

**COMITÉ CONSULTATIF
POUR LES ÉTALONS DE MESURE DES RADIATIONS IONISANTES.**

SESSION DE 1963

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

COMITÉ CONSULTATIF
POUR
LES ÉTALONS DE MESURE
DES RADIATIONS IONISANTES

4^e SESSION — 1963

(6-7 mai)



PARIS
GAUTHIER-VILLARS & C^{ie}

IMPRIMEUR-ÉDITEUR DU BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

55, Quai des Grands-Augustins.

AVERTISSEMENT HISTORIQUE

Le Bureau International des Poids et Mesures 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 du Pavillon de Breteuil (Parc de Saint-Cloud) mis à sa disposition par le Gouvernement français; son entretien est assuré à frais communs par les États membres de la Convention du Mètre ⁽¹⁾.

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

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

Le Bureau International fonctionne sous la surveillance exclusive d'un *Comité International des Poids et Mesures*, placé lui-même sous l'autorité d'une *Conférence Générale des Poids et Mesures*.

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

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

Le Comité International est composé de dix-huit membres appartenant à des États différents; il se réunit au moins une fois tous les deux ans. Le bureau de ce Comité adresse aux Gouvernements des États membres de la Convention du Mètre un *Rapport Annuel* sur la situation administrative et financière du Bureau International.

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

(1) Au 31 décembre 1963, trente-neuf États sont membres de cette Convention : Allemagne, Amérique (É.-U. d'), Argentine (Rép.), Australie, Autriche, Belgique, Brésil, Bulgarie, Canada, Chili, Corée, Danemark, Dominicaine (Rép.), Espagne, Finlande, France, Hongrie, Inde, Indonésie, Irlande, Italie, Japon, Mexique, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République Arabe Unie, Roumanie, Royaume-Uni, Suède, Suisse, Tchécoslovaquie, Thaïlande, Turquie, U.R.S.S., Uruguay, Vénézuéla, Yougoslavie.

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

Les Comités Consultatifs, dont la présidence est généralement confiée à un Membre du Comité International, ont un règlement commun (*Procès-Verbaux C. I. P. M.*, 1952, 23-A, p. 108); ils sont composés d'un délégué de chacun des grands Laboratoires métrologiques nationaux, de représentants d'Organisations et d'Instituts spécialisés et de spécialistes nominativement désignés. Ces Comités tiennent leurs sessions à des intervalles irréguliers; ils sont actuellement au nombre de six :

1. Le *Comité Consultatif d'Electricité*, créé en 1927.
2. Le *Comité Consultatif de Photométrie*, créé en 1933 (de 1930 à 1933 le Comité précédent s'est occupé des questions de photométrie).
3. Le *Comité Consultatif de Thermométrie*, créé en 1937.
4. Le *Comité Consultatif pour la Définition du Mètre*, créé en 1952.
5. Le *Comité Consultatif pour la Définition de la Seconde*, créé en 1956.
6. Le *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Radiations Ionisantes*, créé en 1958.

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

- *Comptes Rendus des séances de la Conférence Générale des Poids et Mesures* ;
- *Procès-Verbaux des séances du Comité International des Poids et Mesures* ;
- *Sessions des Comités Consultatifs* ;
- *Travaux et Mémoires du Bureau International des Poids et Mesures* (périodicité irrégulière).

Le Bureau International présente en outre à la Conférence Générale un Rapport sur les développements du Système Métrique dans le monde, Rapport publié sous le titre : *Les récents progrès du Système Métrique*.

Comité International des Poids et Mesures

<i>Secrétaire</i>	<i>Vice-Président</i>	<i>Président</i>
J. DE BOER	L. E. HOWLETT	R. VIEWEG

LISTE DES MEMBRES

DU

COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE
DES RADIATIONS IONISANTES

Président

A. V. ASTIN, Membre du Comité International des Poids et Mesures;
Director, National Bureau of Standards, *Washington 25*, D. C.

Membres

PHYSIKALISCH-TECHNISCHE BUNDESANSTALT [P. T. B.], *Braunschweig*
(J. FRÄNZ, Directeur du Département pour la physique atomique).

DEUTSCHES AMT FÜR MESSWESEN [D. A. M.], *Berlin* (H. ROTHE).

NATIONAL BUREAU OF STANDARDS [N. B. S.], *Washington 25*, D. C.
(H. O. WYCKOFF, Chief, X-ray Section).

NATIONAL RESEARCH COUNCIL [N. R. C.], *Ottawa* (C. GARRETT, Chef
de la Section des Rayons-X et Radiations Nucléaires).

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET MÉTIERS [C. N. A. M.], *Paris*
(J. CHÂTELET, Chef du Service de Radioactivité au Laboratoire
d'Essais).

ELECTROTECHNICAL LABORATORY [E. T. L.], *Tokyo* (Y. INOUE, Chief,
Standards Division).

- NATIONAL PHYSICAL LABORATORY [N. P. L.], *Teddington* (P. J. CAM-
PION, Applied Physics Division).
- INSTITUT DE MÉTROLOGIE D. I. MENDÉLÉEV [I. M. M.], *Leningrad*
(M^{me} I. JARITZINA, Chef du Laboratoire de Mesures neutroniques).
- AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Wien* (A. SANIELE-
VICI, H. HOUTERMANS).
- CENTRO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, *Madrid* (A. TANARRO, Jefe
de la Seccion de Electronica de la Junta de Energia Nuclear).
- COMITATO NAZIONALE PER LE RICERCHE NUCLEARI, *Roma* (M. CHIOZZOTTO,
Institut Supérieur de la Santé, Rome).
- COMMISSARIAT A L'ÉNERGIE ATOMIQUE, *Paris* (B. GRINBERG, Chef de
la Section de Mesure des Radioéléments au Département d'Électro-
nique).
- COMMISSION FÉDÉRALE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE YOUGOSLAVE, *Belgrade*
(non représentée).
- COMMISSION MIXTE DE RADIOACTIVITÉ APPLIQUÉE (non représentée).
- COMMONWEALTH X-RAY AND RADIUM LABORATORY, *Melbourne* (non
représenté).
- COMMUNAUTÉ EUROPÉENNE DE L'ÉNERGIE ATOMIQUE [EURATOM] (J.
SPAEPEN, Chef du Bureau Central de Mesures Nucléaires, *Geel*).
- INSTITUT DU RADIUM, *Paris* (M. FRILLEY).
- INSTITUT FÜR RADIUMFORSCHUNG UND KERNPHYSIK, *Wien* (M^{me} B. KAR-
LIK).
- INSTITUT SCIENTIFIQUE DES MESURES PHYSICOTECHNIQUES ET RADIO-
TECHNIQUES DE L'U.R.S.S., *Moscou* (G. DOROFEEV).
- INSTITUUT VOOR KERNPHYSISCH ONDERZOEK, *Amsterdam-O* (A. H. W.
ATEN Junior, Directeur Scientifique de la Section Chimique).
- INTERNATIONAL COMMISSION ON RADIOLOGICAL UNITS AND MEASURE-
MENTS (L. S. TAYLOR, Président).
- Le Directeur du BUREAU INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES,
Sèvres (J. TERRIEN).
- G. BOLLA, Istituto di Fisica, Politecnico, *Milano*.
- R. THORAEUS, Radiofysiska Institutionen, *Stockholm* 60.
-

ORDRE DU JOUR DE LA SESSION

1. Rapports d'activité des Groupes de travail du Comité Consultatif.
 - a.* Mesures d'exposition.
 - b.* Radionuclides étalons.
 - c.* Sources étalons de neutrons.
 - d.* Étalons de radium.
 2. Situation et exposé des travaux de la Section des radiations ionisantes du Bureau International.
 3. Visite des laboratoires provisoires de la Section des radiations ionisantes.
 4. Nouveaux laboratoires. Exposé de la situation et présentation des plans.
 5. Activités futures des Groupes de travail et de la Section des radiations ionisantes.
 6. Unités et symboles des grandeurs relatives aux radiations ionisantes. Présentation du Rapport 10*a* de l'I.C.R.U.; commentaires des Groupes de travail.
 7. Questions diverses.
-

COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE
DES RADIATIONS IONISANTES

4^e SESSION (1965)

RAPPORT

AU

COMITÉ INTERNATIONAL DES POIDS ET MESURES

Par C. GARRETT, Rapporteur

Le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Radiations Ionisantes a tenu sa quatrième session au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, au cours de quatre séances les lundi 6 et mardi 7 mai 1963.

