce nouveau nom). Selon la nouvelle procédure, le CCRI procède à une brève présentation des principales conclusions des réunions de chacune de ses trois Sections, suivie d'une discussion sur des points d'intérêt commun. Les principaux points à l'ordre du jour étaient la mise en pratique de l'arrangement de reconnaissance mutuelle par le biais de comparaisons clés appropriées, le rapport à la Conférence générale, et la composition future du CCRI et de ses Sections.

1 OUVERTURE DE LA SESSION

Le Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) a tenu sa seizième session au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, le 2 juin 1999.

Étaient présents : K. Hohlfeld (président de la Section I du CCRI), V. Lewis (président de la Section III du CCRI), G. Moscati (président du CCRI), T.J. Quinn (directeur du BIPM) et M. Woods (rapporteur de la Section II du CCRI).

Assistait aussi à la réunion : P. Allisy-Roberts (secrétaire exécutive du CCRI).

Le président, M. Moscati, ouvre la session en expliquant que c'est la première réunion de l'ancien CCEMRI (Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants) sous le nouveau nom de CCRI ; les membres de ce comité et sa méthode de travail ont aussi changé. Le CCRI est maintenant uniquement composé de son président, des présidents de ses trois Sections et du directeur du BIPM. M. Simpson, président de la Section II, ne pouvant être présent, M. Woods, rapporteur de cette Section, a été invité à présenter à sa place les conclusions de la réunion de la Section II.

2 RAPPORT DE LA QUINZIEME SESSION DU CCEMRI

Le rapport de la quinzième session du CCEMRI est présenté brièvement ; il a déjà été discuté lors des réunions des Sections. Le président regrette le manque d'apport extérieur au nouveau CCRI, mais le directeur du BIPM explique que la pratique actuelle est en accord avec celle des autres Comités consultatifs, ajoutant que les besoins futurs dans le domaine de la métrologie des rayonnements ionisants exprimés par les utilisateurs finaux doivent être examinés par les laboratoires nationaux de métrologie et transmis au CCRI comme il convient. M. Woods souligne que l'ICRM assure une liaison entre les laboratoires nationaux de métrologie et les utilisateurs. Le CCRI compte aussi des représentants d'organisations internationales comme l'AIEA, l'ICRU, l'IOMP et l'IRPA, qui sont capables de lui faire connaître certains de ces besoins. Le président demande à chaque Section de s'assurer que les

besoins futurs de la métrologie sont bien pris en compte lors de chaque réunion des Sections.

3 CONCLUSIONS DES REUNIONS DES TROIS SECTIONS DU CCRI

Le président encourage le BIPM à se préparer aux changements dans le programme de travail décidés pour le nouveau millénaire, résultant de la signature de l'arrangement de reconnaissance mutuelle. Il demande ensuite aux présidents des Sections de présenter leur rapport sur les décisions prises par chaque Section et qui devront être présentées au Comité international et à la Conférence générale.

3.1 Section I : rayons x et γ , électrons (Président : K. Hohlfeld)

M. Hohlfeld décrit les quatre comparaisons clés du BIPM et mentionne que pour chacune d'entre elles la valeur du BIPM sera utilisée comme valeur de référence parce que les étalons du BIPM sont plus stables que la valeur des différences entre les étalons des laboratoires nationaux de métrologie ; les comparaisons bilatérales peuvent être utilisées pour vérifier l'équivalence et normalement chaque laboratoire national de métrologie devra comparer ses étalons à ceux du BIPM au moins une fois tous les dix ans. Il mentionne les diverses comparaisons supplémentaires en cours et dit que le problème de définir la qualité des rayonnements aux hautes énergies devra être résolu. Il dit qu'un groupe de travail a été établi pour résoudre les problèmes relatifs aux facteurs de correction pour les étalons de kerma dans l'air et préparer le programme des comparaisons à venir.

M. Moscati est préoccupé de ce que, le CCRI ne se réunissant qu'une fois tous les deux ans, un laboratoire peut se trouver obligé d'attendre deux ans avant que les résultats des comparaisons auxquelles il participe soient inclus dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Après discussion, il est décidé que l'on peut obtenir par correspondance l'accord sur les comparaisons du BIPM en cours.

3.2 Section II : mesure des radionucléides (Président : M. Woods)

M. Woods mentionne les deux comparaisons récentes de mesures d'activité achevées par la Section II. Les problèmes identifiés lors de la comparaison de ^{204}Tl devront être étudiés par un groupe de travail. Il dit que les résultats de la comparaison de ^{192}Ir ne seront pas publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, mais qu'un membre de la Section II devra recenser les difficultés rencontrées dans les mesures de l'activité de ce radionucléide ; le document produit sera distribué avant d'entreprendre une autre comparaison.

De nouvelles comparaisons de la Section II du CCRI sont en cours pour le ^{152}Eu , le ^{89}Sr et le ^{238}Pu , ainsi que deux comparaisons régionales pour le ^{59}Fe (sous les auspices de l'APMP) et pour le ^{237}Np (sous les auspices de l'EUROMET), dans le cadre desquelles des ampoules seront soumises au Système international de référence (SIR) afin d'assurer la liaison aux étalons internationaux. Notons que la Section II du CCRI doit être informée à l'avance des comparaisons régionales.

M. Woods dit que les comparaisons de la Section II du CCRI et les valeurs du SIR seront utilisées pour établir les degrés d'équivalence entre les laboratoires nationaux de métrologie ; les moyennes non pondérées seraient utilisées pour établir les valeurs de référence, les bilans d'incertitude n'étant pas à l'heure actuelle cohérents. Il espère qu'une monographie publiant toutes les valeurs du SIR sera prête fin 1999. Les valeurs seront revues tous les deux ans pour y inclure de nouvelles données. Il est précisé que les résultats de certaines comparaisons anciennes ne seront pas publiés dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, même en vue d'une équivalence provisoire.

Il est mentionné que le projet commun à l'IRMM et au NPL sur la mise au point et la fabrication d'une chambre d'ionisation qui sera utilisée par les laboratoires nationaux de métrologie progresse conformément au programme établi.

En ce qui concerne l'extension du SIR pour inclure les émetteurs de rayonnement bêta, un nouveau coordinateur (M. Los Arcos) a été chargé de la publication d'une monographie donnant des conseils pratiques pour les mesures de scintillation liquide et M. De Felice a été chargé de la rédaction d'un article décrivant une autre méthode de mesure par scintillation liquide. On a attiré l'attention sur le fait que le SIR sera placé à l'avenir dans un environnement contrôlé en humidité et en température.

M. Woods rappelle les dates limites qui avaient été fixées pour soumettre les documents aux réunions du CCRI : les documents doivent parvenir aux participants au moins deux semaines avant la réunion.

3.3 Section III : mesures neutroniques (Président : V. Lewis)

M. Lewis dit que la Section III a décidé de conserver tous les résultats des précédentes comparaisons, parce que ces comparaisons ont représenté un lourd investissement pour les laboratoires nationaux de métrologie et qu'elles couvrent de nombreux aspects différents de la métrologie des neutrons. Comme il n'existe plus de laboratoire international au BIPM, la Section III doit faire circuler des instruments de transfert si elle veut effectuer des comparaisons clés.

Quant à la base de données du BIPM sur les comparaisons clés, M. Lewis dit que les calculs des degrés d'équivalence ne sont pas simples. Par exemple, une comparaison clé a porté sur neuf champs neutroniques distincts, alors qu'elle ne compte que cinq participants et elle a généré des bilans d'incertitudes qui ne sont pas cohérents. Les décisions relatives à la valeur de référence et aux degrés d'équivalence seront prises par correspondance. Il est souligné qu'une meilleure information sur les bilans d'incertitude, comme cela a été envisagé par exemple dans le document de directives pour les comparaisons clés du BIPM dans le cadre de l'arrangement de reconnaissance mutuelle, devrait aider les laboratoires nationaux de métrologie à obtenir des incertitudes plus cohérentes.

La Section III est favorable à la répétition tous les dix ans des comparaisons clés et la prochaine comparaison clé aura lieu à la PTB, tous les participants effectuant leurs mesures dans un délai de deux à trois semaines. Une autre comparaison de mesure de taux d'émission de neutrons sera effectuée en faisant circuler une source d'Am-Be entre dix laboratoires nationaux de métrologie participants. Elle devrait débiter d'ici six mois en dépit de difficultés à résoudre concernant la circulation de substances radioactives. Cette comparaison se fera en parallèle avec une comparaison de l'EUROMET ; le NPL et la PTB assureront la liaison entre les deux.

4 DISCUSSION DE POINTS D'INTERET COMMUN

4.1 Questions relatives à l'arrangement de reconnaissance mutuelle

M. Quinn dit qu'un autre Comité consultatif a décidé d'éliminer le problème des incertitudes de mesures estimées à une valeur trop faible pour être réalistes, en établissant un bilan d'incertitude conforme à l'état de l'art qui définirait la valeur minimale de l'incertitude pouvant être utilisée pour calculer les degrés d'équivalence. Ce précédent pourrait être un exemple utile pour le CCRI.

M. Quinn a écrit à l'AIEA et à l'IRMM pour les inviter à participer à l'arrangement de reconnaissance mutuelle.

4.2 Activités du BIPM

Des commentaires favorables ont été émis au sujet du travail accompli à la section des rayonnements ionisants du BIPM, en particulier en considération de la charge de travail liée aux comparaisons résultant de l'arrangement de reconnaissance mutuelle.

M. Moscati a accepté de présenter les problèmes liés à l'acquisition d'une nouvelle source de ^{60}Co à la prochaine session du CIPM.

4.3 Rapport à la Conférence générale

M. Moscati demande de l'aide pour rédiger le rapport du président du CCRI à la Conférence générale, en particulier en vue de la préparation des transparents pour son exposé. Il a besoin d'illustrations montrant l'importance du travail dans les divers domaines des rayonnements ionisants et les messages particuliers à transmettre.

4.4 Composition des Sections

Lors d'une discussion générale sur la composition des Sections du CCRI, des questions sont posées pour savoir si les laboratoires nationaux de métrologie participant aux comparaisons doivent être invités aux réunions en qualité d'observateurs, et si les laboratoires nationaux de métrologie qui ne sont plus actifs dans le domaine en question doivent être invités à reconsidérer leur participation au travail des Sections. Les Sections décident de mettre à l'ordre du jour de leur réunion respective un point relatif à leur composition à venir.

M. Lewis indique qu'il quittera la présidence de la Section III et qu'un nouveau président devra être nommé par le président du CCRI d'ici la prochaine réunion. Le président de la Section I du CCRI quittera aussi ses fonctions à la prochaine réunion, aussi le président du CCRI accepte-t-il d'inviter quelqu'un à remplacer M. Hohlfeld.

5 DATE DES PROCHAINES REUNIONS

Il est proposé de réunir les trois Sections en parallèle, dans deux ans. Cependant, comme certains représentants des laboratoires nationaux de métrologie participent aux réunions de plusieurs Sections, et comme le président du CCRI, les présidents des Sections du CCRI, la secrétaire exécutive, le directeur du BIPM et le personnel de la section des rayonnements ionisants du BIPM doivent assister aux réunions des trois Sections du CCRI, il est décidé qu'il serait préférable de convoquer ces réunions à des dates très rapprochées ; la réunion de la Section II devrait être liée aux dates de l'ICRM. Les réunions des groupes de travail pourraient peut-être avoir lieu en parallèle, si nécessaire, juste avant ou après les réunions des Sections.

6 REMARQUES FINALES

À la fin de la réunion, le président remercie le BIPM de son hospitalité. Il note que le système de microphones a été utile dans la Grande Salle et que l'administration a été très efficace. Le président remercie également le personnel du BIPM, les membres du CCRI et les rapporteurs de ses trois Sections.

Il est demandé aux Sections d'envoyer leur rapport dès que possible pour aider à la préparation de la Conférence générale.

janvier 2001

**Comité consultatif
des rayonnements ionisants**

Section I : rayons x et γ , électrons

Rapport de la 14^e réunion

(26–28 mai 1999)

Ordre du jour

- 1 Ouverture de la réunion ; approbation de l'ordre du jour ; nomination d'un rapporteur.
- 2 Rapport de la quinzième session du CCEMRI.
- 3 Comparaisons d'étalons de mesure (rayons x et γ) :
 - 3.1 Comparaisons et étalonnages au BIPM ;
 - 3.2 Laboratoires nationaux ;
 - 3.3 Comparaisons régionales ;
 - 3.4 Programme de comparaisons futures.
- 4 Comparaisons clés :
 - 4.1 Valeur de W/e et de son incertitude ;
 - 4.2 Estimation de k_{att} , k_{sc} , k_{CEP} et de leur incertitude ;
 - 4.3 Analyse des résultats des comparaisons clés et rôle des comparaisons bilatérales et régionales ;
 - 4.4 Travaux futurs.
- 5 Travaux en cours et à venir au BIPM :
 - 5.1 Renouvellement des systèmes de mesure ;
 - 5.2 Nouvelle source de ^{60}Co ;
 - 5.3 Système de transfert pour les rayons x aux hautes énergies ;
 - 5.4 Corrections pour la perte des électrons et la diffusion des photons dans les chambres à parois d'air ;
 - 5.5 Résultats expérimentaux sur la recombinaison des ions ;
 - 5.6 Mise au point d'un calorimètre en graphite.
- 6 Mise au point et amélioration des étalons nationaux de dosimétrie photonique :
 - 6.1 Kerma dans l'air ;
 - 6.2 Dose absorbée dans l'eau.
- 7 Dissémination des facteurs d'étalonnage $N_{D,w}$:
 - 7.1 Comparaison de $N_{D,w}$ et de N_K ;
 - 7.2 Nouveaux codes de pratique.

- 8 Autres étalons nationaux pour la dosimétrie des photons :
 - 8.1 Étalons de curiethérapie ;
 - 8.2 Étalons pour la radioprotection ;
 - 8.3 Étalons pour les rayonnements utilisés dans l'industrie.
- 9 Mise au point et amélioration des étalons nationaux en dosimétrie des particules chargées :
 - 9.1 Faisceaux d'électrons ;
 - 9.2 Rayonnement bêta ;
 - 9.3 Faisceaux de protons.
- 10 Rapports d'activité des laboratoires membres et informations supplémentaires.
- 11 Rapports des observateurs internationaux :
 - 11.1 ICRU ;
 - 11.2 AIEA.
- 12 Publications.
- 13 Questions diverses ; date de la prochaine réunion.

Résumé

La Section I du Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) a tenu sa quatorzième réunion au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, en mai 1999. Les travaux récents du Bureau international des poids et mesures (BIPM) ont été présentés, en particulier les résultats des comparaisons internationales. Le programme de travaux à venir a été approuvé après une discussion détaillée, en particulier des questions relatives aux incertitudes et des rapports des laboratoires membres. Le directeur du BIPM a présenté l'arrangement de reconnaissance mutuelle entre les laboratoires nationaux de métrologie, ce qui a fait l'objet d'une vaste discussion sur l'avenir de la Section I, en liaison avec la base de données du BIPM sur les comparaisons clés et le programme de comparaisons clés à venir. Des décisions ont été prises quant aux valeurs de référence des comparaisons clés et aux actions nécessaires pour s'assurer que les bilans d'incertitude présentés par les laboratoires nationaux de métrologie sont cohérents et complets. Le BIPM et les laboratoires nationaux de métrologie ont présenté les travaux en cours sur les étalons en dosimétrie. Les rapports des observateurs internationaux ont été entendus.

1 OUVERTURE DE LA REUNION ; APPROBATION DE L'ORDRE DU JOUR ; NOMINATION D'UN RAPPORTEUR

M. Quinn accueille tous les participants et dit combien il est heureux de voir le nombre élevé des participants à cette réunion.

Étaient présents : A.H.L. Aalbers (NMI-VSL), A. Allisy (ICRU), J.F. Boas (ARPANSA), A. Brosed (CIEMAT), B. Chauvenet (BNM-LNHB), I. Csete (OMH), K. Hohlfeld (président, PTB), R.F. Laitano (ENEA-INMRI), G. Moscati (président du CCRI), T.J. Quinn (directeur du BIPM), Z. Referowski (GUM), D.W.O. Rogers (NRC), S.M. Seltzer (NIST), P. Sharpe (NPL), N. Takata (ETL), Tian Zhongqing (NIM), N.D. Villevalde (VNIIM), J. Witzani (BEV).

Observateur : P. Andreo (AIEA).

Invité : B.R.S. Simpson (NAC).

Ont assisté à tout ou partie de la réunion : P. Giacomo (directeur honoraire du BIPM) ; P. Allisy-Roberts (secrétaire exécutive du CCRI), D.T. Burns, C. Michotte, G. Ratel et C. Thomas (BIPM).

Excusé : L.N. Rodrigues (IRD).

Avant d'aborder les questions officiellement inscrites à l'ordre du jour, M. Hohlfeld informe les participants du récent décès de M. H.O. Wyckoff, qui a longtemps participé aux travaux du CCEMRI comme représentant du NIST et de l'ICRU, et que beaucoup ici présents connaissaient personnellement. Une minute de silence est respectée à sa mémoire.

Le président de la Section I renouvelle les souhaits de bienvenue offerts par M. Quinn et invite les membres présents autour de la table à se présenter. Il explique ensuite l'objet et l'importance de cette réunion pour la cohérence internationale des mesures en dosimétrie des rayonnements ionisants. À l'avenir, ce sera plus crucial encore du fait de l'arrangement de reconnaissance mutuelle mis en œuvre par le Comité international des poids et mesures (CIPM), car il permettra d'établir les degrés d'équivalence entre les laboratoires nationaux de métrologie.