Étaient présents : Mr ASTIN, Président ; MM. ATEN, CAMPION, CHÂTELET, CHIOZZOTTO, DOROFEEV, FRÄNZ, FRILLEY, GARRETT, GRINBERG, HOUTERMANS, INOUE, Mme JARITZINA, Mme KARLIK, MM. SANIELEVICI, SPAEPEN, TANARRO, TAYLOR, TERRIEN, THORAEUS, WYCKOFF.

Assistaient également à la session : Mr de BOER, Secrétaire du Comité International des Poids et Mesures ; MM. ALLISY, NAGGIAR, ROY, RYTZ et Mlle GUÉGAN (Bureau International) ; MM. BYKOV, MORIUCHI, WAIT, interprètes.

Avant d'aborder l'ordre du jour, Mr le PRÉSIDENT demande à Mr Terrien de rappeler les nouvelles directives du Comité International des Poids et Mesures en ce qui concerne la présentation des comptes rendus des sessions. Conformément à la décision prise en 1961 (*Procès-Verbaux C. I. P. M.*, 23, p. 37), les procès-verbaux détaillés des séances des Comités Consultatifs sont désormais remplacés par le Rapport présenté au Comité International.

Mr Garrett est nommé Rapporteur, assisté de Mr Allisy comme secrétaire.

Mr le PRÉSIDENT signale que Mr de Boer, Secrétaire du Comité International des Poids et Mesures, doit représenter le Comité International et le Comité Consultatif aux réunions de l'I.S.O./TC 12 en juin 1963

à Copenhague, et est particulièrement intéressé par la question des unités et symboles des grandeurs relatives aux radiations ionisantes.

Mr le PRÉSIDENT donne ensuite lecture d'un télégramme du Deutsches Amt für Messwesen dont le délégué, Mr Rothe, n'a pas obtenu le visa nécessaire pour assister aux réunions du Comité Consultatif.

Adoption des rapports des Groupes de travail.

Les documents soumis par les quatre Groupes de travail (Annexe 1) sont les rapports des réunions tenues par ces Groupes depuis la 3^e session du Comité Consultatif en octobre 1961. Ils comportent :

1. la liste des comparaisons internationales qui ont été entreprises sous les auspices du Bureau International;
2. des propositions pour les futures comparaisons internationales;
3. des suggestions de programme de recherche en vue de l'amélioration des mesures.

Dans les mesures comparatives d'*exposition* à l'aide d'instruments de transfert des difficultés sont apparues dans les domaines d'énergie de rayons X produits par des tensions de 60, 75 et 100 kV. Ces difficultés sont dues à la méthode utilisée pour exprimer la qualité du faisceau de rayons X et à la réalisation de qualités similaires dans les divers laboratoires.

Le programme envisagé par le Groupe de travail des *Étalons de Radium*, concernant la comparaison de l'étalon soviétique, n'a pas pu être mis en œuvre à cause de retards imprévus. Ces problèmes sont maintenant résolus et la comparaison doit commencer à la fin de 1963.

Le Comité Consultatif approuve à l'unanimité les rapports des Groupes de travail.

Activité de la Section des radiations ionisantes du Bureau International.

MM. Allisy, Naggiar, Rytz et Roy font un exposé sur les travaux expérimentaux effectués par la Section des radiations ionisantes depuis octobre 1961; ces travaux sont décrits dans les Rapports du Directeur du Bureau au Comité International des Poids et Mesures (*Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 1962, 30; 1963, 31). Les comparaisons internationales suivantes ont été organisées :

Rayons X. — Mr Allisy a effectué des mesures en juin 1962 au Glowny Urząd Miar, Varsovie, Pologne, avec les chambres de transfert mises à la disposition du Bureau International. En décembre 1962 ces chambres

ont été expédiées au Radio-Therapeutisch Instituut, Rotterdam, Pays-Bas.

Radionuclides. — Cinq radionuclides ont été distribués pour être comparés dans un grand nombre de laboratoires.

Radionuclide	Date	Laboratoire distributeur	Nombre de participants
¹⁹⁸ Au	janvier 1962	National Physical Laboratory, Teddington, Grande-Bretagne	25
⁶⁰ Co	janvier 1962	Institut de Métrologie D.I. Mendéléév, Leningrad, U.R.S.S.	21
²⁰⁴ Tl	mai 1962	National Physical Laboratory, Teddington, Grande-Bretagne	19
³⁵ S	juin 1962	Centre d'Études Nucléaires, Saclay, France	17
⁶⁰ Co*	mars 1963	Bureau Central de Mesures Nucléaires, Geel, Belgique	20

* Comparaison internationale de la méthode $4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP) au moyen du ⁶⁰Co.

Les rapports sur les deux premières comparaisons (¹⁹⁸Au et ⁶⁰Co) ont été établis par le laboratoire distributeur et expédiés par le Bureau International. Les rapports préliminaires sur la comparaison du ³⁵S et du ²⁰⁴Tl, ainsi que l'analyse des résultats de la comparaison du ²⁰⁴Tl, ont été établis au Bureau International. L'analyse des résultats de la comparaison du ³⁵S est en préparation.

Les rapports sur les cinq premières comparaisons (³²P, ¹³¹I, ⁶⁰Co, ¹⁹⁸Au, ²⁰⁴Tl) organisées par le Bureau International sont donnés aux Annexes 2 à 6.

Mesures neutroniques. — La source de neutrons Ra-Be (α, n) du National Research Council, Canada, a été mesurée dans les laboratoires suivants :

- Electrotechnical Laboratory, Tokyo, Japon, janvier 1962,
- Instituut voor Kernfysisch Onderzoek, Amsterdam, Pays-Bas, août 1962,
- Centre d'Études Nucléaires, Saclay, France, octobre 1962,
- Institut de Métrologie D. I. Mendéléév, Leningrad, U.R.S.S., janvier 1963,
- Soreq Research Establishment, Rehovoth, Israël, mai 1963.

Un rapport sera établi par le Bureau International sur les résultats de ces différentes mesures.

Les membres du Comité Consultatif ont visité les laboratoires provinciaux de la Section et ont exprimé leur vive satisfaction pour l'excellent travail qui a été accompli par Mr Allisy et ses collègues.

**Laboratoires de la Section des radiations ionisantes.
État des négociations et plans.**

Mr TERRIEN annonce que toutes les autorisations nécessaires ont été accordées par le gouvernement français. Les plans des nouveaux bâtiments ont été définitivement mis au point par les architectes. Les plans et les soumissions de plusieurs entrepreneurs sélectionnés ont été examinés par le bureau du Comité International des Poids et Mesures. Les contrats seront signés dans le courant de mai 1963 et la durée des travaux sera d'environ quatorze mois. Le prix actuel dépasse nettement l'estimation faite par les Groupes de travail. Cette différence est due à une série de raisons exposées par Mr TERRIEN.

Le Comité Consultatif exprime l'espoir que les fonds nécessaires à la construction soient mis à la disposition du Bureau International et que le programme de travail envisagé ne subisse pas de mutilation.

Mr Allisy fait une description détaillée des plans des laboratoires et indique que la superficie de travail effective est en accord avec les recommandations des Groupes de travail. Cette superficie s'élève à environ 550 m², salles de stockage non comprises, pour un effectif qui atteindra une vingtaine de personnes, compte tenu des stagiaires prévisibles.

Le Comité Consultatif approuve la recommandation suivante, avec deux abstentions :

RECOMMANDATION R 1

Le Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Radiations Ionisantes, réuni au Pavillon de Breteuil à sa 4^e session les 6 et 7 mai 1963, ayant examiné les plans des laboratoires dont la construction a été décidée par la Onzième Conférence Générale des Poids et Mesures pour la Section des radiations ionisantes du Bureau International;

ayant constaté que les surfaces réellement utilisables indiquées sur ces plans pour les installations de mesure et les bureaux du personnel sont bien conformes aux surfaces qu'il avait estimées nécessaires à la 3^e session en 1961 pour l'accomplissement du programme envisagé;

ayant constaté aussi que les plans actuels comportent en plus les locaux annexes nécessaires aux services généraux (tels que chaufferie, soute à combustible, salle de distribution électrique avec transformateurs et stabilisateurs de tension, magasins), l'aménée et l'évacuation des fluides, l'aménagement des abords, les clôtures, etc., et approuvant les dispositions finalement choisies par le Bureau International et ses architectes pour que les bâtiments soient à la fois adaptés à la nature particulière des travaux scientifiques et acceptables par les autorités françaises soucieuses de la conservation du site du Parc de Saint-Cloud;

regrette que les besoins concernant les services généraux, l'implantation imposée par les exigences du site, la différence entre le prix par unité de surface indiqué par les architectes en 1960 et les prix réels résultant en avril 1963 d'un appel à la concurrence, et la hausse importante des prix pendant le délai imposé par les négociations avec les autorités françaises conduisent maintenant à un prix beaucoup plus élevé;

conscient des responsabilités dont le Comité International l'a chargé afin d'être renseigné exactement sur les besoins les plus urgents des États et les moyens de les satisfaire dans le domaine des étalons de mesure des radiations ionisantes;

confirme que le programme prévu, en partie mis en œuvre dès maintenant avec un succès remarquable grâce à la collaboration des laboratoires nationaux et internationaux et aux efforts enthousiastes de l'équipe scientifique recrutée à cet effet par le Bureau International, répond exactement aux besoins des laboratoires nationaux, aussi bien des États en développement que des États les plus fortement industrialisés,

et recommande au Comité International des Poids et Mesures de faire tout son possible pour que le programme prévu soit mis à exécution pleinement et sans restriction dans les délais les plus courts possibles.

Activités futures des Groupes de travail.

Le Comité Consultatif pense que les Groupes de travail doivent continuer d'exister et de travailler selon le mode de fonctionnement préconisé par le Président du Comité Consultatif lors de sa 2^e session. Toutefois, le rôle des Groupes de travail doit changer avec l'augmentation du personnel et le développement du programme mis en œuvre au Bureau International. Les tâches qui s'offrent à eux sont les suivantes :

1. proposer un programme de comparaisons internationales;
2. suggérer des projets de recherche en vue de l'amélioration des mesures;
3. assurer la liaison entre les Laboratoires nationaux et le Bureau International;
4. informer le Bureau International des travaux en cours dans les Laboratoires nationaux par un bref compte rendu lors des réunions des Groupes de travail;
5. discuter les résultats obtenus dans les comparaisons internationales sur la base des rapports rédigés par le Bureau International;
6. faire des suggestions et des recommandations sur la manière d'analyser les résultats des comparaisons internationales et la façon de rédiger les rapports;
7. suggérer des techniques normalisées, dans les cas où il semble possible de le faire.

Certains membres ont exprimé leur inquiétude quant au système actuel de distribution des radionuclides. A cause du nombre élevé des

participants, il est difficile d'obtenir toutes les informations indispensables pour effectuer convenablement l'analyse des résultats. Le rôle du Bureau International étant dirigé vers l'unification et la précision des mesures, le Comité Consultatif demande au Groupe de travail des *Radionuclides Étalons* d'étudier ce problème et de faire les recommandations nécessaires. Le projet suivant a été soumis à ce Groupe de travail pour examen :

1. Le Bureau International collaborera avec un nombre restreint de Laboratoires nationaux, dans le but d'améliorer les mesures au moyen de programmes de recherche coordonnés.

2. Le Bureau International fournira à tous les autres Laboratoires nationaux des sources étalonnées d'après les résultats obtenus par l'exécution du programme précédent.

Dans toutes les comparaisons internationales il est indispensable que les participants utilisent les techniques qu'ils considèrent être les mieux adaptées à un radionuclide donné. Ces comparaisons sont à effectuer au niveau le plus élevé de la métrologie.

Le Comité Consultatif charge également ce Groupe de travail d'examiner la question du mode de transport de sources déposées sur des films minces et de la mesure de certains radionuclides, tels que le ^{58}Co .

Réunions des Groupes de travail.

Le Groupe de travail des *Radionuclides Étalons* doit se réunir vers la fin de 1963.

Le Groupe de travail des *Sources Étalons de Neutrons* se réunira à Sèvres dans le courant de l'été 1964.

Les Groupes de travail *Mesures d'Exposition* et *Étalons de Radium* se réuniront quand le besoin s'en fera sentir.

Unités et symboles des grandeurs relatives aux radiations ionisantes.

Mr TAYLOR, Président de la Commission Internationale des Unités et Mesures Radiologiques (I.C.R.U.), expose les raisons qui sont à l'origine de la publication du Rapport 10a de cette Commission (National Bureau of Standards Handbook 84, 14 nov. 1962). Depuis de nombreuses années la confusion règne dans le domaine des grandeurs et des unités radiologiques. Dans le but d'éclaircir la situation, l'I.C.R.U. a constitué un Comité *ad hoc* « pour examiner les concepts, grandeurs et unités fondamentaux nécessaires à la dosimétrie du rayonnement, et pour recommander un système de concepts et un ensemble de définitions qui soient, dans toute la mesure du possible, cohérents et de portée suffisamment générale pour couvrir les besoins actuels et les besoins

futurs prévisibles ». Mr TAYLOR souligne que ce Rapport reflète l'accord le plus satisfaisant qui soit intervenu sur les principes généraux, à une exception près, parmi les membres de l'I.C.R.U. et ses experts.

Il termine son exposé en signalant que l'I.C.R.U. n'a pas de recommandations particulières à faire au Bureau International.