L'ordre du jour étant très chargé, le président encourage les présents à profiter de ces trois jours de discussion approfondie et constructive pour proposer des recommandations sur les travaux à venir de la Section I.

M. Sharpe est nommé rapporteur.

M. Rogers demande d'ajouter à l'ordre du jour une discussion sur les spécifications des qualités de faisceau. Cette question sera traitée au point 5.3. Au point 4 de l'ordre du jour, M. Quinn présentera une introduction à l'arrangement de reconnaissance mutuelle et à ses implications en matière de comparaisons clés.

2 RAPPORT DE LA QUINZIEME SESSION DU CCEMRI

Le président présente brièvement le rapport de la quinzième session du CCEMRI, qui s'est tenue en juillet 1997. Un certain nombre de changements importants ont été approuvés quant à la composition et au mode opératoire du comité, y compris un changement du nom du comité en Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI). Dorénavant, le CCRI lui-même sera composé de son président, des présidents des trois Sections et du directeur du BIPM, et de sa secrétaire exécutive. Les autres membres de l'ancien CCEMRI ne seront plus membres du CCRI. Pour améliorer la communication entre les Sections du CCRI, il a été décidé d'inviter le président du CCRI et les présidents des Sections à assister à toutes les réunions, c'est ainsi que M. Simpson (président de la Section II) a assisté à la réunion de la Section I. Une brève réunion du CCRI suivra immédiatement les réunions de ses trois Sections pour approuver les conclusions de celles-ci.

L'ENEA (Italie) et le BEV (Autriche) sont maintenant membres de la Section I du CCRI et l'AIEA, l'IOMP, l'IRPA et le LNMRI ont le statut d'observateur.

M. Rogers observe qu'il serait utile de donner des noms plus évocateurs aux Sections que les qualificatifs de I, II et III actuellement utilisés. On lui fait remarquer qu'il suffit d'employer les noms complets des Sections, qui décrivent de manière appropriée leur mission. Aucun changement n'est proposé.

3 COMPARAISONS D'ETALONS DE MESURE (RAYONS X ET γ)

3.1 Comparaisons et étalonnages au BIPM

Mme Allisy-Roberts et M. Burns présentent un résumé des comparaisons en dosimétrie et des étalonnages en cours (CCRI(I)/99-1). Le nombre de comparaisons effectuées avec le BIPM a considérablement augmenté récemment, principalement en raison de la nécessité de mettre à jour les valeurs à inclure dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Depuis la précédente réunion de la Section I du CCRI, vingt-six comparaisons et trente et un étalonnages ont été effectués. Mme Allisy-Roberts souligne qu'un certain nombre de comparaisons mentionnées dans le document CCRI(I)/99-1 le sont à titre provisoire, bien qu'elles aient été effectuées il y a un certain temps, et elle souligne la nécessité de mettre un point final à ces comparaisons et d'en publier les résultats aussi rapidement que possible. Les participants à la présente réunion examinent les résultats présentés dans le document CCRI(I)/99-1 ainsi qu'un certain nombre de points spécifiques à revoir. Les participants sont préoccupés de constater que les différences observées dans les comparaisons bilatérales ne se représentent pas toujours quand on compare les résultats des deux laboratoires nationaux de métrologie en question aux résultats correspondants de la comparaison du BIPM. C'est particulièrement évident pour les comparaisons d'étalons de dose absorbée dans l'eau pour le ^{60}Co entre le NIST et le NRC, et il est difficile d'interpréter les différences observées à partir des composantes appropriées de l'incertitude et des corrélations connues entre ces composantes.

3.2 Laboratoires nationaux

Outre les comparaisons du BIPM, les comparaisons suivantes ont aussi été effectuées depuis la dernière réunion de la Section I du CCRI. Dans de nombreux cas, les résultats figurent dans les rapports des laboratoires présentés à cette réunion :

- NMI, PTB et NPL : kerma dans l'air pour les rayons x aux basses énergies (qualités mammographiques) ;
- ARPANSA et NRC : kerma dans l'air pour le ^{60}Co ;

- ARPANSA et NPL : dose absorbée dans l'eau pour les rayons x aux hautes énergies et pour le ^{60}Co ;
- ENEA et NIST : kerma dans l'air pour les rayons x aux basses énergies et pour le ^{60}Co ;
- NIST, NPL et PTB : kerma dans l'air pour les rayons x aux basses énergies.

3.3 Comparaisons régionales

Mme Allisy-Roberts dit qu'un résumé des comparaisons du COMECON de kerma dans l'air pour les rayons x et le rayonnement γ , ainsi que les comparaisons correspondantes du BIPM, a récemment été publié sous la forme d'un rapport du BIPM (*Rapport BIPM-98/8*).

3.4 Programme de comparaisons futures

La discussion sur les comparaisons futures aura lieu au point 4.4.

4 COMPARAISONS CLES

M. Quinn présente brièvement l'arrangement de reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage. Le projet d'arrangement a été paraphé par les directeurs des laboratoires nationaux de métrologie en 1998 et sa signature officielle devrait avoir lieu en octobre 1999 en liaison avec le 21^e Conférence générale. Une des composantes essentielles de l'arrangement est l'établissement des degrés d'équivalence entre les étalons nationaux de mesure déduits d'une série de comparaisons clés. L'organisation de ces comparaisons se fera sous la responsabilité des Comités consultatifs. Le BIPM a l'intention de rendre leurs résultats publics, au moyen d'un accès par Internet à la base de données du BIPM sur les comparaisons clés qui fournira les degrés d'équivalence entre les étalons de mesure. Les comparaisons clés des Comités consultatifs ne concernent normalement que les membres des Comités consultatifs ; elles permettront d'établir une valeur de référence liée à l'unité appropriée du Système international d'unités (SI), valeur fondée sur une méthode agréée de

combinaison des résultats. Les autres comparaisons, conduites sous les auspices des organisations régionales de métrologie, étendront les degrés d'équivalence à d'autres laboratoires. M. Quinn indique qu'il devrait être possible de donner un statut spécial à l'AIEA, afin de relier son réseau de laboratoires secondaires de dosimétrie au système international.

4.1 Valeur de W/e et de son incertitude

M. Rogers présente les résultats du NRC sur les mesures de pouvoirs d'arrêt des électrons (CCRI(I)/99-24). En général, l'accord avec les valeurs calculées est satisfaisant (ICRU 37), les différences les plus grandes concernant l'aluminium (0,7 % entre 20 MeV et 30 MeV). Les résultats pour le graphite (entre 5 MeV et 30 MeV) indiquent clairement qu'il faut utiliser la masse volumique du grain, et non la masse volumique à l'état massif, pour calculer l'effet de masse volumique. Les résultats montrent une différence de 0,3 % pour le ^{60}Co si le calcul tient compte de la différence entre ces deux masses volumiques. Les résultats ont aussi des implications sur la valeur de W/e en raison de la relation étroite entre W/e et les rapports entre les pouvoirs d'arrêt.

Mme Allisy-Roberts propose que tous les laboratoires nationaux de métrologie utilisent, pour analyser les résultats des comparaisons clés, une valeur commune de 0,11 % pour l'incertitude sur le produit $W/e \cdot s_{c,a}$. Les participants approuvent sa proposition.

4.2 Estimation de k_{att} , k_{sc} , k_{CEP} et de leur incertitude

Mme Allisy-Roberts présente brièvement un document de Mme Boutillon (CCRI(I)/99-3) qui compare les valeurs expérimentales et calculées de k_{paroi} pour un certain nombre d'étalons primaires. Une analyse statistique fondée sur les résultats des comparaisons entre les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM a été effectuée, en utilisant les valeurs expérimentales et calculées de k_{paroi} . En ce qui concerne les étalons de kerma dans l'air pour le ^{60}Co il est évident que l'accord entre les chambres cylindriques et plates est meilleur si l'on utilise les valeurs expérimentales plutôt que les valeurs calculées. La situation semble plus complexe pour les étalons de kerma dans l'air pour le ^{137}Cs , une différence significative (0,7 %) étant constatée entre les chambres cylindriques et plates lorsqu'on utilise les facteurs k_{paroi} expérimentaux. On ne dispose pas de valeurs calculées des facteurs k_{paroi} pour le ^{137}Cs .

M. Rogers présente de nouveaux résultats du NRC (CCRI(I)/99-26) qui comparent les facteurs de correction expérimentaux et calculés de paroi et de non-uniformité axiale pour les types de chambres utilisées au BIPM et dans un certain nombre de laboratoires nationaux de métrologie. Des calculs ont été faits pour les rayonnements du ^{60}Co et du ^{137}Cs . L'accord entre les valeurs calculées et expérimentales est satisfaisant pour une paroi plus épaisse (elle est meilleure que 0,2 % dans la plupart des cas), ce qui donne confiance dans la validité de la méthode de calcul. Il y a, toutefois, des différences significatives entre les facteurs de correction calculés selon la méthode de Monte Carlo et ceux obtenus à partir des valeurs expérimentales par extrapolation à une paroi sans épaisseur. Si on applique les facteurs de correction du NRC calculés aux résultats des comparaisons entre les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM dont on dispose, le taux de kerma moyen dans l'air est augmenté de 0,8 % pour le ^{60}Co . De plus, le rapport moyen entre les valeurs des laboratoires nationaux de métrologie et celles du BIPM augmente de 1,001 à 1,005. Des calculs ont été faits pour le ^{137}Cs qui indiquent une variation analogue de 0,8 % du taux de kerma moyen dans l'air, alors que la dispersion des valeurs est plus grande que pour le ^{60}Co .

La question des facteurs de correction pour les étalons à cavité de kerma dans l'air est discutée en détail ; il apparaît que plusieurs laboratoires nationaux de métrologie ré-évaluent actuellement les facteurs de correction de leurs étalons. Dans l'optique d'inclure prochainement des degrés d'équivalence dans la base de données du BIPM (annexe B de l'arrangement), il a été décidé de prendre des mesures pour harmoniser les différentes approches adoptées. Les actions suivantes sont approuvées :

- a) Avant d'inclure les degrés d'équivalence dans sa base de données, le BIPM demandera aux laboratoires nationaux de métrologie de revoir leurs incertitudes sur le kerma dans l'air pour le ^{60}Co et d'étudier s'il est nécessaire d'augmenter l'incertitude mentionnée à la lumière des récents calculs de Monte Carlo.
- b) La méthode utilisée pour la détermination des facteurs de correction du kerma dans l'air pour le ^{60}Co (méthode de Monte Carlo, expérimentale, ou les deux) sera identifiée dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. On y ajoutera une déclaration concernant l'implication des différences entre les deux méthodes sur l'estimation des incertitudes.

- c) Un groupe de travail sera créé pour étudier les implications de l'utilisation des facteurs de correction, fondés sur la méthode de Monte Carlo, des étalons de kerma dans l'air pour le ^{60}Co et de présenter un rapport à la Section I du CCRI d'ici dix-huit mois. Les membres de ce groupe sont le BNM-LPRI, le NIST, le NMi (président), le NPL et le BIPM. Le NRC accepte la fonction de consultant et soumettra au groupe de travail un document sur ce thème destiné à la publication.

4.3 Analyse des résultats des comparaisons clés et rôle des comparaisons bilatérales et régionales

Les points relatifs aux comparaisons bilatérales et régionales sont étroitement liés aux changements apportés à la proposition du Groupe de travail sur les comparaisons clés [CCRI(I)/99-2] et sont donc discutés conjointement.

Mme Allisy-Roberts présente le document CCRI(I)/99-2, qui décrit la méthode proposée pour déterminer la valeur de référence du SI du kerma dans l'air pour le rayonnement du ^{60}Co . Ce document a été préparé en réponse à la décision prise lors de la dernière réunion de la Section I du CCRI de considérer les comparaisons de kerma dans l'air pour le rayonnement du ^{60}Co comme une étude pilote pour toutes les comparaisons clés en dosimétrie. On espère que la méthode proposée pourra être adaptée à d'autres comparaisons.

Après une discussion approfondie, les décisions suivantes ont été approuvées par la Section I du CCRI en ce qui concerne l'organisation des comparaisons clés et l'établissement des déclarations d'équivalence pour la base de données :

- a) Les déclarations d'équivalence pour la base de données sur l'équivalence seront établies à partir des comparaisons réalisées de manière continue au BIPM. Les comparaisons bilatérales entre les laboratoires nationaux de métrologie serviront à les valider de manière complémentaire ; leurs résultats pourront apparaître dans la base de données, mais avec une visibilité moindre, et leur statut sera clairement identifié.
- b) Seuls les résultats publiés seront inclus dans la base de données du BIPM. L'équivalence est normalement fondée sur les résultats de la comparaison la plus récente, sauf si des circonstances exceptionnelles justifient le recours à une valeur moyenne. Les résultats des comparaisons datant de plus de dix ans seront normalement supprimés de la base de données, sauf si la Section I du CCRI demande à les conserver.

- c) La valeur du BIPM est utilisée comme valeur de référence pour toutes les comparaisons clés en dosimétrie.
- d) Les comparaisons suivantes sont approuvées :
- comparaisons clés du BIPM
 - i) kerma dans l'air dans le rayonnement du ^{60}Co ,
 - ii) kerma dans l'air pour les rayons x aux basses énergies,
 - iii) kerma dans l'air pour les rayons x aux moyennes énergies,
 - iv) dose absorbée dans l'eau dans le rayonnement du ^{60}Co ;
 - comparaisons supplémentaires du BIPM
 - i) kerma dans l'air dans le rayonnement du ^{137}Cs ,
 - ii) dose absorbée dans le graphite;
 - comparaisons supplémentaires du CCRI
 - i) comparaison de dose élevée (*voir* 8.3),
 - ii) comparaison de rayons x aux hautes énergies (*voir* 5.3),
 - iii) comparaison des aptitudes en matière d'étalonnage d'étalons de dose absorbée dans le rayonnement du ^{60}Co (*voir* 4.4). Note du secrétariat : par définition, c'est en réalité une comparaison clé de la Section I du CCRI.
- e) Pour les comparaisons clés de rayons x aux basses et moyennes énergies, toutes les qualités de référence du BIPM doivent être utilisées dans la mesure du possible, mais ce n'est pas obligatoire. L'équivalence sera déterminée pour les qualités individuelles, c'est-à-dire qu'il ne sera pas effectué de moyenne à partir des résultats obtenus pour plusieurs qualités.
- f) Les nouveaux résultats (ainsi que les bilans complets d'incertitude) à inclure dans la base de données du BIPM seront distribués à tous les membres de la Section I du CCRI pour approbation. Leur inclusion sera automatique si l'on ne reçoit pas d'objection dans un délai de deux mois. Les points de détail mineurs seront traités par le BIPM, mais les objections majeures seront discutées lors de la prochaine réunion de la Section I du CCRI.
- g) La base de données du BIPM ne fournira que les résultats récents. Il se peut que les anciens résultats soient aussi accessibles par interrogation spécifique de la base.
- h) Pour que les déclarations d'équivalence publiées dans la base de données restent fiables, les laboratoires nationaux de métrologie devront

normalement répéter leur participation aux comparaisons clés au moins une fois tous les dix ans. Pour une bonne organisation des comparaisons au BIPM, il conviendra de planifier ces nouvelles participations à l'avance ; le programme préliminaire de comparaisons clés pour les deux années à venir est présenté et approuvé dans ses principes (CCRI(I)/99-32).

- i) Les comparaisons régionales et bilatérales à inclure à l'annexe B de l'arrangement de reconnaissance mutuelle doivent d'abord être présentées à la Section I du CCRI ; elles doivent respecter la procédure et les conditions de référence de la Section I du CCRI afin que leurs résultats soient correctement reliés à la valeur de référence de la comparaison clé en question.

4.4 Travaux futurs

Plusieurs représentants s'inquiètent de la mauvaise qualité de certains résultats de comparaisons de chambres d'ionisation étalons en dose absorbée publiés récemment. Il est décidé que la Section I du CCRI commencera une nouvelle comparaison sur les aptitudes en matière d'étalonnage d'étalons de dose absorbée pour le rayonnement du ^{60}Co . Les chambres seront transportées du BIPM jusqu'à chacun des laboratoires participants pour y être étalonnées, avec les instruments habituellement utilisés pour les étalonnages en laboratoire, pour la dose absorbée dans l'eau dans le rayonnement du ^{60}Co . Le BIPM préparera un projet de protocole et coordonnera les activités. La comparaison devrait être terminée avant la prochaine réunion de la Section I du CCRI. Les représentants des laboratoires nationaux de métrologie suivants ont exprimé le souhait d'y participer : ARPANSA, BEV, BNM, ENEA, NIST, NPL, NRC et PTB.

5 TRAVAUX EN COURS ET A VENIR AU BIPM

5.1 Renouvellement des systèmes de mesure

Mme Allisy-Roberts dit que les équipements de mesure en dosimétrie du BIPM ont été en grande partie renouvelés et dotés de nouveaux systèmes

d'acquisition des données et de systèmes de contrôle des divers paramètres. Les autres opérations sont maintenant directement contrôlées par ordinateur.

5.2 Nouvelle source de ^{60}Co

Il est envisagé d'installer une nouvelle source de 170 TBq dans l'unité d'irradiation par le ^{60}Co , mais les progrès ont été plus lents que prévu en raison de difficultés liées à l'obtention du permis de transport du conteneur de la source. De plus, il est envisagé de remplacer le tube de rayons x aux basses énergies et les générateurs à haute tension, ces derniers devenant difficiles à maintenir en bon état de fonctionnement. Les dispositifs de sécurité pour tous les équipements d'irradiation ont été renouvelés.