Pour répondre à une demande du Président, les membres des Groupes de travail avaient été invités à exprimer leur opinion sur les définitions contenues dans le Rapport de l'I.C.R.U. Les réponses varient d'une acceptation totale des grandeurs à l'adoption de quelques-unes seulement. Certains membres désirent y apporter des modifications; d'autres souhaitent que ces définitions soient adoptées provisoirement et examinées à nouveau dans cinq ou dix ans.

Mr le PRÉSIDENT est d'avis d'accorder la priorité aux grandeurs suivantes, nécessaires à l'exécution du programme actuel du Bureau International: 1. *Activité*; 2. *Exposition*; 3. *Densité de flux*.

Mr DE BOER fait remarquer que l'*activité* est une grandeur très importante et que le Comité Consultatif devrait recommander une unité et un symbole. Selon lui, les autres grandeurs peuvent encore faire l'objet d'une étude plus approfondie avant qu'une décision ne soit prise.

Le Comité Consultatif approuve finalement la recommandation suivante, avec une abstention :

RECOMMANDATION R 2 (1)

Le Comité Consultatif recommande que le curie soit retenu comme une unité spéciale d'activité, que son symbole soit Ci et sa valeur $3,7 \times 10^{10}$ secondes à la puissance moins un (s^{-1}).

Dans le domaine de mesure de l'*exposition*, Mr FRÄNZ n'accepte pas le röntgen comme unité spéciale de l'*exposition*. Il désire utiliser le röntgen comme unité pour d'autres grandeurs, telles que la dose d'ions. Le Bureau International ayant à son programme des mesures d'*exposition*, le Comité Consultatif fait la recommandation suivante :

RECOMMANDATION R 3

Dans les travaux du Bureau International des Poids et Mesures, le röntgen est utilisé comme unité spéciale d'exposition. Son symbole est R et sa valeur $2,58 \times 10^{-4}$ coulomb par kilogramme (C/kg).

Cette recommandation est adoptée avec deux abstentions.

(1) A sa 52^e session d'octobre 1963, le Comité International des Poids et Mesures a adopté cette recommandation sous la forme modifiée suivante (*Procès-Verbaux C.I.P.M.*, 1963, 31) :

Le Comité International des Poids et Mesures recommande que le curie soit retenu comme unité spéciale pour l'activité avec le symbole Ci et la valeur $3,7 \times 10^{10} s^{-1}$, la seconde à la puissance moins un (s^{-1}) étant l'unité SI d'activité.

Il convient de souligner que la Recommandation R 3 concerne seulement une unité de travail et la question nécessite encore une étude approfondie.

Le Comité Consultatif adopte le Rapport 10a de l'I.C.R.U. comme document de travail susceptible de faciliter la tâche du Bureau International dans le domaine des radiations ionisantes.

Questions diverses.

Publication des résultats des comparaisons internationales.

Selon l'usage établi au Bureau International, tous les résultats des comparaisons internationales seront publiés, sauf demande expresse émanant d'un laboratoire. Une circulaire sera adressée à tous les laboratoires intéressés pour les informer de cette décision.

Tout participant à une comparaison internationale organisée par le Bureau International peut publier ses propres résultats et sa situation par rapport à la valeur moyenne.

(Sèvres, 9 mai 1963)

ANNEXE 1

RAPPORTS DES GROUPES DE TRAVAIL (1)

I. MESURES D'EXPOSITION

Le Groupe de travail s'est réuni au Pavillon de Breteuil, à Sèvres, les 28 et 29 mars 1962.

Étaient présents: Mr WYCKOFF, Président; MM. GARRETT, HÜBNER, IBARAKI, JAEGER (28 mars), JUDINE (29 mars). Mr ALLISY et Mlle ROUX, invités.

1. Discussion des récentes comparaisons.

A. Comparaison directe des étalons nationaux de doses d'exposition du Canada et des États-Unis d'Amérique (*British Journal of Radiology*, 1962, 35, n° 409, p. 65-70).

Les résultats indiqués dans cet article doivent être corrigés à cause du manque de planéité des plaques de garde et de la plaque collectrice de la chambre du National Bureau of Standards; la moyenne des rapports $\frac{NRC}{NBS}$ devient alors 1,001.

B. Comparaison indirecte des étalons nationaux de doses d'exposition suivants:

- Canada et États-Unis d'Amérique; un rapport sera rédigé et publié.
- Grande-Bretagne, France, Allemagne de l'Ouest et États-Unis d'Amérique (*Acta Radiologica*, 1963, 1, N° 1, p. 57).

Après examen des résultats obtenus le Groupe de travail fait les recommandations suivantes:

- a. Une nouvelle étude approfondie des effets de distorsion de champ et de manque de saturation est souhaitable.

(1) La liste des membres des Groupes de travail est donnée dans *Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Radiations Ionisantes*, 3^e session, 1961, p. 15.

b. Dans les comparaisons ultérieures :

les résultats des étalonnages seront donnés pour chaque polarité du potentiel appliqué à la chambre à parois d'air;

la distorsion du champ sera déterminée immédiatement avant ou immédiatement après les étalonnages;

la planéité des plaques de la chambre d'ionisation étalon sera mesurée juste avant ou juste après les étalonnages;

les corrections de manque de saturation seront aussi faibles que possible et inférieures à un maximum de 0,2 % pour des débits de doses d'exposition n'excédant pas 10 R/min.

La manière d'exprimer la qualité du rayonnement utilisé pour les mesures a été discutée. Dans le domaine des énergies produites par les tubes radiogènes alimentés sous des tensions de 60 kV (filtration moyenne) à 250 kV, il est recommandé d'exprimer la couche de demi-atténuation en aluminium. Il est souhaitable qu'une étude approfondie de ce problème soit menée en tenant compte du rayonnement émis par les sources de ^{60}Co .

2. *Mesures organisées à l'avenir sous les auspices du Bureau International des Poids et Mesures.*

A l'avenir, un laboratoire pourra être aidé par le Bureau International de trois manières différentes :

A. Comme mesure intérimaire, jusqu'à ce que le Bureau International soit doté des installations nécessaires pour organiser les comparaisons, un laboratoire peut demander au Bureau International un instrument de transfert qui a été mesuré dans un autre laboratoire. Selon la précision requise, le demandeur peut désirer que le laboratoire propriétaire de l'instrument effectue une autre mesure à la fin de la comparaison. On obtient ainsi une comparaison entre laboratoires, après correction pour manque de stabilité des instruments de transfert.

Les Laboratoires nationaux des pays suivants : Canada, République Fédérale d'Allemagne, États-Unis d'Amérique, U.R.S.S., ont accepté d'aider le Bureau International dans ce domaine.

B. Quand le Bureau International aura les installations nécessaires, il prendra en charge les mesures de contrôle des instruments de transfert avant et après les comparaisons. Une comparaison entre laboratoires sera possible en établissant le rapport des mesures obtenues dans les laboratoires en question après avoir effectué les corrections de manque de stabilité des instruments de transfert.

C. Le Groupe de travail pense que le meilleur moyen d'effectuer des comparaisons entre les laboratoires est que chaque laboratoire fasse l'acquisition de son propre instrument de transfert, qui pourrait être envoyé au Bureau International. Tous ces instruments pourraient être expédiés simultanément au Pavillon de Breteuil. Le Bureau International pourrait alors comparer tous les instruments et les retourner à leur laboratoire d'origine où la constance des mesures serait vérifiée. Les chambres de transfert feront l'objet de discussions ultérieures.