5.3 Système de transfert pour les rayons x aux hautes énergies

D'importants travaux destinés à vérifier la stabilité des chambres à utiliser pour les comparaisons de rayons x aux hautes énergies ont été effectués depuis la dernière réunion de la Section I du CCRI. On a constaté que la stabilité des chambres à dés est très bonne, mais les résultats des chambres à plaques parallèles est décevante, la réponse pouvant varier de 0,6 %. Mme Allisy-Roberts souligne que le positionnement précis des chambres est plus difficile à réaliser avec les chambres à plaques parallèles, ce qui pourrait expliquer certaines variations observées. D'autres travaux étant prévus sur ce thème, il est noté que les chambres sont prêtes à être transportées à la PTB, au NPL et au NRC, quand ces laboratoires le souhaiteront.

M. Rogers soulève la question de la spécification de la qualité des faisceaux pour les faisceaux de photons aux hautes énergies (CCRI(I)/99-25) et suggère que le %dd(10) présente un certain nombre d'avantages par rapport au TPR_{10}^{20} plus communément utilisé. Toutefois, son utilisation présente aussi un certain nombre d'inconvénients, par exemple la nécessité d'utiliser des feuilles de plomb pour réduire la contamination par les électrons. De plus, un certain nombre de laboratoires d'étalonnage n'ont pas pu produire un faisceau de section droite de 10 cm × 10 cm à une distance de 100 cm permettant de mesurer le %dd(10) directement, bien qu'il ait été démontré que l'on peut calculer des facteurs de correction convenables pour d'autres tailles de faisceau. Compte tenu de l'utilisation de plus en plus étendue du %dd(10), M. Rogers suggère de mesurer le %dd(10) et le TPR_{10}^{20} lors de la comparaison à venir de rayons x aux hautes énergies.

M. Andreo note que les avantages potentiels du %dd(10) qui ont été cités ont moins d'importance pour les qualités de faisceau réellement utilisées dans le domaine clinique (CCRI(I)/99-31). Il est aussi préoccupé par l'utilisation de plomb pour filtrer les électrons et souligne que l'ICRU a recommandé d'utiliser du cuivre ou du laiton. D'un point de vue pratique, il pense qu'il est plus facile pour les utilisateurs d'effectuer des déterminations exactes du TPR_{10}^{20} que du %dd(10).

M. Boas présente les résultats (CCRI(I)/99-27) de comparaisons entre l'ARPANSA et le NPL qui indiquent une dépendance significative des valeurs de k_Q en fonction des dispositifs employés pour certains types de chambres lorsqu'on utilise le TPR_{10}^{20} comme spécificateur de qualité. En particulier, l'on a observé une différence entre la valeur de k_Q des chambres NE 2561 et NE 2611 irradiées à l'ARPANSA, alors que l'on n'avait observé aucune différence entre ces types de chambres lorsqu'elles avaient été irradiées au NPL. Les différences semblent provenir du comportement des chambres NE 2611, qui dépend du dispositif de mesure employé.

M. Sharpe confirme que les mesures faites au NPL n'ont pas révélé de différence entre la valeur de k_Q des chambres NE 2561 et NE 2611 jusqu'à 19 MV lorsqu'on utilise le TPR_{10}^{20} comme spécificateur de qualité. Il présente aussi des résultats de mesure de k_Q pour les chambres NE 2571, qui diffèrent considérablement de ceux des chambres NE 2561 et NE 2611 (CCRI(I)/99-20), comme on s'y attendait.

5.4 Corrections pour la perte des électrons et la diffusion des photons dans les chambres à paroi d'air

M. Burns présente les résultats d'une vaste série de calculs de Monte Carlo appliqués aux corrections pour la perte des électrons (k_e) et la diffusion des photons (k_{sc}) dans les chambres à paroi d'air à plaques parallèles (CCRI(I)/99-4). Ces calculs portaient sur treize chambres aux énergies moyennes et seize chambres aux basses énergies, et les corrections ont été déterminées pour chaque chambre à chacune des qualités de référence du BIPM. Pour les chambres aux énergies moyennes, les nouvelles valeurs calculées sont en accord avec les valeurs actuelles dans la limite de leur incertitude prévue, les écarts-types entre les valeurs calculées et les valeurs actuelles étant de 0,04 % et de 0,08 % pour k_e et k_{sc} , respectivement. Pour les chambres aux basses énergies, les valeurs calculées de k_e se situent entre 0,2 % et 0,4 % au-dessus des valeurs actuelles, ce qui confirme que les valeurs actuelles semblent basses. Les valeurs calculées de k_{sc} pour les

chambres aux basses énergies se situent de 0,1 % à 0,2 % au-dessus des valeurs actuelles, mais on pense que cela pourrait être dû au fait que l'on a négligé de tenir compte du transport des rayons x de fluorescence dans les calculs.

5.5 Résultats expérimentaux sur la recombinaison des ions

Mme Allisy-Roberts attire l'attention sur une récente publication de Mme Boutillon* traitant du paramètre de recombinaison volumique des chambres à ionisation. Cette publication présente des résultats expérimentaux concernant les chambres à paroi d'air et les effets observés des variations des conditions expérimentales et environnementales. Dans ce document, Mme Boutillon a utilisé la méthode du rapport de tension, proposée par Mlle Niatel et adoptée par le BIPM, qui fait la distinction entre les recombinaisons initiale et volumique (à ne pas confondre avec la méthode des deux tensions souvent utilisée qui donne seulement une estimation de la recombinaison totale). Mme Allisy-Roberts présente des résultats expérimentaux pour diverses chambres d'ionisation à cavité en graphite afin d'encourager une utilisation plus vaste de cette méthode.

M. Rogers attire l'attention sur les travaux récents sur les effets de multiplication de la charge sur les chambres à ionisation utilisées à haute tension (CCRI(I)/99-24). Ces effets occasionnent des erreurs dans la détermination des facteurs de correction pour la recombinaison des ions lorsqu'on utilise la technique des deux tensions, en particulier pour les chambres à plaques parallèles. M. Laitano dit que la multiplication de la charge est un problème courant dans les chambres à plaques parallèles, mais qui n'entraîne généralement pas de difficulté pour les chambres cylindriques.

5.6 Mise au point d'un calorimètre en graphite

Le BIPM a reçu un calorimètre en graphite de l'OFMET. Le calorimètre est en bon état, mais le système d'acquisition des données a besoin d'être modernisé.

* Boutillon M., Volume recombination parameter in ionization chambers, *Phys. Med. Biol.*, 1998, **43**, 2061-2072.

6 MISE AU POINT ET AMELIORATION DES ETALONS NATIONAUX DE DOSIMETRIE PHOTONIQUE

6.1 Kerma dans l'air

M. Takata décrit les calculs effectués pour déterminer les spectres d'énergie de la source de ^{60}Co de l'ETL (CCRI(I)/99-28). Les spectres ont été calculés à différents points de la salle d'exposition, avec et sans l'atténuateur au tungstène.

6.2 Dose absorbée dans l'eau

M. Hohlfeld présente les résultats des calculs de conduction de chaleur effectués pour des vases de calorimètres à eau de la PTB de diverses dimensions. Il a été démontré qu'en utilisant des parois en verre mince (0,3 mm) et en réduisant la durée d'extrapolation après l'irradiation à 60 secondes, il est possible de réduire les corrections pour la conduction de chaleur provenant des parois à 0,1 %. Pour des parois de conception plus robuste et plus épaisses, les corrections sont plus importantes mais la comparaison avec les résultats expérimentaux montre que les facteurs de correction peuvent être calculés avec une incertitude d'environ 0,1 %.

M. Rogers décrit les calculs sur la conduction de chaleur effectués pour le calorimètre à « eau scellée » du NRC, et qui ont aidé à expliquer les différences de réponse observées quand les calorimètres fonctionnent à 4 °C et à 22 °C (CCRI(I)/99-24). En juillet 1998, le NRC a échangé son calorimètre à graphite contre un calorimètre à « eau scellée » fonctionnant à 4 °C comme étalon pour la dissémination de la dose absorbée pour le rayonnement du ^{60}Co , ce qui a eu pour effet d'augmenter les doses mesurées d'environ 0,9 %.

M. Seltzer rappelle l'historique de l'étalon de dose absorbée dans l'eau du NIST pour le rayonnement du ^{60}Co (CCRI(I)/99-8). Avant 1991, l'étalon disséminé par le NIST était fondé sur un calorimètre à graphite, mais depuis plusieurs variantes de calorimètres à eau ont été introduites et l'étalon disséminé est fondé sur une moyenne pondérée de plusieurs systèmes. Vers 1998, il est devenu clair que l'étalon le plus exact était celui fondé sur un calorimètre à eau scellée saturée en hydrogène et maintenant l'étalon disséminé est fondé uniquement sur cette technique. Malgré ces changements

relatifs à l'étalon utilisé, la valeur disséminée a varié de moins de 0,2 % sur cette période.

M. Chauvenet décrit les travaux en cours au BNM-LPRI pour établir les étalons de dose absorbée dans l'eau pour les photons entre 4 MV et 25 MV (CCRI(I)/99-18). Au départ, les étalonnages étaient fondés sur des étalons primaires pour le rayonnement du ^{60}Co , le transfert aux énergies plus élevées étant effectué au moyen de chambres d'ionisation et de dosimètres Fricke. Les travaux ont commencé sur la mise au point d'étalons directement conçus pour les hautes énergies et fondés sur des calorimètres à graphite et des dosimètres Fricke. Un projet de calorimètre à eau a aussi débuté.

7 DISSEMINATION DES FACTEURS D'ETALONNAGE $N_{D,w}$

7.1 Comparaison de $N_{D,w}$ et N_K

Les résultats des comparaisons de $N_{D,w}$ et N_K sont présentés par MM. Aalbers, Andreo et Boas. Les résultats des comparaisons sont compliqués du fait de l'utilisation d'étalons différents. Pour les étalonnages traçables aux étalons du BIPM pour le rayonnement du ^{60}Co , les déterminations de dose absorbée fondées sur N_K (en utilisant le protocole TRS 277) et sur $N_{D,w}$ directement, diffèrent d'environ 1 %. Tous les laboratoires nationaux de métrologie sont encouragés à présenter, lors de la prochaine réunion, leurs mesures de $N_{D,w}/N_K$ accompagnées des incertitudes-types associées ainsi que le nombre de chambres de chaque type mesurées. L'AIEA possède déjà un grand nombre de résultats et la comparaison aidera à identifier les incohérences dans le comportement des chambres.

7.2 Nouveaux codes de pratique

Plusieurs nouveaux codes de pratique pour les mesures de dose absorbée sont actuellement disséminés et les rapports et recommandations suivants sont présentés à leur sujet.

- ICRU : Le rapport intitulé « Absorbed Dose Standards for Photon Irradiation and their Dissemination » a été approuvé et il devrait être

publié au printemps 2000. La dosimétrie des faisceaux aux hautes énergies est fondée sur des étalons de dose absorbée dans l'eau.

- AIEA : M. Andreo présente le nouveau code de pratique de l'AIEA. Ce document comprend une série de codes relatifs à différents rayonnements et des chapitres plus généraux. Un changement notable par rapport aux codes de pratique précédents réside dans le fait que la dosimétrie des rayons x aux basses et moyennes énergies est fondée sur $N_{D,w}$. Cela a pour avantage que le même formalisme s'applique à tous les types et qualités de rayonnement, même si l'on reconnaît que des résultats d'étalonnage de rayons x aux basses et moyennes énergies fondés sur $N_{D,w}$ n'ont pour l'instant été fournis que par un seul laboratoire national. L'utilisation de valeurs expérimentales de k_Q , plutôt que de valeurs standards, est recommandée, bien qu'il ne soit nécessaire d'étalonner les étalons à toutes les qualités que tous les deux ou trois étalonnages. Ce code comprend aussi des consignes détaillées, afin de réduire les erreurs humaines. M. Andreo souligne qu'il devrait être considéré comme un code international, et pas seulement comme un code de l'AIEA, car il est publié conjointement par l'AIEA, l'ESTRO, l'OMS et le PAHO.
- AAPM : M. Rogers dit que le protocole AAPM-TG-51 sur la dosimétrie de faisceaux externes a été approuvé en 1998 et qu'il devrait être publié à l'automne 1999.

On n'a pas identifié d'autres nouveaux codes qui soient largement utilisés.

8 AUTRES ETALONS NATIONAUX POUR LA DOSIMETRIE DES PHOTONS

8.1 Étalons de curiethérapie

M. Seltzer dit que le NIST utilise maintenant un nouvel étalon de curiethérapie fondé sur une chambre à paroi d'air à grand angle, et spécifiquement conçu pour traiter les nouveaux types de grains d'iode (CCRI(I)/99-7). Il corrige aussi un défaut de l'étalon précédent provenant des rayons x caractéristiques produits par le revêtement en titane des grains. Les résultats obtenus avec l'ancien et le nouvel étalon diffèrent d'environ 10 %, l'incertitude-type avec le nouvel étalon étant de l'ordre de 1 %.

8.2 Étalons pour la radioprotection

M. Aalbers dit que les résultats préliminaires d'une comparaison d'étalons primaires de kerma dans l'air de l'EUROMET pour les qualités de rayons x utilisés en diagnostic radiologique figurent dans le document CCRI(I)/99-29. Dans l'ensemble, l'accord entre les participants à la comparaison (BEV, BIPM, ENEA, NMI, NPL, PTB) est satisfaisant.

M. Andreo est préoccupé par les spectres des faisceaux de rayons x utilisés par les laboratoires d'étalonnage en mammographie. Il pense que l'utilisation de tubes à anode en tungstène pour obtenir des qualités recommandées par l'ISO, au lieu d'anodes en molybdène ou en rhodium, risque d'introduire des erreurs pour les chambres dont le comportement dépend peu de l'énergie.

Il est décidé d'ajouter un point séparé à l'ordre du jour lors des prochaines réunions de la Section I du CCRI sur la dosimétrie des rayonnements utilisés en radiologie médicale appliquée aux diagnostics.

8.3 Étalons pour les rayonnements utilisés dans l'industrie

M. Burns présente une analyse préliminaire des résultats de la comparaison de dose élevée coordonnée par le BIPM en 1998 (CCRI(I)/99-17). Six laboratoires (AIEA, ENEA, NIM, NIST, NPL, PTB) ainsi que le BIPM y ont participé. Les dosimètres à l'alanine fournis par le NIST et le NPL ont été irradiés par chacun des participants avant d'être renvoyés au laboratoire d'origine pour être re-mesurés. Les dosimètres ont été irradiés à des niveaux de dose nominale de 5 kGy, 15 kGy et 30 kGy, sauf par le BIPM, qui les a irradiés à un niveau de dose nominale de 1 kGy dans son irradiateur thérapeutique. Les résultats montrent que l'accord entre les participants se situe dans les limites de l'incertitude-type ($\approx 1,7\%$). Il est décidé de soumettre les résultats pour publication à un journal spécialisé dans le domaine des rayonnements utilisés dans l'industrie, probablement *Radiation Physics and Chemistry*.

9 MISE AU POINT ET AMELIORATION DES ETALONS NATIONAUX EN DOSIMETRIE DES PARTICULES CHARGEES

9.1 Faisceaux d'électrons

M. Sharpe dit que les premiers services d'étalonnage destinés aux utilisateurs d'étalons de dose absorbée dans l'eau dans des faisceaux d'électrons de niveaux thérapeutiques ont débuté pendant l'été 1998 (CCRI(I)/99-20). Un étalonnage direct de dosimètres à l'alanine dans des faisceaux d'électrons a été effectué en enchâssant des grains d'alanine dans une réplique du noyau du calorimètre étalon primaire à faisceau d'électrons. L'accord entre les étalonnages de dosimètres à l'alanine à 10 MeV pour les électrons et les photons se situe dans une fourchette de 0,6 %. L'analyse des résultats à 6 MeV et à 16 MeV se poursuit. Un fantôme composé entièrement du même matériau que les dosimètres à l'alanine a aussi été construit. L'analyse des courbes de dose de la profondeur dans ce fantôme a permis de vérifier de manière expérimentale les mesures de pouvoirs d'arrêt décrites dans le rapport 37 de l'ICRU.

9.2 Rayonnement bêta

M. Seltzer dit que les résultats préliminaires d'une comparaison d'applicateurs ophtalmiques en dosimétrie figurent dans le document CCRI(I)/99-9. Ces travaux ont été stimulés par l'ICRU Report Committee. L'accord se situe autour de 10 % (1σ).

M. Hohlfeld dit que des travaux sur les applicateurs ophtalmiques en dosimétrie au moyen d'une chambre d'extrapolation à résolution spatiale élevée sont en cours à la PTB.

9.3 Faisceaux de protons

M. Hohlfeld dit que des travaux sur des calorimètres à protons sont en cours à la PTB, mais les incertitudes sont assez élevées, et il est trop tôt pour considérer ce système comme un étalon dosimétrique.