Entre temps, il est possible que les laboratoires désirent adopter un des types utilisés par le Bureau International. A l'avenir, les différents laboratoires seront certainement en mesure d'y apporter eux-mêmes des améliorations.

En plus des techniques ci-dessus, les instruments de transfert ou les étalons pourront circuler librement entre les laboratoires. De telles comparaisons fourniront des données supplémentaires qui seront utiles dans les comparaisons internationales. Il est nécessaire toutefois que le Bureau International reçoive des informations *détaillées* sur de telles comparaisons, s'il doit en tenir compte dans l'élaboration des résultats des comparaisons internationales.

Dès réception d'une demande de comparaison, le Bureau International adressera au laboratoire intéressé les renseignements nécessaires. Ces renseignements comprendront :

- les détails mentionnés au paragraphe 1.B.b;
- une description des instruments de transfert;
- des formulaires pour la consignation des résultats.

Le Bureau International ne se mettra en rapport qu'avec *un seul* laboratoire reconnu compétent dans un pays donné.

3. *Étalons de doses d'exposition de ^{60}Co et ^{137}Cs .*

Trois méthodes sont reconnues possibles par le Groupe de travail :

- a. chambre d'ionisation absolue à cavité;
- b. chambre à parois d'air;
- c. calorimètre et constante spécifique d'ionisation γ .

Il est recommandé que des études approfondies de chacun de ces problèmes soient effectuées par les Laboratoires nationaux et le Bureau International.

4. *Questions diverses.*

Mr JAEGER (A.I.E.A.) a soumis pour examen une lettre adressée au Directeur du Bureau International et concernant : 1° la publication d'une bibliographie sur la normalisation des mesures de doses d'exposition; 2° la grandeur physique et l'unité de mesure des doses d'exposition pour rayons X et γ d'énergies supérieures à 3 MeV.

Il a été jugé bon de n'entreprendre aucune action avant la publication du prochain rapport de l'I.C.R.U. Il semble en effet que ce rapport contiendra une réponse aux questions soulevées par la lettre de Mr JAEGER.

Au cours des réunions, le Groupe de travail a eu l'occasion de voir les progrès réalisés au Bureau International dans le domaine des radiations ionisantes. Il a approuvé à l'unanimité l'orientation donnée à ce travail et pense que le Bureau International des Poids et Mesures, et plus particulièrement Mr Allisy et son équipe, doivent être vivement félicités pour la qualité du travail accompli et la rapidité avec laquelle les progrès ont été réalisés.

II. RADIONUCLIDES ÉTALONS

Le Groupe de travail s'est réuni au Pavillon de Breteuil les 30 et 31 mars 1962.

Étaient présents : Mr ATEN, Président; MM. BAERG, CAMPION, GRINBERG, JUDINE, MANN, SPERNOL, WEISS.

MM. ALLISY, GARRETT, NAGGIAR et Mlle ROUX, invités.

1. Discussion des récentes comparaisons de radionuclides.

Les radionuclides suivants ont été distribués pour le compte du Bureau International des Poids et Mesures depuis la création de la Section des étalons de mesure des radiations ionisantes :

Radionuclides	Dates	Laboratoires distributeurs	Nombre de participants
³² P	janvier 1961	Centre d'Études Nucléaires de Saclay, France	16
¹³¹ I	avril 1961	National Research Council, Canada	19
⁶⁰ Co	janvier 1962	Institut de Métrologie Mendéléev, U.R.S.S.	21
¹⁹⁸ Au	janvier 1962	National Physical Laboratory, Grande-Bretagne.	25

Un nombre important de pays membres de la Convention du Mètre ont participé à ces comparaisons. Il semble donc que le but essentiel soit atteint, qui est de permettre au plus grand nombre possible de Laboratoires nationaux d'acquérir une expérience dans ce domaine et d'améliorer leurs méthodes de mesure.

Les résultats de plusieurs laboratoires de premier ordre font apparaître des différences de quelques millièmes. Certains membres du Groupe de travail pensent que le moment est donc venu de contrôler les techniques de mesure. Il semble toutefois que la méthode $4\pi\beta$ donne des résultats très peu inférieurs à la méthode des coïncidences $4\pi\beta\text{-}\gamma$. Si les différences sont dues à des erreurs d'étalonnage, il serait utile de comparer les dispositifs électroniques utilisés.

Le Groupe de travail étudie à cette fin la possibilité de faire circuler des sources solides qui permettraient de comparer l'efficacité des compteurs utilisés dans les divers laboratoires. Le ⁶⁰Co est retenu, de préférence au ²²Na. La distribution de la solution ayant servi à la préparation des sources solides semble être une complication inutile.

2. Programme des comparaisons pour 1962-1963.

Les comparaisons internationales de radionuclides représentent un travail assez considérable pour les laboratoires qui y participent et il a été décidé d'en réduire le nombre.

Le programme de 1962 comporte les distributions suivantes :

²⁰⁴Tl mai, National Physical Laboratory, Grande-Bretagne,

³⁵S juin, Centre d'Études Nucléaires de Saclay, France,

⁶⁰Co (sources solides), Bureau Central de Mesures Nucléaires (Euratom).

La distribution du ²⁰⁴Tl présentant quelques difficultés, le Bureau Central de Mesures Nucléaires et le Centre d'Études Nucléaires de Saclay proposent de faire parvenir à Mr CAMPION les informations dont ils disposent à ce sujet.

Les renseignements nécessaires à l'organisation de la comparaison de sources solides de ⁶⁰Co seront rassemblés par le Bureau International et transmis au Bureau Central de Mesures Nucléaires.

Trois comparaisons sont prévues pour 1963 :

- | | |
|--|--|
| ^{241}Am (émetteur α) | janvier, National Bureau of Standards, États-Unis d'Amérique, |
| ^{90}Sr | mai, Physikalisch-Technische Bundesanstalt, République Fédérale d'Allemagne, |
| ^{137}Cs | octobre, National Research Council, Canada. |

Certains membres du Groupe étudient la possibilité d'organiser une distribution de radionuclides dans le but de contrôler la pureté radiochimique ou la période radioactive des solutions. Dans la situation actuelle ce problème semble trop compliqué et d'une importance générale insuffisante pour que le Bureau International s'en occupe dans un avenir immédiat.

Mr SPERNOL émet l'opinion qu'il serait désirable d'expédier, avec les deux ampoules à mesurer, une troisième ampoule contenant la même solution radioactive, mais d'une concentration beaucoup plus élevée, qui pourrait servir au contrôle de la pureté.

Tout en maintenant la règle générale qu'un seul laboratoire par pays peut participer aux comparaisons organisées par le Bureau International des Poids et Mesures (exception faite à l'heure actuelle pour la France et le Canada), il est souhaitable que le plus grand nombre possible de nations membres de la Convention du Mètre y prennent part. Le Groupe de travail recommande que le Bureau International prenne contact avec les pays qui ne figurent pas encore sur la liste de participation aux comparaisons de radionuclides et leur propose le programme de 1963.

Pour faciliter les opérations de dédouanement à l'arrivée des sources dans un pays, certains membres demandent que le laboratoire distributeur communique le numéro du connaissance aérien par télégramme une semaine avant l'expédition des échantillons. Ce laboratoire fournira également aux participants des détails sur l'activité et la composition des solutions à distribuer, ainsi que les schémas de désintégration.

La pureté nucléaire des matériaux distribués sera contrôlée avant l'expédition. Il est utile que les participants effectuent les mêmes contrôles et signalent les éventuelles impuretés radioactives au laboratoire distributeur.