10 RAPPORTS D'ACTIVITE DES LABORATOIRES MEMBRES ET INFORMATIONS SUPPLEMENTAIRES

Les représentants des laboratoires présentent brièvement les rapports décrivant les travaux effectués dans leur laboratoire. Parfois, ils donnent quelques informations supplémentaires comme indiqué ci-dessous :

- BEV (CCRI(I)/99-7) : un projet d'activités en mammographie vient de débiter au BEV et un questionnaire a été distribué aux laboratoires intéressés pour demander des informations détaillées sur les qualités de faisceaux utilisées, etc.
- NIST (CCRI(I)/99-7).
- OMH (CCRI(I)/99-14) : M. Csete offre une chambre étanche à l'eau mise au point à l'OMH pour la comparaison d'étalons organisée par la Section I du CCRI.
- ARPANSA (CCRI(I)/99-11) : M. Boas explique que l'Australian Radiation Laboratory (ARL) et le Nuclear Safety Bureau ont fusionné en février 1999 pour former une nouvelle organisation dénommée Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency (ARPANSA).
- APMP (CCRI(I)/99-13) : M. Boas présente le rapport du Technical Committee on Ionizing Radiation of the Asia-Pacific Metrology Programme (APMP).
- NIM (CCRI(I)/99-15) : M. Tian Zhongqing dit que, pour la comparaison de doses élevées, l'étalon du NIM était fondé sur un dosimètre Fricke, la valeur de « G » étant une combinaison de valeurs publiées et de valeurs expérimentales. Des étalons d'exposition sont toujours disséminés pour les rayons x et le rayonnement gamma, mais des étalons de kerma dans l'air seront bientôt utilisés. Il est envisagé de recommencer des travaux sur les calorimètres à graphite.
- PTB (CCRI(I)/99-16) : M. Hohlfeld dit que le microtron, qui faisait partie de l'étalon primaire de dose absorbée, s'est trouvé hors service pendant deux ans et que l'on envisage de le remplacer par un étalon de dose absorbée fondé sur un calorimètre à eau.
- BNM-LPRI (CCRI(I)/99-18) : M. Chauvenet explique qu'en raison de travaux dans ses locaux, le BNM-LPRI n'a pas pu participer à la comparaison de doses élevées. Le nom de cet institut sera bientôt

changé : il deviendra le Laboratoire national Henri Becquerel du Bureau national de métrologie (BNM-LNHB). Les travaux sur les étalons de rayons x seront effectués dans un autre institut (le BNM-LCIE), mais ils seront pris en compte dans les rapports à venir de la Section I du CCRI. Le BNM-LPRI possède maintenant un irradiateur thérapeutique au ^{60}Co en remplacement du faisceau « pur » utilisé précédemment.

- VNIIM (CCRI(I)/99-19) : en guise d'introduction, Mme Villevalde stipule que maintenant huit personnes travaillent dans la section de dosimétrie du VNIIM.
- NPL (CCRI(I)/99-20).
- ENEA (CCRI(I)/99-21) : M. Laitano dit qu'il a été décidé que le calorimètre à eau scellée fonctionnerait dorénavant à une température de 4 °C, plutôt qu'à la température ambiante, comme c'était le cas précédemment.
- NMI (CCRI(I)/99-23) : les comparaisons aux qualités de référence du CCRI effectuées au BIPM sont mentionnées, ainsi que des comparaisons de dosimétrie concernant les mammographies avec la PTB et le NPL.
- NRC (CCRI(I)/99-24).
- ETL (CCRI(I)/99-28).

11 RAPPORTS DES OBSERVATEURS INTERNATIONAUX

11.1 ICRU

M. Seltzer présente les activités en cours à l'ICRU. Le rapport 60 de l'ICRU intitulé « Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation » a été publié. Il comporte une définition de la nouvelle grandeur « cema » qui concerne les particules chargées. Les rapports intitulés « Beta Rays for Therapeutic Applications », « Dosimetric Procedures for Diagnostic Radiology » et « Stopping Powers for Heavy Ions » sont en préparation. Un séminaire sur la dosimétrie aux doses élevées présenté par M. Sharpe devrait avoir lieu pendant la réunion de l'ICRU en 1999.

11.2 AIEA

M. Andreo présente le rapport de l'AIEA (CCRI(I)/99-5). Un certain nombre de sujets mentionnés dans ce rapport, y compris la mise au point d'un nouveau code de pratique en dosimétrie, ont déjà été mentionnés précédemment. M. Andreo trouve particulièrement encourageantes les améliorations du service d'expédition par la poste de dosimètres thermoluminescents fourni par l'AIEA et l'OMS aux hôpitaux, et on atteint maintenant un taux de retour des dosimètres de 90 %.

Il n'y avait pas de représentants de l'IOMP ni de l'IRPA, et ces organisations n'ont pas envoyé de rapport.

12 PUBLICATIONS

L'utilisation accrue des méthodes électroniques de publication et de communication est discutée. Le BIPM envisage d'adjoindre une liste de publications des laboratoires nationaux de métrologie sur son site Web et il est demandé aux participants de donner ces listes au format Word ou HTML. L'attention est aussi attirée sur le fait que certaines informations données aux membres de la Section I du CCRI sont confidentielles et ne doivent pas être diffusées sur ce site. Dans la mesure du possible, il serait bon de diffuser les informations à tous les membres des groupes de travail par courrier électronique.

13 QUESTIONS DIVERSES ; DATE DE LA PROCHAINE REUNION

Un grand nombre de documents officiels présentés à cette réunion de la Section I du CCRI ont été reçus très tardivement, certains ayant même été remis directement sur la table pendant la réunion, ce qui ne laisse pas

suffisamment de temps pour les étudier. Il est décidé d'être plus strict à l'avenir : les documents considérés comme documents officiels de la Section I du CCRI (documents numérotés) devront être envoyés au moins six semaines avant la réunion pour permettre aux laboratoires nationaux de métrologie de disposer d'au moins un mois pour les consulter et en étudier le contenu. Les documents soumis après la date limite ne seront acceptés qu'en cas exceptionnel et avec l'accord de la Section I du CCRI.

Il est nécessaire de se réunir au printemps 2001. Le CIPM précisera la date lors de sa session d'octobre 2000.

Le président clôt la réunion en remerciant tous les participants pour leur présentation et pour les discussions utiles qu'elles ont provoquées. Les laboratoires nationaux de métrologie seront bien occupés à s'assurer que leurs degrés d'équivalence et leurs déclarations d'aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages sont présentées dans un format correct avant leur inclusion dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Il souligne qu'il est important de s'assurer que les bilans d'incertitude sont bien établis et qu'ils sont cohérents.

Enfin, il rappelle qu'il est possible de visiter les laboratoires des rayonnements ionisants du BIPM et remercie celui-ci de son hospitalité.

P. Sharpe, rapporteur
septembre 2000

ANNEXE R(I) 1.

Documents de travail présentés à la 14^e réunion de la Section I du CCRI

Ces documents de travail peuvent être obtenus sur demande adressée au BIPM.

Document
CCRI(I)/

- | | |
|-------|--|
| 99-1 | BIPM. — Dosimetry comparisons and calibrations at the BIPM, P. Allisy-Roberts, D.T. Burns, 14 p. |
| 99-2 | BIPM. — Proposal for the determination of the key comparison reference value and degrees of equivalence between national standards for air kerma in ^{60}Co radiation, P. Allisy-Roberts, M. Boutillon, D.T. Burns, 11 p. |
| 99-3 | BIPM. — About the determination of the wall correction in cavity chambers, M. Boutillon, 13 p. |
| 99-4 | BIPM. — Consistent set of calculated values for electron-loss and photon-scatter corrections for parallel-plate free-air chambers, D.T. Burns, 14 p. |
| 99-5 | AIEA. — IAEA dosimetry programme report on activities in 1997-1998, P. Andreo, J. Izewska, A. Meghzifene, K. Mehta, F. Pernicka, H. Tölli, P. Bera, L. Czap, R. Girzikowsky, 11 p. |
| 99-6 | BEV (Autriche). — Radiation standards, facilities and current projects at the dosimetry laboratory of the BEV, J. Witzani, 4 p. |
| 99-7 | NIST (États-Unis). — Recent dosimetry activities at the NIST, S.M. Seltzer, 13 p. |
| 99-8 | NIST (États-Unis). — Present status of the NIST standard for absorbed dose to water in ^{60}Co gamma-ray beams, S.M. Seltzer, J. Shobe, 3 p. |
| 99-9 | NIST (États-Unis). — International comparison of ophthalmic applicator dosimetry, C.G. Soares, 1 p. |
| 99-10 | VNIIM (Féd. de Russie). — Letter from the VNIIM concerning key comparisons, I.A. Kharitonov, 1 p. |

Document
CCRI(I)/

- 99-11 ARPANSA (Australie). — Overview of the activities in ionizing radiation measurement standards at the ARPANSA, J.F. Boas, R.B. Huntley, L.H. Kotler, D.V. Webb, K.N. Wise, 11 p.
- 99-12 BIPM. — Draft list of key comparisons for the BIPM web page, 6 p.
- 99-13 APMP/TCRI (Taiwan). — Four-monthly report of TCRI/APMP (December 1998-March 1999), 32 p.
- 99-14 OMH (Hongrie). — Progress report on the radiation dosimetry at OMH, I. Csete, 2 p.
- 99-15 NIM (Chine). — An introduction of Ionizing Radiation Division of NIM, Yang Yuandi, 4 p.
- 99-16 PTB (Allemagne). — Status report and work in progress at the PTB, K. Hohlfeld, 5 p.
- 99-17 BIPM. — CCRI 1998 comparison of absorbed-dose standards for ⁶⁰Co at high dose levels, D.T. Burns, P. Allisy-Roberts, 7 p.
- 99-18 BNM-LPRI (France). — Dosimetry of photons and charged particles – Progress report 1998-1999, B. Chauvenet, 3 p.
- 99-19 VNIIM (Féd. de Russie). — Report on the research work of the laboratory for metrology of ionizing radiation in the field of x-, gamma- and beta-ray dosimetry 1997-1998, I. Kharitonov, N.D. Villevalde, A. Oborin, E. Yurjatin, V. Fominykh, S. Fedina, E. Rumjantseva, 2 p.
- 99-20 NPL (Royaume-Uni). — Progress report on radiation dosimetry at NPL, P. Sharpe, 8 p.
- 99-21 ENEA-INMRI (Italie). — Dosimetry standards at the ENEA-INMRI – Report to CCRI Section I on the activity on photon and charged particle dosimetry in the period 1997-1999, R.F. Laitano, 13 p.
- 99-22 ENEA-INMRI (Italie). — Remarks on the Mutual Recognition Agreement on measurement standards, R.F. Laitano, 7 p.
- 99-23 NMi (Pays-Bas). — Progress report on radiation dosimetry standards, facilities and related topics at NMi, 1997-1999, A.H.L. Aalbers, 3 p.

Document
CCRI(I)/

- 99-24 NRC (Canada). — NRC activities and publications, 1997-1999, D.W.O. Rogers, I. Kawrakow, N.V. Klassen, C.K. Ross, J.P. Seuntjens, K.R. Shortt, L. van der Zwan, G. Daskalov, 36 p.
- 99-25 NRC (Canada). — Photon beam quality specification for comparisons of absorbed dose to water, D.W.O. Rogers, J.P. Seuntjens, 12 p.
- 99-26 NRC (Canada). — Monte Carlo calculated wall and axial non-uniformity corrections for primary standards of air kerma, D.W.O. Rogers, J. Treurniet, 25 p.
- 99-27 ARL/ARPANSA (Australie), NPL (Royaume-Uni). — The ARL-NPL intercomparison of standards of absorbed dose to water for ^{60}Co and megavoltage photon beams, J.F. Boas, R.B. Huntley, D.V. Webb, K.N. Wise, S. Duane, K.E. Rosser, 5 p.
- 99-28 ETL (Japon). — Report of ETL to the CCRI Section I, N. Takata, Y. Koyama, H. Ikeura-Sekiguchi, 2 p.
- 99-29 NMI (Pays-Bas). — Comparison of primary air-kerma standards for x-ray qualities used in diagnostic radiology, W. de Vries, A.H.L. Aalbers, 3 p.
- 99-30 NIM (Chine). — Present condition and works of dosimetry at Ionizing Radiation Division of NIM, Beijing, Tian Zhongqing, 3 p.
- 99-31 AIEA. — High-energy photon beam quality specification in the $N_{D,w}$ -based International Code of Practice for external beam radiotherapy dosimetry, P. Andreo, 6 p.
- 99-32 BIPM. — Proposed programme of comparisons and calibrations at the BIPM for 1999-2005, 2 p.
- 99-33 BIPM. — Update to the document CCRI (I)/99-12 following the meetings of the three CCRI Sections (26 May to 2 June 1999), 12 p.

**Comité consultatif
des rayonnements ionisants**

Section II : mesure des radionucléides

Rapport de la 15^e réunion

(31 mai–2 juin 1999)

Ordre du jour

- 1 Ouverture de la réunion ; approbation de l'ordre du jour ; nomination d'un rapporteur.
- 2 Rapport de la quinzième session du CCEMRI.
- 3 Comparaisons internationales de mesures d'activité :
 - 3.1 Résultats de la comparaison internationale de ^{204}Tl ;
 - 3.2 Comparaison préliminaire de ^{152}Eu ;
 - 3.3 État de la publication des résultats de la comparaison achevée de ^{75}Se .
- 4 Le Système international de référence :
 - 4.1 Rapport sur la situation actuelle ;
 - 4.2 Courbes d'efficacité.
- 5 Extension du Système international de référence :
 - 5.1 Rapport sur l'état d'avancement du système de comptage par scintillation liquide du BIPM ;
 - 5.2 Comparaison de ^{90}Sr ;
 - 5.3 L'avenir de l'extension du Système international de référence.
- 6 Rapports des groupes de travail :
 - 6.1 Systèmes de détection à haute efficacité ;
 - 6.2 Extension du Système international de référence ;
 - 6.3 Comparaisons futures ;
 - 6.4 La base de données sur le Système international de référence ;
 - 6.5 Équivalence ;
 - 6.6 Comparaison préliminaire de ^{192}Ir ;
 - 6.7 Réalisation élémentaire du becquerel.
- 7 Nouveau groupe de travail.
- 8 Comparaisons internationales futures.
- 9 Programme de travail à venir du BIPM.
- 10 Résumé des travaux récents et des projets des laboratoires membres.
- 11 Visite des laboratoires du BIPM.
- 12 Questions diverses.

Résumé

La Section II (mesure des radionucléides) du Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) a tenu sa quinzième réunion au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 31 mai, 1^{er} et 2 juin 1999. L'arrangement de reconnaissance mutuelle, les décisions liées à l'établissement de l'équivalence et le rôle central que le Système international de référence (SIR) est appelé à y jouer pour les étalons de radioactivité ont constitué les principaux points de discussion. Le Groupe de travail sur l'équivalence a été chargé d'étudier comment mettre en œuvre un programme de renouvellement des mesures sans imposer de contrainte excessive aux laboratoires nationaux de métrologie. Il a été décidé que les résultats de la comparaison de ^{204}Tl étaient inacceptables car trop divergents et un groupe de travail a été créé pour étudier les techniques de mesures absolues et les autres facteurs pouvant avoir une influence, afin de déterminer quelles sont les raisons de ces divergences. La rédaction d'un rapport sur les problèmes liés à la mesure d'activité d'une solution de ^{192}Ir a été demandée avant d'effectuer une comparaison internationale. La comparaison de ^{152}Eu venait de commencer avec un retard important et de nouvelles comparaisons de ^{89}Sr et de ^{238}Pu ont été prévues pour l'an 2000. Les travaux en cours sur la conception d'une chambre d'ionisation ont été présentés. L'extension du SIR au moyen de la méthode de comptage par scintillation liquide a été discutée longuement, en particulier en ce qui concerne la conservation de la reproductibilité pendant de longues périodes. Une monographie sur la technique classique de scintillation liquide fondée sur la méthode CIEMAT/NIST est en cours de rédaction et d'autres propositions pourraient être soumises à discussion. Les travaux en cours au BIPM ont été présentés en détail, en particulier les études visant à améliorer les résultats obtenus avec les chambres d'ionisation du SIR, et l'extension proposée des possibilités d'étalonnage du BIPM, au moyen de la méthode du rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles.

1 OUVERTURE DE LA REUNION ; APPROBATION DE L'ORDRE DU JOUR ; NOMINATION D'UN RAPPORTEUR

La Section II (mesure des radionucléides) a tenu sa quinzième réunion au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 31 mai, 1^{er} et 2 juin 1999.

Étaient présents : D. Alexiev (ANSTO), N. Coursol (BNM-LPRI), Y. Hino (ETL), H. Janßen (PTB), L.R. Karam (NIST), J.M. Los Arcos (CIEMAT), G. Moscati (président du CCRI), T.S. Park (KRISS), T.J. Quinn (directeur du BIPM), B.R.S. Simpson (président de la Section II, NAC), L. Szücs (OMH), T. Terlikowska-Drozdiel (RC), N.D. Villevalde (VNIIM), M.J. Woods (NPL), Yang Yuandi (NIM).

Observateurs : P. De Felice (ENEA), W. de Vries (NMI-VSL).

Membres à titre personnel : J.-J. Gostely (IRA), G. Winkler (IRK).

Assistaient aussi à la réunion : P. Giacomo (directeur honoraire), P. Allisy-Roberts (secrétaire exécutive du CCRI), C. Michotte, G. Ratel et C. Thomas (BIPM).

Excusés : IRMM, LNMRI et NRC.

Le directeur du BIPM, T.J. Quinn, ouvre la réunion et souhaite la bienvenue aux participants. Il signale que cette réunion se tient en parallèle avec celle de la Section III et que les participants à ces deux Sections tiendront une session commune pour discuter de l'arrangement de reconnaissance mutuelle qui concerne les deux groupes.

M. B.R.S. Simpson, président de la Section II, commence par accueillir les participants et, en particulier, les sept nouveaux délégués. Les participants se présentent. En plus des participants habituels, on note la présence de Mme C. Thomas (BIPM), en qualité de coordinatrice de la base de données du BIPM sur les comparaisons clés. Le président rappelle que cette réunion a un rôle consultatif, et qu'elle est chargée de proposer des recommandations et d'aider le BIPM dans la conduite des comparaisons et des activités associées dans son domaine, et de permettre au personnel du BIPM de présenter les résultats des travaux en cours. Le président passe en revue les progrès réalisés au cours de la période couverte par les deux précédents rapports d'activité de neuf mois [CCRI(II)/99-1 et 32]. Il souligne les points marquants, qui sont tous discutés en détail au point approprié de l'ordre du jour. L'ancien

président (K. Debertin) a recommandé vivement de renforcer les efforts faits afin de s'assurer que les dates limites soient respectées pour rendre compte des travaux. Il est proposé de discuter ce point ultérieurement, lorsque l'on évoquera la possibilité de modifier l'échéancier.

Le président constate que certains coordinateurs de groupes de travail n'ont pas pu assister à la présente réunion.

Les participants confirment la nomination de M. M.J. Woods comme rapporteur.

L'ordre du jour est approuvé avec l'adjonction d'un point relatif à la présentation et à la discussion de l'arrangement de reconnaissance mutuelle (Section 6.5.1).

2 RAPPORT DE LA QUINZIEME SESSION DU CCEMRI

Le rapport de la quinzième session du CCEMRI est résumé brièvement. La question de l'équivalence a été discutée, en liaison, en particulier, avec les Sections I, II et III du CCRI (nouveau nom donné au CCEMRI). Une des principales décisions a été d'inclure dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés tous les laboratoires nationaux de métrologie qui conservent les étalons concernés. En particulier, la Section II a été chargée d'étudier la possibilité d'effectuer des comparaisons de radionucléides émettant des rayonnements alpha et des mesures d'activité de radionucléides à courte durée de vie. Comme aucun de ces points ne figure à l'ordre du jour de la Section II du CCRI, il est suggéré de présenter toute action spécifique liée à ces sujets lors des réunions à venir du CCRI. Il est aussi suggéré de communiquer davantage par courrier électronique ; les participants à la réunion de la Section II du CCRI sont priés de vérifier l'exactitude des informations relatives à leurs adresses figurant dans le site Web du BIPM.

La liste proposée des membres de la Section II du CCRI est approuvée. Elle comprend de nouveaux membres : le RC (Pologne), le CIEMAT (Espagne), l'ETL (Japon), l'IRMM (Communauté européenne) et le KRISS (Rép. de Corée) ; des observateurs : le CMI (Rép. tchèque), l'ENEA (Italie), le LNMRI (Brésil) et le NMi-VSL (Pays-Bas) ; et des organisations internationales : l'ICRU et l'IOMP.

3 COMPARAISONS INTERNATIONALES DE MESURES D'ACTIVITE

3.1 Résultats de la comparaison internationale de ^{204}Tl

M. G. Ratel présente les résultats de la comparaison préliminaire de ^{204}Tl publiés dans le *Rapport BIPM-97/3*. Les résultats de la comparaison internationale sont aussi présentés, les noms des laboratoires étant remplacés par des codes numériques, anticipant ainsi l'adoption de la recommandation émise dans l'arrangement de reconnaissance mutuelle de respecter l'anonymat tant que les participants ne se sont pas mis d'accord sur l'interprétation des résultats. Les résultats obtenus se répartissent en deux groupes distincts : ceux obtenus au moyen de la méthode de comptage par scintillation liquide (la dispersion est faible et un ou deux résultats sont aberrants) et ceux obtenus par d'autres méthodes. Plusieurs commentaires et des explications possibles de ces divergences sont présentés dans le document CCRI(II)/99-24, à savoir :

- une adsorption au niveau des parois de l'ampoule a été observée dans deux laboratoires ;
- un laboratoire a utilisé un spectromètre à scintillation liquide « maison » avec un seul photomultiplicateur ;
- un laboratoire a utilisé deux méthodes (méthode du rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles et méthode $4\pi\beta$) sans que cela ne fasse apparaître de différences significatives ;
- la méthode des coïncidences $4\pi\beta$ - γ avec mesure de l'efficacité du traceur semble plus cohérente pour le ^{60}Co que pour le ^{137}Cs et il conviendrait d'étudier si le traceur est bien adapté ;
- des différences existent entre les valeurs de la concentration en entraîneur et en acide dans les comparaisons préliminaire et internationale ;
- le spectre d'énergie des deux séries de sources (comparaison préliminaire et internationale) ne montre pas de différence visible, indiquant l'absence d'impureté ;
- les résultats de 1964 utilisant la forme sulfate dans $1\text{ mol/dm}^3\text{HNO}_3$ semblent donner de meilleurs résultats, indiquant qu'il est nécessaire d'examiner plus en détail la composition chimique ;
- les résultats obtenus par scintillation liquide sont pour l'essentiel analogues, mais l'accord étroit entre les applications de la méthode

CIEMAT/NIST pourrait cacher certains problèmes, compte tenu du fait que le même logiciel, fourni par le CIEMAT, est le plus couramment utilisé ;

- il est possible que l'auto-absorption soit plus importante dans les sources solides ;
- l'IRMM a constaté que la taille des sources a une influence pour les sources solides.

M. M.J. Woods soulève quelques points supplémentaires sur le projet d'exposé pour l'ICRM [CCRI(II)/99-24] qui méritent, à son avis, une étude ultérieure :

- i) les problèmes d'électricité statique liés aux pesées et aux dépôts ;
- ii) les différences apparentes entre les incertitudes liées aux étalons de tritium utilisés et à l'interpolation des courbes d'étalonnage ;
- iii) les incertitudes attribuées à l'activité du traceur ;
- iv) l'estimation des incertitudes sur les pesées et les statistiques de comptage qui diffère selon qu'on emploie la méthode de scintillation liquide ou d'autres méthodes ;
- v) les corrélations liées à l'utilisation des mêmes algorithmes dans la méthode de comptage par scintillation liquide ;
- vi) les effets de l'adsorption, en particulier pour les comparaisons à venir.

M. Y. Hino a effectué d'autres mesures du ^{60}Co et du ^{134}Cs utilisés comme traceurs et il n'a constaté aucune différence entre les résultats extrapolés pour ces deux traceurs. Il craint que les résultats de la comparaison ne dépendent du taux de comptage. L'accord entre les mesures des coïncidences effectuées par la méthode $4\pi\beta\text{-}\gamma$ et par la méthode de scintillation liquide est satisfaisant pour certaines mesures plus anciennes de l'efficacité du traceur à des concentrations en activité beaucoup plus élevées. La question est posée de savoir si les mesures par scintillation liquide couvrent un vaste domaine de valeurs d'atténuation ou ont des valeurs sensiblement identiques. M. G. Ratel accepte d'étudier cette question.

L'IRMM a utilisé trois méthodes différentes, et ses résultats de mesure par scintillation liquide sont en accord avec les autres valeurs obtenues par cette méthode, mais les résultats obtenus avec le compteur proportionnel à pression 4π et avec la méthode $4\pi\text{ CsI}$ donnent des valeurs plus basses de 4,6 %. L'IRMM a identifié des effets montrant que la valeur de l'activité (N_0) dépend de la qualité de la source. Une amélioration de la technique d'assèchement de la source a permis d'obtenir de meilleurs résultats. La taille

du support de la source a aussi une influence sur la concentration d'activité mesurée.

Après une discussion générale sur la comparaison et sur la dispersion des résultats de l'ordre de 10 %, M. M.J. Woods propose, compte tenu des problèmes importants qui subsistent, de ne pas utiliser cette comparaison pour établir une valeur de référence et des degrés d'équivalence. Il est décidé de ne pas inclure cette comparaison dans la base de données.

M. Woods propose aussi d'organiser une réunion entre les parties intéressées qui sont plus familières avec les méthodes de mesure utilisées, afin de discuter des problèmes et d'entreprendre des actions pour chercher à résoudre les problèmes de mesure existants. Cette proposition est approuvée. Un groupe de travail formé de G. Ratel (coordinateur), N. Coursol, P. De Felice, D.F.G. Reher, T. Terlikowska et M.J. Woods est établi afin d'organiser une réunion au BIPM et de préparer son ordre du jour.

3.2 Comparaison préliminaire de ¹⁵²Eu

Compte tenu de la difficulté de se procurer dans le commerce des échantillons ayant un taux d'impureté suffisamment faible, la PTB en a mis en réserve en quantité suffisante. Ces échantillons contiennent environ 26 mg/dm³ Eu dans 0,1 mol/dm³ HCl et, après avoir été mesurés dans les chambres d'ionisation du SIR, ont été envoyés aux participants à la comparaison préliminaire (BNM-LPRI, ETL, NRC, OMH et PTB) pendant la semaine qui a précédé la réunion de la Section II du CCRI. Le traceur sera mesuré à nouveau par la PTB par fluorescence aux rayons x. Il a été décidé que le NPL participerait à la comparaison et que la PTB enverrait les ampoules restantes à G. Ratel qui les mesurera dans le SIR : une d'entre elles sera ensuite envoyée au NPL. La date limite pour l'envoi des résultats est fixée au 13 septembre 1999 et, si les résultats sont satisfaisants, les ampoules seront alors envoyées aux autres laboratoires qui ont exprimé le souhait de participer à la comparaison internationale. Les résultats de la comparaison préliminaire seront intégrés à ceux de la comparaison internationale, sans qu'il soit nécessaire de refaire les mesures.

Mme N. Coursol présente les dernières valeurs mesurées de la demi-vie de ¹⁵²Eu. Celles-ci ont été combinées avec des résultats publiés précédemment en utilisant les critères d'évaluation du document TECDOC-619 de l'AIEA. La valeur obtenue est de (4939 ± 37) d ($k = 1$). Il est décidé d'utiliser cette valeur pour la comparaison et de la communiquer aux participants. L'échantillon contient environ 0,7 % de ¹⁵⁴Eu et M. G. Ratel est chargé de

recommander aux participants de mesurer cette valeur avec exactitude et d'effectuer les corrections qui s'imposent.

3.3 **État de la publication des résultats de la comparaison achevée de ⁷⁵Se**

Toutes les ampoules utilisées pour la comparaison de ⁷⁵Se ont été mesurées dans les chambres d'ionisation du BIPM et aucune impureté n'a été décelée par le NIST, le NPL et la PTB. Aucune adsorption n'a été constatée dans les ampoules. Les résultats sont présentés avant et après correction pour les événements retardés et l'on constate quelques résultats aberrants. En tout, les vingt et un participants ont employé sept méthodes de mesure différentes. Les résultats avant correction pour les événements retardés montrent une dispersion de 6,6 % si on exclut un résultat nettement aberrant : après correction, cette valeur est réduite à 6,0 %. La demi-vie de l'état métastable a été mesurée par le BIPM et par le NPL et les résultats concordent bien avec les valeurs publiées. La principale conclusion est qu'il est difficile d'étalonner ce radionucléide. Un rapport préliminaire a été rédigé et l'on attend les commentaires des participants avant de procéder à sa publication.

La possibilité que les résultats soient faussés selon la valeur choisie pour la probabilité d'émission de l'état métastable par chaque participant dans les publications est évoquée. Il serait instructif d'examiner si les résultats sont meilleurs quand les participants utilisent tous la même valeur.

4 **LE SYSTEME INTERNATIONAL DE REFERENCE**

4.1 **Rapport sur la situation actuelle**

Au cours des deux dernières années, 16 laboratoires ont soumis 72 ampoules contenant 32 radionucléides différents : trois d'entre eux (¹⁵³Sm, ¹⁸⁶Re et ²³⁷Np) étaient mesurés pour la première fois dans le SIR. Le nombre de valeurs indépendantes soumises au SIR était de 59, et 4 d'entre elles ont été retirées par la suite. Un laboratoire, le BEV, a soumis des échantillons pour la première fois. Depuis l'origine du SIR, 762 échantillons y ont été soumis, ce qui représente 535 résultats indépendants pour 26 laboratoires et 59 radionucléides différents. En tout, 39 résultats ont été retirés par la suite.

On ne sait pas quelle proportion de résultats soumis provient d'étalonnages par méthode absolue du radionucléide ou d'étalonnages secondaires obtenus avec des systèmes préalablement étalonnés en utilisant d'autres radionucléides.

Mme. L. Karam présente, sous forme de tableau, des mesures du NIST montrant qu'il faut appliquer des facteurs de correction pour compenser les effets de la masse volumique et la concentration de l'entraîneur dans les échantillons de ^{144}Ce , ^{153}Sm et de ^{153}Gd . Des effets analogues semblent avoir été observés au BIPM avec le ^{241}Am pour lequel une augmentation potentielle de 0,7 % de l'activité équivalente aurait été constatée pour une teneur en acide de 0,1 à 3 mol/dm³ HCl, correspondant à une masse volumique de 1,0 g cm⁻³ à 1,1 g cm⁻³.

Le passage de la valeur recommandée de la demi-vie du ^{56}Co de 78,76 d à 77,31 d, résultant du document TECDOC-619 de l'AIEA, a beaucoup amélioré l'accord entre les résultats des échantillons soumis au SIR. Il est décidé d'utiliser dans le SIR les valeurs calculées par l'AIEA chaque fois que c'est possible. Les valeurs calculées par l'AIEA en 1991 sont en cours de révision.

4.2 Courbes d'efficacité

Le ^{153}Sm a été soumis pour la première fois au SIR mais il contient des impuretés de ^{154}Eu et de ^{156}Eu . Ce dernier radionucléide ne figurant pas dans la base de données du SIR, il a fallu prédire sa réponse en utilisant des données nucléaires publiées et les courbes d'efficacité du SIR.

Les différences entre les niveaux d'impureté mesurés au BIPM et au NIST ont été résolues [CCRI(II)/99-21]. L'influence des émissions de particules bêta aux hautes énergies dans ^{156}Eu a aussi été estimée. Nous avons besoin d'autres échantillons de ^{153}Sm . La PTB en a récemment soumis un, l'ANSTO et le NPL ont accepté d'en soumettre d'autres.

La méthode utilisée pour mettre à jour la courbe d'efficacité des chambres d'ionisation du SIR est présentée. Un logiciel du commerce est utilisé pour ajuster la courbe d'efficacité et déterminer l'incertitude sur cet ajustement. Les valeurs de ^{67}Ga sont situées en dehors de la courbe, mais si l'on utilise les valeurs récentes du NAC pour ce radionucléide, qui suggèrent la valeur de 39 % au lieu de 37,4 % pour la probabilité d'émission des particules gamma à 93,3 keV, les valeurs sont plus proches de la courbe.

En réponse à une question sur la réponse à une émission de particules bêta, il est rappelé que M. A. Rytz avait effectué des mesures à ce sujet et Mme C. Michotte accepte de revoir ces valeurs.

5 EXTENSION DU SYSTEME INTERNATIONAL DE REFERENCE

5.1 Rapport sur l'état d'avancement du système de comptage par scintillation liquide du BIPM

Des mesures de la stabilité et de la reproductibilité des sources de ^{99}Tc sont en cours. La PTB a aussi envoyé récemment des sources de ^{169}Er et de ^{89}Sr : le BIPM les mesure actuellement.

5.2 Comparaison de ^{90}Sr

La comparaison s'est achevée, onze participants ayant soumis des échantillons dans 0,1 mol à 1 mol/dm³ HCl et un dans 0,1 mol/dm³ HNO₃. Les sources étaient en général de composition $\text{SrCl}_2 + \text{YCl}_3$ mais deux étaient élaborées à base de composés nitrates. Les niveaux d'activité se situent entre 4 kBq g⁻¹ et 800 kBq g⁻¹. Des aliquotes de chaque échantillon ont été ajustés pour obtenir des taux de comptage inférieurs à 20 000 impulsions par seconde. Il a aussi été produit cinq étalons de tritium affaiblis. La principale composante de l'incertitude, de l'ordre de 0,27 %, provient de l'atténuation. Si l'on rapporte les résultats soumis à ceux mesurés au BIPM, on obtient un rapport allant de 0,995 à 1,001 pour toutes les mesures, sauf une pour laquelle le rapport est de 0,983. Il n'y a pas de différence notable entre la moyenne non pondérée des résultats, la moyenne pondérée et la médiane. La valeur la plus basse correspond à la forme Cl_3^- dans HNO₃, et cet échantillon a montré une certaine instabilité. Un rapport sera publié sur cette comparaison.

5.3 L'avenir de l'extension du Système international de référence

La discussion s'élargit à l'extension du Système international de référence dans son ensemble, couvrant ainsi un certain nombre de questions.

La nécessité de mettre en place un système garantissant la reproductibilité de la composition et de la pureté du scintillateur ainsi que des conteneurs de l'échantillon est évoquée. Cela n'est pas considéré comme nécessaire si l'on utilise la méthode CIEMAT/NIST : l'utilisation d'un étalon de tritium élimine ces problèmes. La stabilité des scintillateurs durant le transport est mentionnée ainsi que la nécessité pour le BIPM de réaliser des mesures d'activité qui pourtant ne sont pas indispensables si l'on utilise le système de chambres d'ionisation du SIR.