La question de la pureté isotopique des radionuclides distribués est également soulevée car ils sont souvent utilisés à l'état impur : par exemple le ^{137}Cs contient du ^{134}Cs , le ^{198}Au contient du ^{199}Au , et le ^{32}P du ^{33}P . Le Groupe de travail recommande donc d'essayer d'obtenir des radionuclides à l'état pratiquement pur.

3. Résultats des comparaisons.

Les résultats des comparaisons de radionuclides seront désormais adressés au Bureau International des Poids et Mesures, au maximum deux mois après la distribution, une copie étant également expédiée au laboratoire distributeur. Les laboratoires participants sont priés de faire parvenir au Bureau International toutes les informations utiles à l'analyse des résultats et à l'élaboration du rapport.

Le Groupe de travail recommande que les résultats soient ramenés à un seul jour de référence et exprimés en désintégrations par seconde, et non en microcuries.

Le formulaire utilisé actuellement pour la consignation des résultats est à reconsidérer. Mr SPERNOL a soumis au Groupe de travail un formulaire qui contient des données intéressantes mais ne semble pas utilisable par le Bureau International sous sa forme actuelle. Il serait préférable d'avoir un formulaire plus simple, qui pourrait être inspiré de celui contenu dans le Rapport 10c de l'I.C.R.U. (National Bureau of Standards Handbook 86, 1963, tableau 1.4., p. 7). Il y aurait lieu de prévoir une colonne pour les erreurs probables et une autre permettant de comparer les résultats à ceux de mesures antérieures. Toutefois, il est désirable que le formulaire ne comprenne pas plus d'une feuille par laboratoire. Mr SPERNOL est prié d'étudier une nouvelle rédaction du formulaire. Le Groupe de travail estime qu'il n'est pas souhaitable de séparer les résultats des noms des laboratoires qui en sont à l'origine.

Un groupe de l'I.C.R.U. a déjà utilisé les résultats de comparaisons organisées par le Bureau International et les a publiés, sans mentionner qu'il s'agissait de rapports confidentiels. Le Groupe de travail pense que tous les laboratoires peuvent utiliser ces résultats, mais suggère toutefois que le Directeur du Bureau International sollicite cette permission de la part du Comité Consultatif pour les Étalons de Mesure des Radiations Ionisantes.

4. *Questions diverses.*

Dans la matinée du 31 mars une partie des membres du Groupe de travail visite les laboratoires provisoires de la Section des radiations ionisantes et prend connaissance des plans de construction des nouveaux laboratoires.

Au cours de l'année 1962 le personnel du groupe des radionuclides du Bureau International sera augmenté d'une manière appréciable: à partir de mai il y aura un radiochimiste canadien; en octobre le National Bureau of Standards met une des ses collaboratrices à la disposition de la nouvelle Section pour quelques mois; il est possible qu'à la même époque un physicien se joigne au groupe d'étalonnage des radionuclides.

Le Groupe de travail pense qu'il serait utile qu'il se réunisse en 1963 pour discuter le développement des travaux et des responsabilités du Bureau International des Poids et Mesures dans le domaine des comparaisons internationales de radionuclides.

III. SOURCES ÉTALONS DE NEUTRONS

Le Groupe de travail s'est réuni au Pavillon de Breteuil les 7 et 8 décembre 1962.

Étaient présents: Mr GEIGER, Président; MM. AXTON, CASWELL, VON DROSTE, Mme JARITZINA, Mr NETER.

MM. TERRIEN, ALLISY, NAGGIAR, TCHEBOLEV, invités; Mme LAISANE, interprète.

Mr GEIGER indique que le rôle du Groupe, dans le passé, a été d'assister le Bureau International dans l'élaboration d'un programme de travail et dans l'établissement d'un laboratoire. Il estime que, dans l'avenir, le laboratoire du Bureau International doit être plus indépendant vis-à-vis

du Groupe de travail, surtout dans le choix de son programme et de son équipement. La tâche essentielle du Groupe de travail sera de maintenir la liaison du Bureau International avec les Laboratoires nationaux et de discuter les résultats des comparaisons internationales. Mr Allisy confirme ce point.

1. *Activité du Groupe de mesures neutroniques du Bureau International.*

Mr Naggjar indique que le travail du laboratoire des Radiations Ionisantes a commencé en mars 1961 en se fixant un objectif ambitieux : participer aux mesures internationales dès le début de 1962. Grâce à l'apport de divers appareils, les mesures de radioactivité ont été développées et, dès le début 1962, le laboratoire a effectivement participé aux mesures de radioactivité.

A partir de l'été 1962, l'arrivée de nouveaux membres au laboratoire a permis à Mr Naggjar de commencer réellement le travail concernant les mesures neutroniques. La source (α, n) de Ra-Be, du N.R.C., a été prêtée au Bureau International pour deux ans, afin de susciter des comparaisons internationales. La source a été mesurée à Tokyo, Amsterdam et Saclay. Après chaque mesure elle a séjourné au Pavillon de Breteuil pour être comparée à une source témoin (α, n) Ra-Be, prêtée au Bureau International par l'Union Minière du Haut-Katanga. La source est actuellement à Leningrad. Elle ira ensuite au B.C.M.N. (Euratom), à Trombay et à Madrid.

Les mesures de comparaison au Bureau International s'effectuent dans deux cuves : l'une à eau avec un compteur à $^{10}\text{BF}_3$ pour explorer la densité de neutrons, l'autre à sulfate de manganèse pour activation. L'erreur est de $\pm 5/1\ 000$ par les deux méthodes. Les mesures absolues, en cours, s'effectuent par activation de feuilles d'or et activation de manganèse.

Un long compteur du type De Pangher a été reçu du N.R.C. Le but est de mesurer son efficacité en fonction de l'énergie des neutrons. L'expérience a montré que l'importance de la diffusion par les parois du local actuel interdit de bonnes mesures.

Un accélérateur s.a.m.e.s. (150 kV), qui sera employé comme générateur de neutrons, est attendu pour fin décembre. Un faisceau d'hydrogène sera utilisé en premier pour étudier le fonctionnement de la source.

Le Groupe de travail apprécie l'avancement du programme et les résultats obtenus au Bureau International dans un délai très bref.

2. *Comparaison des sources de neutrons.*

		$Q_{\text{lab}}/Q_{\text{NCR}}$
Tokyo (EL)	Comparaison par activation de l'or dans un empilement de graphite	$1,024 \pm 0,031$
Amsterdam (IKO)	Long compteur et activation de Mn	$0,970 \pm 0,035$
Saclay (CENS)	Long compteur et activation de Mn	$1,008 \pm 0,020$

Le Groupe insiste sur la nécessité de publications ou de rapports décrivant les mesures absolues dans les divers laboratoires.

La source N.R.C. reviendra de Leningrad au début de janvier 1963. Elle retournera au Canada après la mesure à l'Euratom en septembre 1963. La publication du Bureau International analysant les résultats sera effectuée avant la fin de 1963.