Une autre approche suggérée est d'utiliser la méthode de comptage par scintillation liquide, sans se fonder sur le modèle CIEMAT/NIST, en se fiant aux courbes d'efficacité connues et aux facteurs d'atténuation. Cela pourrait en effet éviter de mesurer l'activité au BIPM et donc de se conformer à la philosophie habituelle du SIR. Selon un tel schéma, les laboratoires nationaux de métrologie pourraient envoyer des solutions actives au BIPM ; celles-ci seraient utilisées pour des échantillons préparés scintillants à mesurer. Tout aussi bien, le BIPM pourrait envoyer des fioles contenant des scintillateurs aux laboratoires nationaux de métrologie qui y ajouteraient une solution radioactive pour mesure ultérieure au BIPM. Cette méthode pourrait nécessiter autant de courbes d'efficacité qu'il y a de scintillateurs, compte tenu du fait que tous les scintillateurs ne conviennent pas à tous les radionucléides. Une connaissance de leur formule chimique est aussi nécessaire. Il est décidé que M. P. De Felice enverra des propositions documentées au BIPM pour envoi et commentaires aux membres de la Section II du CCRI. M. G. Ratel accepte de faire des mesures exploratoires quand cette proposition sera acceptée. M. P. De Felice est nommé membre du Groupe de travail sur l'extension du Système international de référence.

Il est décidé que la publication d'une monographie sur la méthode de comptage par scintillation liquide entreprise sous l'égide de l'actuel Groupe de travail sur l'extension du Système international de référence sera poursuivie par son nouveau coordinateur, M. J.M. Los Arcos. Il est prévu de terminer cette tâche avant que le BIPM ne transporte son système à scintillation liquide dans le nouveau laboratoire, thermorégulé et avec contrôle du taux d'humidité.

6 RAPPORTS DES GROUPES DE TRAVAIL

6.1 Systèmes de détection à haute efficacité

(Coordinateur : M. G. Winkler)

M. G. Winkler présente les grandes lignes de la monographie proposée sur les systèmes de détection à haute efficacité ; les chapitres concernent :

- i) leurs avantages et inconvénients, et en particulier leurs effets sur l'exactitude des mesures ;
- ii) l'efficacité potentielle de ces systèmes et les méthodes de simulation ;
- iii) la mise en œuvre de tels systèmes fondés à la fois sur des méthodes de calcul traditionnelles utilisant des valeurs publiées des coefficients d'atténuation et de dispositifs typiques avec des géométries 4π ;
- iv) les valeurs de l'efficacité de systèmes typiques ;
- v) les résultats de comparaisons de tels systèmes ;
- vi) des systèmes $4\pi\gamma/4\pi\beta$ où les détecteurs $4\pi\beta$ sont insérés dans des détecteurs $4\pi\gamma$. Ces systèmes permettent d'extrapoler l'efficacité en déplaçant le détecteur β par rapport au détecteur γ , et en changeant l'efficacité ϵ_γ au lieu de ϵ_β .

Le groupe de travail sera probablement dissous à la fin de 1999 après la publication de la monographie.

6.2 Extension du Système international de référence

(Coordinateur : M. A. Grau Malonda)

Voir section 5.3.

6.3 Comparaisons futures (Coordinateur : M. Á. Szörényi)

M. Á. Szörényi a changé de fonction dans son institut et ne peut plus assurer la mission de coordinateur du groupe de travail : le rapport n'a pas été rédigé. Des questionnaires envoyés précédemment avaient identifié les radionucléides ^{55}Fe , ^{85}Sr , ^{90}Sr et ^{153}Gd comme prioritaires. Pendant la discussion, le ^{89}Sr (applications médicales) et le ^{238}Pu (applications environnementales) sont considérés comme ceux de la plus haute priorité. Il est décidé d'effectuer des comparaisons de ces deux radionucléides. La PTB fournira les échantillons pour la comparaison internationale de ^{89}Sr qui aura lieu (sans comparaison préliminaire) durant la première moitié de l'an 2000.

Le laboratoire national de métrologie qui produira les échantillons de ^{238}Pu sera choisi après discussion pendant la réunion de l'ICRM à Prague entre le NPL et le NIST (Note : lors de la réunion de l'ICRM, le NPL a accepté de fournir les échantillons). La comparaison internationale devrait avoir lieu pendant la seconde moitié de l'an 2000. Il est aussi décidé que le BIPM coordonnera les deux comparaisons et contactera les laboratoires membres pour savoir combien d'entre eux désirent y participer.

La Section II décide qu'il n'est plus nécessaire que ce groupe de travail poursuive ses activités et, à l'avenir, les membres seront contactés quand ils recevront l'ordre du jour des prochaines réunions pour savoir s'ils ont des comparaisons à proposer. Ces deux suggestions sont approuvées.

6.4 La base de données sur le Système international de référence (Coordinateur : M. D.F.G. Reher)

En l'absence de son coordinateur, M. G. Ratel résume la situation actuelle de la base de données sur le Système international de référence [CCRI(II)/99-11]. L'exactitude des résultats a été vérifiée et des changements mineurs ont été introduits pour éliminer les ambiguïtés. Il est décidé que les résultats seront publiés sous forme de Monographie BIPM avant la fin de 1999. Des questions importantes restent à résoudre :

- a) Les valeurs de certains laboratoires nationaux de métrologie peuvent être fondées sur une chambre d'ionisation étalonnée par un autre laboratoire national. Dans ce cas, il faut le signaler et ces valeurs ne doivent pas être utilisées pour calculer la valeur de référence d'une quelconque comparaison clé.
- b) La date limite pour inclure des résultats dans la monographie est fixée à la fin du mois de mars 1999.
- c) Les résultats de la comparaison préliminaire de ^{192}Ir doivent être retirés de la base de données (*voir* Section 6.6).
- d) Toutes les valeurs soumises à la base de données depuis son origine, autres que celles déjà retirées, doivent y rester.

Il est décidé que ces points seront traités par le BIPM et le groupe de travail poursuivra ses activités avec son coordinateur et sa composition actuels.

6.5 Équivalence (Coordinateur : M. M.J. Woods)

6.5.1 L'équivalence et l'arrangement de reconnaissance mutuelle

Le directeur du BIPM, M. T.J. Quinn, prend la parole sur ces sujets lors d'une réunion commune aux Sections II et III. L'objectif de cette réunion est d'informer les membres des derniers événements et d'expliquer comment ce système opérera en pratique. Il souligne les besoins sous-jacents qui ont rendu nécessaire la reconnaissance mutuelle des étalons nationaux de mesure et des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie. L'époque est révolue où des arrangements *ad hoc* pouvaient être considérés comme satisfaisants et l'on a besoin maintenant d'un dispositif ouvert, transparent et exhaustif. Il a pour objet d'établir le degré d'équivalence entre les étalons nationaux de mesure et de donner confiance dans la reconnaissance mutuelle des certificats d'étalonnage et de mesurage. M. Quinn souligne que tous les laboratoires nationaux de métrologie disposant des étalons requis et ayant signé l'arrangement figureront dans la base de données : aucun d'entre eux ne sera exclu.

L'arrangement de reconnaissance mutuelle est divisé en deux parties. La première partie est liée à la reconnaissance des étalons nationaux et est fondée sur les comparaisons clés. La seconde traite de la reconnaissance mutuelle des certificats d'étalonnage et de mesurage émis par les laboratoires nationaux de métrologie. La procédure conduisant à ce second type de reconnaissance repose sur l'utilisation des résultats des comparaisons clés et supplémentaires, sur la mise en place de systèmes de contrôle de qualité et sur la justification des compétences ; le rôle de supervision est confié au Comité mixte des organisations régionales de métrologie et du BIPM.

Les comparaisons clés doivent être soigneusement choisies par les Comités consultatifs pour démontrer les aptitudes des laboratoires nationaux de métrologie sans qu'il soit nécessaire de comparer tous les étalons de mesure d'un domaine particulier. À cette fin, des directives ont été mises au point pour les comparaisons, la dernière version datant de mars 1999. Un important aspect de cette dernière version est que les résultats des comparaisons ne seront acceptés que s'ils sont accompagnés des bilans complets d'incertitude. De plus, les laboratoires participants ne peuvent retirer leurs résultats qu'avec l'accord de tous les participants. Tout retrait doit être motivé par des raisons techniques solides : les différences par rapport aux autres résultats ne seront pas considérées comme une raison valable en soi. La question de l'estimation des incertitudes est considérée comme un aspect très important des travaux en cours.

En réponse à une question, il est précisé que les Comités consultatifs ne sont pas chargés de juger des aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages.

Certains se demandent avec inquiétude si de petits laboratoires ne risquent pas d'être éliminés par suite de ce nouvel arrangement et de devoir se rattacher aux étalons d'autres laboratoires. M. Quinn confirme que ce n'est pas l'intention de cet arrangement et il est confiant dans le fait que cela ne se produira pas.

La Section II débat ensuite des questions relatives à l'établissement des valeurs de référence des comparaisons clés et des degrés d'équivalence pour les étalons de radioactivité. Le groupe de travail s'est réuni plusieurs fois pour discuter des aspects pratiques. Les propositions du groupe figurent dans le projet d'un document qui sera présenté la semaine prochaine à la réunion de l'ICRM à Prague. L'approche générale proposée par le Groupe de travail sur l'équivalence est approuvée. Les problèmes associés au choix par les autres Comités consultatifs d'une périodicité de dix ans pour répéter les comparaisons et le type de valeur moyenne utilisé pour déterminer l'activité de référence sont au centre des discussions. Compte tenu du nombre de radionucléides pour lesquels il faut établir l'équivalence, les laboratoires nationaux de métrologie et le BIPM n'auront pas les moyens de participer aux comparaisons clés nécessaires chaque année pour respecter cette périodicité de dix ans, aussi bien pour les comparaisons globales que pour la soumission des résultats au SIR. Un système de mise à jour pourrait être nécessaire pour s'assurer que les aptitudes en matière d'étalonnages sont maintenues malgré les changements de personnel et d'équipements. Il est décidé, pour le moment, de fonder l'équivalence sur le SIR sans limitation dans le temps. Cette question devra être ré-examinée à l'avenir dans le but d'établir un programme de mises à jour acceptable.

Dans le cadre de ce ré-examen, il est décidé que le Groupe de travail sur l'équivalence verra si l'on peut se référer à des étalonnages typiques pour alléger la charge de travail des laboratoires nationaux de métrologie et du BIPM. Il a cependant été dit très clairement que les valeurs de référence ne peuvent pas être fondées sur des méthodes génériques. Une des forces de la communauté des spécialistes de la radioactivité est la variété de méthodes indépendantes dont elle dispose, mais il ne serait pas acceptable de produire, pour un radionucléide particulier, une série de valeurs de référence selon la méthode utilisée.

Bien que l'on ait proposé d'utiliser la médiane, lors de la précédente session du CCRI, pour déterminer l'activité de référence, le Groupe de travail sur

l'équivalence est arrivé à la conclusion que des arguments solides s'opposent au choix de la médiane et qu'il faut utiliser la moyenne non pondérée. La principale raison pour rejeter la moyenne pondérée est que l'activité de référence serait alors fondée sur les résultats soumis au SIR au cours des vingt-cinq dernières années ou plus, et que la qualité des estimations d'incertitude a beaucoup varié pendant cette période. De plus, des différences existent entre les estimations de l'incertitude des différents laboratoires nationaux de métrologie. Une discussion de vaste portée s'ensuit et il est décidé que, pour le moment, la moyenne non pondérée et la médiane seraient calculées et prises en compte dans la base de données pour déterminer l'activité de référence. Il est aussi décidé à une large majorité que la moyenne non pondérée serait considérée comme la meilleure estimation de la valeur du SI. Pour estimer le degré d'équivalence entre les laboratoires nationaux de métrologie, l'activité de référence et son incertitude ne sont pas prises en compte dans le calcul.

Notons que l'arrangement de reconnaissance mutuelle ne permet pas aux participants de retirer des résultats sans l'accord de tous les participants à la comparaison. Cependant, le SIR n'est pas seulement utilisé pour établir l'équivalence mais aussi pour permettre aux laboratoires nationaux de métrologie d'expérimenter de nouvelles méthodes de mesure par comparaison aux méthodes conventionnelles. De plus, le manque de simultanéité intrinsèque au déroulement de la comparaison rend difficile un accord sur le retrait de résultats. Il est donc décidé que tous les laboratoires nationaux de métrologie seraient informés des dispositions relatives à l'arrangement de reconnaissance mutuelle et, lorsqu'ils soumettront des échantillons dans le SIR, ils devront déclarer à l'avance si l'échantillon est envoyé dans le cadre d'une étude pilote ou pour déterminer l'équivalence. S'il s'agit d'une étude pilote, les résultats ne seront pas utilisés pour l'équivalence.

M. J.-J. Gostely est autorisé à se joindre au groupe de travail.

Un identificateur unique sera attribué à chaque comparaison des Comités consultatifs. Il différenciera les comparaisons du CCRI, du BIPM (par exemple le SIR) et des organisations régionales de métrologie. Une liste sera distribuée aux membres de la Section II du CCRI.

Il est convenu que chaque comparaison internationale ancienne sera ré-analysée selon les principes appliqués à l'analyse des résultats du SIR ; les résultats seront distribués aux membres et aux autres participants pour commentaires avant d'être inclus dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

6.5.2 Autres comparaisons internationales

Le Technical Committee on Ionizing Radiation de l'APMP effectue actuellement une comparaison de $^{166}\text{Ho}^m$. Elle compte douze participants et une des ampoules utilisées dans la comparaison a été envoyée pour mesure dans le SIR.

À l'EUROMET, la comparaison de ^{237}Np se poursuit et deux ampoules ont été soumises au SIR. La comparaison de ^{169}Yb est achevée mais l'EUROMET doit décider s'il veut ou ne veut pas déterminer les degrés d'équivalence à partir de l'ampoule mesurée dans le SIR.

6.6 Comparaison préliminaire de ^{192}Ir (Coordinateur : M. Y. Hino)

Afin d'étudier les divergences entre les mesures de ^{192}Ir , M. Y. Hino (ETL) a obtenu et distribué des échantillons supplémentaires : cinq laboratoires membres de l'APMP ont fait de nouvelles mesures. Le rapport consécutif à ces mesures signale que l'emploi de compteurs atmosphériques équipés de détecteurs de particules gamma à NaI risque de ne pas détecter les événements liés à la capture d'électrons : les mesures faites avec des systèmes à haute pression et des détecteurs gamma au germanium donnent des valeurs plus élevées. Il est décidé que ces résultats devront être envoyés aux participants pour les comparaisons à venir. M. Y. Hino accepte de rédiger un rapport d'ici neuf mois, détaillant les problèmes associés à l'étalonnage de ^{192}Ir . Ce texte couvrira tous les problèmes mentionnés et pas seulement ceux liés à la dernière comparaison restreinte. En raison des problèmes rencontrés actuellement, il est décidé que les résultats des comparaisons de ^{192}Ir ne seront pas inclus dans le SIR ni dans la base de données du BIPM sur les comparaisons clés.

Il est décidé que le groupe de travail poursuivra ses activités jusqu'à ce que M. Hino ait rédigé son rapport. Il est aussi décidé d'effectuer une comparaison internationale après la publication de ce rapport ; le BIPM approuvera, par courrier, l'échéancier de la comparaison.

6.7 Réalisation élémentaire du becquerel (Coordinateur : M. D.F.G. Reher)

En l'absence de M. D.F.G. Reher, M. M.J. Woods présente l'état d'avancement de la réalisation du becquerel. À l'IRMM, des efforts importants ont été déployés pour réaliser un modèle numérique utilisant le code EGS4 d'une chambre d'ionisation en service actuellement au NPL

comme étalon secondaire. Ce modèle a donné des résultats en assez bon accord avec les valeurs d'étalonnage obtenues de manière expérimentale. La nécessité de faire coïncider exactement la théorie et l'expérience n'est pas critique, puisque l'on a principalement besoin de modéliser les effets des variations en fonction des éléments particuliers de sa construction comme les dimensions, les matériaux et leur pureté, et la pression du gaz. Le travail expérimental est réalisé au NPL pour étudier les effets des variations de la composition du gaz, de la pression et de la tension de polarisation sur la réponse en énergie de la chambre. L'intention est de terminer les travaux de conception avant la fin de 1999 et de commencer la construction d'un prototype.

M. Y. Hino présente les travaux en cours sur le $^{166}\text{Ho}^m$ et la possibilité d'utiliser ce radionucléide comme source de référence à longue durée de vie. Notons que les échantillons actuels contiennent un contaminant : l'euprium radioactif.

7 NOUVEAU GROUPE DE TRAVAIL

Comme cela a été discuté dans la section 3.1, un groupe de travail pour l'étude des mesures du ^{204}Tl a été établi.

8 COMPARAISONS INTERNATIONALES FUTURES

Comme il ressort des discussions précédentes, le programme des comparaisons de la Section II du CCRI est le suivant :

- ^{152}Eu . Date de début : fin septembre 1999, si la comparaison préliminaire donne de bons résultats (date limite pour l'envoi des résultats : 13 septembre 1999).
- ^{89}Sr . Date de début : janvier 2000. La PTB fournira les échantillons. Aucune comparaison préliminaire n'est proposée.

- ²³⁸Pu. Date de début : juillet 2000. Le NPL fournira les échantillons. Aucune comparaison préliminaire n'est proposée.
- ¹⁹²Ir. Date de début à déterminer par courrier après la rédaction et la diffusion du rapport de M. Y. Hino.