3. *Choix d'une source étalon.*

La source Ra-Be (α , n) est prêtée par l'Union Minière. Elle peut être considérée comme étalon provisoire. Dans l'avenir il est raisonnable d'avoir des étalons qui ne quittent jamais le Bureau International. Il est, d'autre part, souhaitable d'avoir également une source étalon Ra-Be (γ , n). Le Groupe prend acte de la possibilité de circulation d'une source (γ , n) de 400 mg de Ra du N.P.L., de la source NBS-II (γ , n) de Washington et de la circulation de la source du N.R.C. N° 200-1, pour procéder à des comparaisons sous les auspices du Bureau International, ces sources restant cependant rattachées à leur organisme d'origine. Ces offres et celles qui pourront être faites par d'autres laboratoires suffiront pour couvrir les besoins des comparaisons. Quant au choix d'une source Pu-Be ou Am-Be pour l'avenir, il apparaît que la première est à rejeter à cause du défaut de pureté isotopique du ^{239}Pu .

Le Groupe recommande que le Bureau International s'assure la propriété d'une source Ra-Be (γ , n) et se prépare, en fonction des résultats obtenus dans divers laboratoires, à s'équiper dans l'avenir d'une source ^{241}Am -Be. Il est entendu que les sources du Bureau ne circuleront pas.

Le Bureau International doit prendre auprès de l'Union Minière l'assurance qu'à la fin du prêt, l'achat de la source Ra-Be (α , n) soit acquis.

4. *Efficacité d'un long compteur de précision en fonction de l'énergie des neutrons.*

Une première étape est un étalonnage en quatre points : Ra-Be (α , n), Ra-Be (γ , n), (D, D) et (D, T). Des points supplémentaires sont souhaitables dans la mesure des possibilités expérimentales.

5. *Comparaison du long compteur du Bureau International avec d'autres détecteurs analogues.*

Il semble préférable de mesurer avec ces compteurs l'intensité d'une source (α , n) et d'une source (γ , n) qui circuleraient, plutôt que de déplacer le compteur.

6. *Dosimétrie.*

Le Groupe pense que la dosimétrie des neutrons n'est pas dans l'immédiat du domaine du Bureau International, qui doit s'attacher surtout aux étalonnages de sources et de flux. Le Bureau doit se borner à comparer éventuellement un détecteur étalonné par l'Agence Internationale de l'Énergie Atomique avec ses étalons de flux. La question pourra être revue dans quelques années, suivant l'évolution des techniques et le niveau des moyens dont disposera le Bureau.

7. *Programme du Bureau International pour un proche avenir.*

a. Poursuite du programme en cours.

1. Mesure absolue des sources (α , n) par les deux méthodes.
2. Mesure absolue d'une source (γ , n).
3. S'efforcer d'obtenir que la comparaison de sources ayant des spectres analogues soit effectuée avec une précision meilleure que 5/1 000.
4. Étalonnage du long compteur en quatre points (*cf.* paragraphe 4)

et travail préalable à effectuer sur le générateur de neutrons, notamment étude critique de la méthode de la particule associée et des possibilités de comparaison de cette méthode avec d'autres (protons de recul, bain de manganèse).

b. Nouveaux objectifs.

1. *Empilement modérateur pour flux de neutrons thermiques.* — Le Groupe estime que le Bureau devrait se limiter à envisager, dans un délai de l'ordre de deux ans, d'organiser une comparaison entre les flux étalons de neutrons thermiques existant dans les divers laboratoires. Le Groupe de travail devrait suivre la question par correspondance et procéder éventuellement à l'analyse critique des résultats.

2. *Source de neutrons pulsée.* — La question est de nature technique. L'accélérateur S.A.M.E.S. est susceptible d'une certaine pulsation mais cela n'entraîne pas de nouveaux objectifs pour le Bureau International.

3. *Comparaison de flux de neutrons rapides.* — Le Groupe estime qu'aucun travail urgent supplémentaire n'est pour le moment à prévoir. Le Groupe devra mettre à l'ordre du jour d'une réunion ultérieure une discussion sur les meilleurs instruments de transfert (pour les flux de toutes énergies).

Après un compte rendu de Mr Allisy sur les projets des laboratoires du Bureau International et une discussion sur les installations prévues, le Groupe visite les laboratoires provisoires actuels.

En conclusion, le Groupe estime très souhaitable que le Bureau International profite des enseignements des travaux effectués dans les laboratoires nationaux. Ce résultat peut être partiellement atteint par des visites effectuées par Mr Naggiar dans ces laboratoires, mais plus efficacement par le séjour au Bureau International de membres de ces laboratoires, dans la mesure du possible, et compte tenu de l'impossibilité pour le Bureau International des Poids et Mesures d'en assumer la charge financière.

Lors des prochaines réunions du Groupe de travail, il est souhaitable de prévoir un temps suffisant pour la visite des laboratoires du Bureau International (une demi-journée) et pour l'échange d'informations sur les travaux scientifiques qui sont développés dans les laboratoires des membres du Groupe de travail (une demi-journée).

IV. ÉTALONS DE RADIUM

Le Groupe de travail s'est réuni au Pavillon de Breteuil le 4 octobre 1961.

Étaient présents: Mme KARLIK, Présidente; MM. FRÄNZ, GARRETT, KARAVAEV, LECOIN.

Mr ALLISY, invité; Mme LAPOVOC, interprète.

Le Groupe constate que l'étalon soviétique a déjà été comparé à Bruxelles, mais Mr Lecoin fait observer que la précision avec laquelle il a été mesuré semble mal connue. Dans la même série de mesures étaient inclus l'étalon international de Paris, déposé maintenant au Pavillon de Breteuil, et l'étalon canadien.

Pour arriver à un maximum d'information avec un minimum de mesures le Groupe de travail décide de recommander la procédure suivante :

1^o comparaison de l'étalon soviétique avec l'étalon de la P.T.B. (rattachement de l'étalon soviétique au système normalisé Hönigschmid);

2^o comparaison de l'étalon soviétique à l'étalon international de Paris (deuxième rattachement de l'étalon international de Paris au système);

3^o comparaison de l'étalon soviétique à l'étalon international de Vienne (deuxième rattachement de l'étalon international de Vienne au système).

En outre, la comparaison de l'étalon international de Paris avec un autre étalon du système serait désirable en vue d'un rattachement direct supplémentaire. A cet effet, le Groupe de travail demande au Directeur du B.I.P.M. de faire les démarches nécessaires auprès du Directeur du N.P.L. pour obtenir le prêt de l'étalon du N.P.L.

Le Groupe de travail demande également au Directeur du B.I.P.M. de bien vouloir mettre l'étalon qu'il possède à la disposition de Mr Lecoin et lui donner toutes facilités pour exécuter la comparaison par la méthode calorimétrique.

ANNEXE 2

RÉSULTATS DE LA COMPARAISON DU PHOSPHORE 32

(Janvier 1961)

Bureau International des Poids et Mesures

1. *Laboratoires participant à la comparaison.* — Seize laboratoires ont participé à la comparaison du ^{32}P distribué par le Laboratoire de Mesure des Radioéléments du Centre d'Études Nucléaires de Saclay (France) :

- AECL Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River, Ontario, Canada.
AIEA Agence Internationale de l'Énergie Atomique, Vienne, Autriche.
AWRE Atomic Weapons Research Establishment, Aldermaston, Grande-Bretagne.
BCMN Bureau Central de Mesures Nucléaires, Geel, Belgique.
CENS Centre d'Études Nucléaires, Saclay, France.
IAR Institut für Angewandte Radioaktivität, Leipzig, Allemagne.
IFM Instituto de Física y Matemáticas, Santiago, Chili.
IKO Instituut voor Kernfysisch Onderzoek, Amsterdam, Pays-Bas.
IMM Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Leningrad, U.R.S.S.
KBBG Kernreaktor Bau-und Betriebs-G.m.B.H., Karlsruhe, Allemagne.
LNE Laboratoire National d'Essais, Paris, France.
NBS National Bureau of Standards, Washington, D.C., États-Unis d'Amérique.
NPL National Physical Laboratory, Teddington, Royaume-Uni.
NPRL National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud.
NRC National Research Council, Ottawa, Canada.
PTB Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Allemagne.