9 PROGRAMME DE TRAVAIL A VENIR DU BIPM

M. G. Ratel présente les travaux récents au BIPM, à savoir :

- une nouvelle procédure d'enregistrement des mesures, fondée sur des ordinateurs personnels, pour les systèmes à chambre d'ionisation ;
- la construction en cours d'un système de rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles pour compléter les équipements servant à l'extension du SIR ;
- la mise en œuvre de la méthode d'échantillonnage sélectif pour les équipements de mesure utilisant un compteur proportionnel à pression de géométrie 4π et un scintillateur NaI(Tl) ;
- la remise en état des équipements de mesure utilisant un compteur proportionnel à pression atmosphérique de géométrie 4π et un scintillateur NaI(Tl), en particulier du système d'acquisition des données ;
- un logiciel mis au point par le BIPM pour être utilisé avec le système de rapport des coïncidences triples aux coïncidences doubles est en cours de validation. De plus, des mesures ont été faites pour comparer l'unité MAC-3 du BNM-LPRI (module d'acquisition pour les coïncidences triples) aux modules existant au BIPM.

Une étude systématique du système d'acquisition des données à deux paramètres a été réalisée.

Mme C. Michotte présente les progrès qui ont été faits avec le spectromètre Ge(Li) utilisé à l'origine pour mesurer les impuretés des échantillons soumis au SIR. Une présentation détaillée de ce système, les améliorations apportées et ses fonctionnalités sont décrites dans le *Rapport BIPM-99/3* qui paraîtra prochainement. En particulier, ce rapport donne des exemples sur les effets de mesures améliorées des impuretés et de l'utilisation des valeurs nucléaires les

plus récentes sur le SIR. Un protocole est proposé pour ajuster les valeurs du SIR quand les incohérences liées aux impuretés peuvent être résolues convenablement. Il est décidé que le BIPM rédige et distribue ce protocole aux participants au SIR et que celui-ci soit utilisé si nécessaire.

10 RESUME DES TRAVAUX RECENTS ET DES PROJETS DES LABORATOIRES MEMBRES

Les rapports écrits sur les travaux en cours dans les laboratoires membres ont été distribués et leurs représentants ont la possibilité de les exposer brièvement. Ce moment de la réunion est toujours l'occasion de discussions sur la nature et le domaine couvert par les activités liées à la métrologie des radionucléides dans les laboratoires membres.

Notons qu'il a été demandé aux laboratoires membres des Comités consultatifs d'envoyer une liste de leurs publications parues depuis la précédente réunion. Cette liste sera de préférence présentée sous forme électronique, au format de référence de *Metrologia*. Ces informations figureront sur le site Web du BIPM. Les membres sont d'accord pour envoyer ces informations.

11 VISITE DES LABORATOIRES DU BIPM

La plupart des participants ont répondu favorablement à l'invitation qui leur a été faite de visiter les laboratoires où sont conservés les étalons de radioactivité.

12 QUESTIONS DIVERSES

Une liste de toutes les comparaisons passées du CCRI effectuées depuis 1970 sera publiée sur le site Web du BIPM.

Les rapports des membres et des coordinateurs des groupes de travail seront modifiés de la manière suivante :

- Les membres devront rédiger le rapport bisannuel de leur laboratoire national de métrologie avant la fin du mois de février qui précède la réunion de la Section II du CCRI.
- Les coordinateurs des groupes de travail rédigeront un rapport annuel avant la fin du mois de février chaque année.
- Tous les autres documents techniques à présenter à la Section II du CCRI devront parvenir au BIPM au moins quatre semaines avant la réunion de la Section II du CCRI. Les documents qui parviendront après cette date ne seront acceptés comme documents officiels de la réunion qu'avec l'accord de tous.

Le directeur du BIPM, qui préside la dernière séance en l'absence du président, clôt la réunion en remerciant les participants pour leurs contributions et, en particulier, il exprime sa gratitude au personnel du BIPM pour tous ses efforts.

M.J. Woods, rapporteur

juillet 1999

révisé septembre 2000

ANNEXE R(II) 1.

Documents de travail présentés à la 15^e réunion de la Section II du CCRI

Ces documents de travail peuvent être obtenus sur demande adressée au BIPM.

Document
CCRI(II)/

- 99-1 NAC (Afrique du Sud).— Nine-monthly report of Section II of CCRI (May 1998 to March 1999), B.R.S. Simpson, 5 p.
- 99-2 IRMM (Commission européenne).— Review of recent work and projects of the radionuclide metrology sector of IRMM (Fall 1997-Spring 1999), D.F.G. Reher, 4 p.
- 99-3 IRMM (Commission européenne).— Evaluation of the SIR, D.F.G. Reher, 1 p.
- 99-4 IRMM (Commission européenne).— The becquerel at the basic level, D.F.G. Reher, 1 p.
- 99-5 VNIIM (Féd. de Russie).— Letter on key comparisons from the VNIIM, I.A. Kharitonov, 1 p.
- 99-6 IRK (Autriche).— Summary of the research programme related to radionuclide metrology for the years 1998 and 1999 at the IRK of the University of Vienna, G. Winkler, 3 p.
- 99-7 NAC (Afrique du Sud).— Review of the activities at the NAC standardization laboratory (May 1997 to April 1999), B.R.S. Simpson, T.P. Ntsoane, 2 p.
- 99-8 PTB (Allemagne) .— Review of recent work and projects (April 1997 to March 1999), 6 p.
- 99-9 BIPM.— Draft list of key comparisons for the BIPM web page, 6 p.
- 99-10 BIPM.— Update of the efficiency curve of the SIR, C. Michotte, 7 p.
- 99-11 BIPM.— Report on the status of the SIR, G. Ratel, 12 p.
- 99-12 IRA-OFMET (Suisse).— Progress report 1997–1999 on radionuclide metrology at IRA-OFMET, J.-J. Gostely, 2 p.

Document

CCRI(II)/

- 99-13 APMP/TCRI (Taiwan).— Four-monthly report of TCRI/APMP (December 1998-March 1999), 9 p. (Appendices II and III are not included in this copy).
- 99-14 OMH (Hongrie).— Progress report on radionuclide metrology (1997–1999), L. Szûcs, 7 p.
- 99-15 NIM (Chine).— An introduction of Ionizing Radiation Division of NIM, Yang Yuandi, 4 p.
- 99-16 NIM (Chine).— Radionuclide metrology at NIM, Yang Yuandi, 2 p.
- 99-17 KRISS (Rép. de Corée).— Progress report on radionuclide metrology (1997-1999) at the KRISS, 2 p.
- 99-18 NRC (Canada).— Progress report on radionuclide metrology at NRC 1997-1999, D. Santry, 2 p.
- 99-19 RC (Pologne).— Review of the activities at the RC radionuclide metrology, T. Terliowska, 2 p.
- 99-20 BIPM, BNM-LPRI (France).— Advances in the ⁵⁶Co SIR data, C. Michotte, N. Coursol, G. Ratel, 4 p.
- 99-21 BIPM, NIST (États-Unis).— First measurement of ¹⁵³Sm in the SIR, C. Michotte, G. Ratel, L. Lucas, 4 p.
- 99-22 VNIIM (Féd. de Russie).— Communication for CCRI (Section II) from the VNIIM, I.A. Kharitonov, N.I. Karmalitsyn, 3 p.
- 99-23 ETL (Japon).— Review of recent works and projects of ETL (April 1997 to March 1999), 4 p.
- 99-24 NRC (Canada).— Comments for the 1999 CCRI II Meeting, D. Santry, 2 p.
- 99-25 ENEA-INMRI (Italie).— Summary of the most recent activities (1997–1999) at ENEA-INMRI in the field of interest of the BIPM/CCRI Section II, P. De Felice, 5 p.
- 99-26 About “Equivalence in Radionuclide Metrology”, J.-J. Gostely, 1 p.
- 99-27 NPL (Royaume-Uni).— Review of recent work and projects 1998-1999, M.J. Woods, 2 p.

Document

CCRI(II)/

- 99-28 NMI (Pays-Bas).— Developments on the NMI standards for radioactivity measurements, W. de Vries, 2 p.
- 99-29 NPL (Royaume-Uni).— SIR 10 year rule, M.J. Woods, 2 p.
- 99-30 BNM-LPRI (France).— ¹⁵²Eu half-life value, 1 p.
- 99-31 BNM-LPRI (France).— Progress report 1997 on radionuclide metrology, N. Coursol, 4 p.
- 99-32 Nine-monthly report of Section of CCRI (April 1997 to April 1998), B.R.S. Simpson, 9 p.
- 99-33 BIPM.— List of all past CCRI comparisons, 2 p.
- 99-34 CIEMAT (Espagne).— Project: Ionizing radiations metrology, J. M^a Los Arcos Merino, 4 p.
- 99-35 BIPM.— Update of CCRI(II)/99-9 following the meetings of three CCRI Sections (26 May to 2 June 1999), 12 p.

**Comité consultatif
des rayonnements ionisants**

Section III : mesures neutroniques

Rapport de la 13^e réunion

(31 mai–1^{er} juin 1999)

Ordre du jour

- 1 Ouverture de la réunion ; approbation de l'ordre du jour ; nomination d'un rapporteur.
- 2 Rapport de la quinzième session du CCEMRI.
- 3 Arrangement de reconnaissance mutuelle.
- 4 Comparaison de mesures de fluence à 24,5 keV.
- 5 État d'avancement des comparaisons clés précédentes et projets de comparaisons à venir :
 - 5.1 Comparaison de mesures de débit de fluence de neutrons thermiques ;
 - 5.2 Comparaisons de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monoénergétiques ;
 - 5.3 Comparaison de mesures de taux d'émission de sources neutroniques de radionucléides.
- 6 Questions diverses ; date de la prochaine réunion :
 - 6.1 Départ à la retraite du président ;
 - 6.2 ETL ;
 - 6.3 Bibliographie ;
 - 6.4 Échange d'informations sur les travaux en cours dans les laboratoires des participants ;
 - 6.5 Visite des laboratoires du BIPM ;
 - 6.6 Date de la prochaine réunion.

Résumé

La Section III (mesures neutroniques) du Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) a tenu sa treizième réunion au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, le 31 mai et le 1^{er} juin 1999. Le rapport final sur les mesures neutroniques au BIPM et le rapport sur la comparaison achevée de mesures de fluence à 24,5 keV sont présentés. La méthode pour déduire la valeur de référence des résultats est discutée en détail. Ce sera la première comparaison clé achevée conformément aux directives du projet d'arrangement de reconnaissance mutuelle entre les laboratoires nationaux de métrologie. M. T.J. Quinn, directeur du BIPM, présente les diverses étapes de la rédaction de l'arrangement relatives à l'établissement des degrés d'équivalence entre les systèmes nationaux de mesure. Le programme et les suggestions de comparaisons à venir sont discutés, concernant par exemple les mesures de grandeurs telles que le taux de fluence de neutrons thermiques, la fluence de neutrons rapides à différentes énergies dans le domaine du keV et du MeV, et les taux d'émission de sources neutroniques. Enfin, les participants échangent des informations sur les travaux en cours dans leur laboratoire.

1 OUVERTURE DE LA RÉUNION ; APPROBATION DE L'ORDRE DU JOUR ; NOMINATION D'UN RAPPORTEUR

La Section III (mesures neutroniques) du Comité consultatif des rayonnements ionisants (CCRI) a tenu sa treizième session au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, le 31 mai et le 1^{er} juin 1999.

Étaient présents : T. Bolognese (IPSN), D.M. Gilliam (NIST), H. Klein (PTB), K. Kudo (ETL), V.E. Lewis (président de la Section III du CCRI, NPL), G. Moscati (président du CCRI), A.J.M. Plompen (IRMM), T.J. Quinn (directeur du BIPM), N.D. Villevalde (VNIIM), J. Zoetelief (IRI).

Observateurs : A. Allisy (ICRU), Rong Chaofan (CIAE).

Invité : B.R.S. Simpson (NAC).

Ont assisté à tout ou partie de la réunion : D.T. Burns, C. Thomas (BIPM).

Le directeur du BIPM accueille les participants à la Section III et invite les membres de la Section II (mesure des radionucléides) à assister à une session commune où il présentera l'état d'avancement de l'arrangement de reconnaissance mutuelle en vue de sa signature.

Le président de la Section III accueille à son tour les membres et les observateurs.

M. D.M. Gilliam accepte la charge de rapporteur.

2 RAPPORT DE LA QUINZIÈME SESSION DU CCEMRI

Les membres de la Section III ayant déjà reçu le rapport de la quinzième session du CCEMRI (renommé le CCRI), M. G. Moscati, président du CCRI, et le président de la Section III commentent brièvement la nouvelle politique consistant à réunir le CCRI juste après les réunions de ses trois Sections, argumentant qu'elle reflète l'indépendance des Sections et assure une utilisation plus efficace du temps des membres du CCRI.

3 ARRANGEMENT DE RECONNAISSANCE MUTUELLE

Dans son discours d'ouverture de la réunion de la Section III et lors de la réunion commune aux Sections II et III du CCRI, M. T.J. Quinn, directeur du BIPM, présente l'évolution des termes de l'arrangement de reconnaissance mutuelle relatifs à l'établissement des degrés d'équivalence entre les laboratoires nationaux de métrologie et le rôle des différentes Sections et des groupes de travail des Comités consultatifs dans la mise en œuvre des comparaisons clés sur lesquelles la reconnaissance mutuelle est fondée.

4 COMPARAISON DE MESURES DE FLUENCE À 24,5 keV

Le président de la Section III résume les principaux points de la comparaison de mesures de fluence à 24,5 keV, qui est fondée sur la mise en circulation d'une série de trois sphères de Bonner ayant en commun un compteur proportionnel à ^3He . Cette comparaison est décrite dans le rapport CIRM 16 du NPL. Elle a été coordonnée par le BIPM, tout d'abord par M. V.D. Huynh, puis par M. G. Ratel. Entre chaque mesure dans les laboratoires participants, les sphères de Bonner ont été retournées au BIPM pour vérifier le détecteur à ^3He avec un système comprenant une sphère en polyéthylène et une source $^{241}\text{Am-Be}$. Les résultats obtenus lors de ces vérifications sont résumés et discutés. On a constaté des problèmes liés aux équipements utilisés, y compris une panne du détecteur à ^3He originel et une petite perte, inexpliquée, de sensibilité de l'appareil de remplacement.

Les résultats de la comparaison (publiés dans le rapport du NPL cité ci-dessus) ont été examinés et considérés comme étant en accord avec les incertitudes estimées. Les participants ont mesuré la sensibilité de chacune des trois sphères. Les moyennes non pondérées de chaque série de mesures de sensibilité ont été calculées et les valeurs des participants ont été rapportées à ces moyennes. Notons que l'inclusion des valeurs de l'un des participants, bien plus basses que celles des quatre autres, a influencé de manière significative les valeurs moyennes. Pour chaque laboratoire, on a calculé la

moyenne des trois valeurs réduites pour en déduire la valeur de référence qui sera utilisée pour évaluer les degrés d'équivalence.

Les calculs ont été répétés en utilisant des moyennes pondérées. La personne chargée de l'évaluation (V.E. Lewis) a noté que les incertitudes déclarées se situaient principalement autour de 9 % (avec un niveau de confiance de 95 %), mais qu'elles étaient plus élevées pour le participant dont les valeurs étaient aberrantes et qui avait rencontré de graves difficultés expérimentales, et bien plus basses pour un autre participant. Cela signifie que les valeurs du premier laboratoire ont peu d'influence sur la moyenne pondérée alors que celles du second en ont beaucoup. Cela a une influence sur l'accord entre les valeurs des participants et la valeur de référence pour chaque sphère de Bonner. La décision d'utiliser des moyennes pondérées ou non pondérées a donc des conséquences sur l'évaluation des degrés d'équivalence entre les laboratoires et la valeur de référence (mais pas sur celle des degrés d'équivalence entre les laboratoires pris deux à deux).

En principe il est préférable d'utiliser des moyennes pondérées pour calculer les valeurs de référence et évaluer les degrés d'équivalence. Il est décidé d'analyser plus rigoureusement les bilans d'incertitude (qui ont été soumis à M. V.E. Lewis, chargé de l'évaluation, mais qui n'ont pas été distribués aux participants). Les corrélations entre les composantes de l'incertitude doivent être prises en compte, mais il est reconnu qu'elles sont très faibles dans le cas de cette comparaison et qu'elles ne risquent pas d'avoir une grande influence. Il est aussi décidé de demander aux laboratoires qui n'ont pas fourni un rapport complet de donner tous les détails sur les mesures qu'ils ont effectuées, tels que mentionnés dans le protocole.

Les résultats corrigés seront envoyés aux participants pour approbation avant d'être inclus dans un article soumis à *Metrologia*.

5 ÉTAT D'AVANCEMENT DES COMPARAISONS CLÉS PRÉCÉDENTES ET PROJETS DE COMPARAISONS À VENIR

Le président de la Section III présente une liste de comparaisons qui ont été effectuées précédemment sous l'égide de la Section III, au format proposé pour leur inclusion dans la base de données du BIPM sur les comparaisons

clés. Cette liste reflète intégralement l'historique des comparaisons, déjà réalisées, de grandeurs choisies pour faire l'objet de comparaisons clés. Elles ont été approuvées lors de la réunion précédente de la Section III, en 1997, et confirmées ; elles concernent le débit de fluence de neutrons thermiques, la fluence de neutrons rapides à des énergies de valeurs recommandées et le taux d'émission de sources neutroniques de radionucléides. Les comparaisons de mesures de dose absorbée de neutrons sont exclues de la liste car elles ne sont pas considérées comme pertinentes, et il n'est pas prévu d'en organiser d'autres.

La liste de comparaisons présentée par le président est examinée et quelques corrections et adjonctions y sont apportées. Les informations relatives à chacune de ces comparaisons destinées à la base de données du BIPM sur les comparaisons clés seront limitées à une brève description des paramètres de mesures, à la liste des participants, et à la citation des références des articles publiés présentant les résultats. Aucune tentative ne sera faite pour ré-examiner les anciens rapports et en extraire des valeurs de référence ou des degrés d'équivalence.

Il est décidé à l'unanimité de répéter les comparaisons clés de la Section III à une périodicité d'environ dix ans à l'avenir. Il est déjà programmé de répéter les trois comparaisons clés mentionnées ci-dessous.

5.1 Comparaison de mesures de débit de fluence de neutrons thermiques

Un projet de protocole d'une nouvelle comparaison clé de taux de fluence de neutrons thermiques est présenté par M. D.M. Gilliam. Les instruments de transfert pour cette comparaison comprendront une série de chambres d'ionisation à ^{10}B et l'électronique associée fournie par le NIST. Les problèmes éventuels de stabilité des dépôts de ^{10}B seront traités en vérifiant soigneusement les chambres au NIST avant et après les mesures par chaque participant et en ajoutant un équipement spécial au système de transfert pour limiter l'exposition du ^{10}B à l'humidité. Les laboratoires suivants ont exprimé leur intérêt à participer à la comparaison : CIAE, ETL, IRMM, NIST, NPL, PTB et VNIIM.

Des changements et additions sont proposés au projet de protocole. Les participants à la réunion recommandent d'examiner le projet soigneusement pour voir s'il est conforme aux recommandations de l'annexe F de l'arrangement de reconnaissance mutuelle (Directives pour les comparaisons clés du CIPM). M. H. Klein suggère :

- 1) que les bilans d'incertitude de chaque participant soient publiés dans un journal d'accès aisé ;
- 2) que chaque participant vérifie l'exactitude temporelle du module de comptage fourni par le NIST, tel qu'il est utilisé dans son laboratoire ; et
- 3) que le protocole donne des directives pour connecter le signal de l'amplificateur à un analyseur local d'impulsions à l'aide de câbles de 100 Ω ou de 50 Ω .

M. K. Kudo suggère d'envoyer un boîtier au cadmium bien adapté avec les instruments de transfert pour vérifier les conditions environnementales du laboratoire. M. D.M. Gilliam accepte de diffuser une nouvelle version du protocole prenant en compte ces suggestions avant le 1^{er} août 1999. On espère que la version finale du protocole sera acceptée par tous les participants le 31 octobre 1999 au plus tard.

Le NIST enverra d'abord les résultats de ses propres mesures de débit de fluence, effectuées conformément à ce protocole, au BIPM et se tiendra ensuite prêt à envoyer le système de transfert aux autres participants en janvier 2000. Le NIST sera à la fois le coordinateur et le laboratoire pilote de cette comparaison ; les résultats du NIST seront conservés au BIPM pour éviter qu'ils ne soient influencés par ceux des autres participants reçus et analysés au NIST. Le CIAE et le NPL ont demandé à être parmi les premiers à y participer.

5.2 Comparaisons de mesures de débit de fluence de neutrons rapides monoénergétiques

M. H. Klein propose d'utiliser les équipements du faisceau de neutrons rapides monoénergétiques de la PTB pour un nouveau type de comparaison de mesures de fluence. La PTB est prête à offrir des faisceaux monoénergétiques à différentes énergies de neutrons rapides, en service vingt-quatre heures sur vingt-quatre sur une période d'environ deux semaines. Tous les participants apporteraient leurs systèmes de mesure de fluence à la PTB pour faire des mesures à autant de valeurs d'énergies que possible. L'accélérateur fonctionnera à chaque énergie pendant environ quarante-

huit heures avant de passer à la valeur d'énergie suivante. Cette nouvelle façon de travailler permettra de réaliser en un temps très court plusieurs comparaisons qui demandaient par le passé plusieurs années pour être achevées.

Des mesures de fluence de types très différents pourraient être réalisées au moyen de chambres à fission, de longs compteurs, de sphères de Bonner, de techniques d'activation, de compteurs proportionnels, ou d'autres dispositifs. La PTB fournira des supports et du matériel de montage pour positionner les divers détecteurs à environ 1 mètre de la cible de l'accélérateur. La PTB fournira aussi des cones d'ombre pour corriger la diffusion des neutrons. Les débits de fluence disponibles seront de l'ordre de 10^2 à 10^3 neutrons $\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$.

La PTB propose d'effectuer des comparaisons à neuf énergies : 144 keV, 250 keV, 565 keV, 1,2 MeV, 2,5 MeV, 5,0 MeV, 8,0 MeV, 14,8 MeV et 19,0 MeV. Toutefois, certains membres pensent que ce nombre est trop élevé et les comparaisons à 250 keV et à 8,0 MeV sont supprimées. M. H. Klein accepte de distribuer un questionnaire aux membres de la Section III pour étudier l'échéancier des mesures et savoir quels laboratoires ont l'intention de participer aux comparaisons proposées. La date limite de réponse au questionnaire est fixée à la fin du mois d'août 1999. Les mesures à la PTB devraient avoir lieu vers le milieu de l'année 2000.

L'efficacité de cette nouvelle approche des comparaisons s'avère très utile, compte tenu de la volonté de répéter les comparaisons clés tous les dix ans. L'alternative serait de faire circuler plusieurs séries d'instruments de transfert aux laboratoires partout dans le monde. D'après l'expérience passée, de telles comparaisons durent beaucoup plus longtemps. De plus, aucun laboratoire n'est prêt à organiser d'autres comparaisons selon cette ancienne procédure.

5.3 Comparaison de mesures de taux d'émission de sources neutroniques de radionucléides

Le président de la Section III dit qu'il a été informé par le VNIIM de difficultés liées à l'utilisation de la source de fission spontanée de ^{244}Cm russe proposée lors de la précédente réunion de la Section III pour cette comparaison. L'utilisation d'une source de $^{241}\text{Am-Be}$ à la place de la source de ^{244}Cm , ou parallèlement à celle-ci, fait l'objet d'une discussion. Des sources de ce type sont disponibles et largement utilisées et étalonnées. M. H. Klein offre d'utiliser deux sources de la PTB d'une activité d'environ 37 GBq, qui délivrent des taux d'émission d'environ $2 \times 10^6 \text{s}^{-1}$. Les deux sources sont du type classique Amersham International. Une source pourrait

être utilisée pour la comparaison de la Section III et l'autre pour une comparaison de l'EUROMET qui pourrait être reliée à celle-ci. M. D.M. Gilliam prêterait deux conteneurs pour leur transport.

Le président de la Section III accepte d'élaborer un projet de protocole prenant en compte les directives du projet d'arrangement de reconnaissance mutuelle et fondé sur le protocole de la comparaison précédente, qui avait été organisée par le NPL. Une personne indépendante serait chargée de l'évaluation ; le choix de cette personne est ouvert pour le moment. En attendant, M. H. Klein réceptionnera les résultats parce que la PTB ne participera pas à la comparaison.

La participation à cette comparaison est longuement discutée. Le CIAE, le NPL et le NIST sont prêts à y participer et l'ETL espère pouvoir y participer vers la fin de la comparaison. Le KRISS et le VNIIM pourraient aussi y participer. Le président de la Section III contactera le BNM-LPRI, l'ENEA et le NIM ; M. Moscati s'occupera du laboratoire brésilien. On pense que le BNM-LPRI, le CMI, l'ENEA, le NPL et le laboratoire slovaque pourraient participer à la comparaison de l'EUROMET. Le président de la Section III informera les laboratoires de l'état d'avancement de la comparaison organisée par la Section III et de la proposition de la PTB de fournir les sources pour les deux comparaisons. Pour relier les deux comparaisons, il faudra que deux laboratoires au moins participent aux deux comparaisons.

Cette comparaison comprendra des mesures séquentielles sur une période de deux ans ou plus. On espère que la comparaison sera bien avancée au moment de la prochaine réunion.

6 QUESTIONS DIVERSES ; DATE DE LA PROCHAINE RÉUNION

6.1 Départ à la retraite du président

Le président de la Section III annonce que c'est la dernière réunion à laquelle il assistera. Comme il prendra sa retraite du NPL peu après la prochaine réunion, le NPL y enverra quelqu'un d'autre pour le représenter. Il remercie les membres de la Section III pour leur soutien et souhaite à tous un plein succès pour les années à venir. Les membres de la Section III expriment leur

gratitude à Vic Lewis pour sa présidence efficace et pour l'esprit dans lequel il a guidé les travaux de la Section. M. Lewis a présidé cinq réunions de la Section et a assisté à sept réunions. Il continuera à assurer la présidence de la Section jusqu'à ce que son successeur soit nommé. Tous lui souhaitent une longue et heureuse retraite du NPL et de la présidence de la Section III. Le choix du successeur de M. Lewis sera étudié par le CCRI.

6.2 ETL

M. K. Kudo annonce une réorganisation à venir des laboratoires de métrologie du Japon. L'Electrotechnical Laboratory (ETL) et deux autres laboratoires dépendant du Ministry of International Trade and Industry of Japan fusionneront pour former un nouveau laboratoire national de métrologie.

6.3 Bibliographie

M. H. Klein reprend à son compte la proposition d'effectuer une compilation des bibliographies des laboratoires qui participent à la Section III pour publication dans le site Web du BIPM, mais il aimerait que cette liste soit mise à jour tous les six mois plutôt que tous les deux ans.

6.4 Échange d'informations sur les travaux en cours dans les laboratoires des participants

Un échange d'informations très intéressant a lieu. De brefs résumés des travaux en cours dans les laboratoires sont présentés par tous les participants.

6.5 Visite des laboratoires du BIPM

Une visite intéressante des laboratoires des rayonnements ionisants du BIPM est organisée. La Section III exprime sa gratitude au BIPM pour cette visite et pour l'excellente organisation de la réunion.

6.6 Date de la prochaine réunion

La date de la quatorzième réunion de la Section III fait l'objet d'une discussion. Les participants pensent qu'il conviendrait de se réunir en 2001 pour traiter au mieux les affaires de la Section et rester en phase avec les réunions du CCRI et des Sections I et II.

D.M. Gilliam, rapporteur

novembre 1999

révisé septembre 2000

ANNEXE R(III) 1.

Documents de travail présentés à la 13^e réunion de la Section III du CCRI

Ces documents de travail peuvent être obtenus sur demande adressée au BIPM.

Document
CCRI(III)/

- | | |
|-------|--|
| 99-1 | VNIIM (Féd. de Russie). — Letter on key comparisons from the VNIIM, I.A. Kharitonov, 1 p. |
| 99-2 | CIAE (Chine). — The reference radiation fields of monoenergetic neutrons at CIAE, Rong Chaofan, Wang Zhiqiang, Chen Jun, Luo Hailong, 3 p. |
| 99-3 | CIAE (Chine). — Thermal neutron reference radiation field, Bao Zongyu, Chen Jun, 2 p. |
| 99-4 | NIM (Chine). — An introduction of Ionizing Radiation Division of NIM, Yang Yuandi, 4 p. |
| 99-5 | NIST (États-Unis). — Technical activities of the Neutron Interactions and Dosimetry Group at the NIST, D.M. Gilliam, 17 p. |
| 99-6 | BIPM. — International comparison of measurements of 25 keV neutron fluence, G. Ratel, 5 p. |
| 99-7 | IRI/TNO-CSD (Pays-Bas). — Progress in neutron dosimetry at IRI/TNO-CSD, J. Zoetelief, 1 p. |
| 99-8 | VNIIM (Féd. de Russie). — Some results of the activities of VNIIM's laboratory in the field of neutron measurements 1997-1998, N.N. Moiseyev, M.A. Rasko, I.A. Kharitonov, 11 p. |
| 99-9 | BNM-LRDE (France). — Laboratory of External Dosimetry Studies and Research, T. Bolognese, 5 p. |
| 99-10 | BIPM. — Ionizing radiation, BIPM key comparisons (31 May 1999), 2 p. |
| 99-11 | NIST (États-Unis). — Protocol for comparison of fluence rate measurements in thermal neutron beams, 4 p. |

Document

CCRI(III)/

- 99-12 IRMM (Commission européenne). — IRMM report, A. Plompen, 1 p.
- 99-13 ETL (Japon), PTB (Allemagne), CIAE (Chine). — Recent activities on neutron standardization at the Electrotechnical Laboratory, N. Takeda, K. Kudo, G. Dietze, X. Yang, 14 p.
- 99-14 NPL (Royaume-Uni). — Neutron measurements at the NPL, V.E. Lewis, 4 p.
- 99-15 BIPM. — Update to CCRI(III)/99-10 following the meetings of three CCRI Sections (26 May to 2 June 1999), 12 p.

LISTE DES SIGLES UTILISÉS DANS LE PRÉSENT VOLUME

1 Sigles des laboratoires, comités et commissions

AAPM	American Association of Physicists in Medicine, College Park MD (États-Unis)
AIEA	Agence internationale de l'énergie atomique
ANSTO	Australian Nuclear Science and Technology Organisation, Menai (Australie)
APMP	Asia/Pacific Metrology Programme
APMP/TCRI	Asia/Pacific Metrology Programme, Technical Committee on Ionizing Radiation
ARL*	Australian Radiation Laboratory, Yallambie (Australie), <i>voir</i> ARPANSA
ARPANSA	(ex ARL) Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency, Victoria (Australie)
BEV	Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Vienne (Autriche)
BIPM	Bureau international des poids et mesures
BNM	Bureau national de métrologie, Paris (France)
BNM-LCIE	Bureau national de métrologie, Laboratoire central des industries électriques, Fontenay-aux-Roses (France)
BNM-LNHB	(ex BNM-LPRI) Bureau national de métrologie, Laboratoire national Henri Becquerel, Gif-sur-Yvette (France)
BNM-LPRI*	Bureau national de métrologie, Laboratoire primaire des rayonnements ionisants, Saclay (France), <i>voir</i> BNM-LNHB
CCEMRI*	Comité consultatif pour les étalons de mesure des rayonnements ionisants, <i>voir</i> CCRI
CCRI	(ex CCEMRI) Comité consultatif des rayonnements ionisants
CIAE	Chinese Institute of Atomic Energy, Beijing (Chine)
CIEMAT	Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, Madrid (Espagne)
CIPM	Comité international des poids et mesures

* Les laboratoires ou organisations marqués d'un astérisque soit n'existent plus soit figurent sous un autre sigle.

CMI	Český Metrologický Institut/Czech Metrological Institute, Prague (Rép. tchèque)
COMECON	Council for Mutual Economic Assistance
ENEA-INMRI	Ente per le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'Ambiente, Istituto Nazionale di Metrologia delle Radiazioni Ionizzanti, Rome (Italie)
ESTRO	European Society for Therapeutic Radiology and Oncology, Bruxelles (Belgique)
ETL	Electrotechnical Laboratory, Tsukuba (Japon)
EUROMET	European Collaboration in Measurement Standards
GUM	Główny Urząd Miar/Central Office of Measures, Varsovie (Pologne)
ICRM	International Committee for Radionuclide Metrology
ICRU	International Commission on Radiation Units and Measurements
INMRI	<i>voir</i> ENEA
IOMP	International Organization for Medical Physics
IRA	Institut de radiophysique appliquée, Lausanne (Suisse)
IRD	<i>voir</i> LNMRI
IRK	Institut für Radiumforschung und Kernphysik, Vienne (Autriche)
IRMM	Institut des matériaux et mesures de référence, Commission européenne
IRPA	International Radioprotection Association
ISO	Organisation internationale de normalisation
IRI-TNO	Institute of Applied Radiobiology and Immunology, Centre for Radiological Protection and Dosimetry, Rijswijk (Pays-Bas), <i>voir</i> TNO
KRISS	Korea Research Institute of Standards and Science, Taejon (Rép. de Corée)
LCIE	Laboratoire central des industries électriques, Fontenay-aux-Roses (France), <i>voir</i> BNM-LCIE
LNHB	Laboratoire national Henri Becquerel, Gif-sur-Yvette (France), <i>voir</i> BNM-LNHB
LNMRI/IRD	Laboratório Nacional de Metrologia das Radiações Ionizantes, Instituto de Radioproteção e Dosimetria, Rio de Janeiro (Brésil)
LPRI*	Laboratoire primaire des rayonnements ionisants, Saclay (France), <i>voir</i> BNM

Metas	(ex OFMET) Office fédéral de métrologie et d'accréditation, Wabern (Suisse)
NAC	National Accelerator Centre, Faure (Afrique du Sud)
NIM	Institut national de métrologie, Beijing (Chine)
NIST	National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg (États-Unis)
NMi-VSL	Nederlands Meetinstituut, Van Swinden Laboratorium, Delft (Pays-Bas)
NPL	National Physical Laboratory, Teddington (Royaume-Uni)
NRC	Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Canada)
OFMET*	Office fédéral de métrologie, Wabern (Suisse), <i>voir</i> Metas
OMH	Országos Mérésügyi Hivatal, Budapest (Hongrie)
OMS	Organisation mondiale de la santé
PAHO	Pan American Health Organization, Washington DC (États-Unis)
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig (Allemagne)
RC	Radioisotope Centre, Otwock/Swierk (Pologne)
SRPI	Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm (Suède)
TNO	TNO Medical Biological Laboratory, Rijswijk (Pays-Bas)
TCRI	Technical Committee on Ionizing Radiation, <i>voir</i> APMP/TCRI
VNIIM	Institut de métrologie D.I. Mendéléev, Saint-Petersbourg (Féd. de Russie)

2 Sigles des termes scientifiques

EGS4	Electron Gamma Showers Version 4
SI	Système international d'unités
SIR	Système international de référence pour les mesures d'activité d'émetteurs de rayons gamma