2. *Résultats.* — Tous les résultats des mesures d'activité massique ont été ramenés au 17 janvier 1961, 15 h 00 T.U., en adoptant 14,40 jours comme période de décroissance du ³²P.

Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous et à la figure 1 (p. 34). L'étendue de l'erreur totale indiquée dans le rapport du laboratoire participant est représentée en trait plein; dans le cas contraire elle est représentée en trait discontinu.

RÉSULTATS DE LA COMPARAISON DU ³²P

laboratoire	méthode	nombre de sources	activité moyenne le 17.1.61 15h00 T.U. µCi/g	écart-type (standard deviation) %	erreurs systématiques	corrections effectuées (%)						période jours
						mouvement propre (background)	temps mort	absorption		décroissance		
								film	auto-(self)	17 janv.	18 janv.	
AECL	CP	19	10,76	0,05	+0,5	0,01-0,1	0,15-1,5	0,5*	-	1,4-1,8	0,4-1,0	14,3
AIEA	CP	20	10,73	0,1-0,15	*	-	*	-	-	-	-	14,3
AWRE	CP	4	10,74	0,14	0,4	-	0,16	0,0	0,0	4,7-5,9	0,2-0,3	14,22
BCMN	CP	10	10,84	0,3	1,2*	0,2	1-2	0,55	0,2	-	-	14,31
	LS	6	10,83	0,4	1,3*	0,2	1	-	-	-	-	+0,06
CENS	GM	9	10,83	0,1	-	-	-	-	-	-	-	14,3
IAR	CP	4	10,66	0,4	-	1	-	-	-	-	0,8	14,3
	PS	2	10,66	0,2	4,5*	-	-	-	-	5,3	-	-
IFM	CP	4	11,0*	0,07	1,1	-	5	5,4	-	-	-	14,5
IKO	PS	6	11,01	1	-	-	4	-	-	-	-	14,3
	LS	6	10,89	0,7	-	-	4	-	-	-	-	-
IMM	CP	-	10,79	0,2	0,1	0,01	1,2	0,1	0,1	*	*	14,38 +0,03
KBBG	CP	15	10,64	0,3-1	-	-	*	-	-	0	0-0,3	-
LNE	GM	4	10,39	-	0,4*	-	1,5-9	-	-	-	5,6-11,5	-
NBS	CP	-	10,65*	0,1-0,2	-	0,3	2	0,3 à 0,4*	-	-	0,5-1*	14,42
NPL	CP	-	10,64	0,5	*	-	-	-	-	-	-	-
	lon.	-	10,92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NPRL	CP	-	10,80	0,10	-	0,17	0,5	-	-	0-1,5	0-1,5	-
	LS	-	10,85	0,15	*	0,15	0,5	-	-	0-1,5	0-1,5	-
NRC	CP	12	10,66	0,2	1*	0,04	0,5	0	*	2	2	-
PT&	CP	4	10,84	0,15-0,3	1-1,5	0,1	1,5-7,0	-	-	-	-	14,3
	lon.	1	10,84	0,4	2	0,2-1,2	-	-	-	-	-	-

(a) Méthodes utilisées: CP - compteur proportionnel 4π
 LS - liquide scintillant
 PS - plastique scintillant 4π
 GM - compteur Geiger-Müller
 lon. - chambre d'ionisation.

(b) La période soulignée indique qu'il est fait état d'une mesure de période.

* Ce signe renvoie au paragraphe 4.

3. *Préparation des sources.*

AECL	Dilution	: solution mère non diluée et solution diluée à 1/9,151 07.
	Supports	: VYNS.
	Métallisation	: Au, 5 + 20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Mouillant	: Insuline.
	Séchage	: par infrarouge autre film identique formant sandwich.
AIEA	Dilution	: sources sans dilution (10 mg); avec dilution 1/3,5 (30 mg).
	Diluant	: 40 μg $\text{Na}_2\text{HPO}_4/\text{ml}$ H_2O .
	Support	: VYNS, 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Métallisation	: Au, 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ sur les deux faces.
	Mouillant	: 20 mg de solution de Ludox (1 pour 10 ⁴).
AWRE	Diluant	: 19,874 g de 0,1 N HCl pour 0,410 9 g de solution mère.
	Support	: VYNS, 17 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Métallisation	: Au, 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ sur les deux faces.
	Séchage	: par congélation sous vide (freeze-dried).
BCMN	Dilution	: entre 1/1 et 1/3.
	Diluant	: 15 mg $\text{PO}_4\text{Na}_2\text{H}$ pour 1 g de 0,1 N HCl,
	Support	: Al, épaisseur 0,1 mm, diamètre extérieur 32 mm, diamètre intérieur 16 mm.
	Séchage	: par infrarouge.
GENS	Dilution	: 2/250.
	Support	: mince, 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Métallisation	: Au, 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Mouillant	: Tween et Ludox.
IAR	Diluant	: H_2O .
	Support	: GPV, 5 à 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Séchage	: par infrarouge.
IFM	Diluant	: 10,01 ml H_2O pour 1,005 ml solution mère.
	Support	: Al, 1 mg/cm^2 .
	Mouillant	: détergent.
	Séchage	: à l'air libre.
IKO	Diluant	: 11 ml de 0,1 N HCl + 2,5 mg/ml Na_2HPO_4 + 5 ml solution mère.
	Séchage	: par infrarouge.
IMM	Dilution	: solution mère non diluée.
	Support	: celluloïd
	Métallisation	: Au } 30 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Séchage	: à l'air libre.
KBBG	Dilution	: solution mère non diluée.
	Support	: celluloïd
	Métallisation	: Au } 25 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Séchage	: lampe ordinaire.

LNE	Dilution	: 1/100, 1/176,6 et 1/160,8.
	Support	: Therphane 840 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, ou celluloid 20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
NBS	Dilution	: (1) 1/25 de la solution mère; (2) 1/25 de la solution mère.
	Diluant	: (1) 50 mg Na_2HPO_4 par litre 0,001 N HCl; (2) 0,001 m H_3PO_4 .
	Support	: (1) collodion 4 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ + Au 30 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$; (2) Formvar-polystyrène 20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ + Al 200 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Mouillant	: Ludox, 1/10 ⁴ .
	Séchage	: à l'air libre pendant une nuit, plus infrarouge plusieurs heures.
NPL	Dilution	: 1/10.
	Support	: VYNS.
	Séchage	: difficile (attaque des supports en Al ou en Ni).
NPRL	Diluant	: (1) NaH_2PO_4 + 2 N HCl; (2) NaH_2PO_4 + H_3PO_4 + 2 N HCl.
	Support	: VYNS 40 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Séchage	: par lampe.
NRC	Dilution	: 1/5.
	Diluant	: 0,001 m NaH_2PO_4 .
	Support	: VYNS 8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ + Au 30 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$. Pesée d'un compte- gouttes en polythène avant et après dépôt.
	Séchage	: par infrarouge.
PTB	Dilution	: 1/1 ou 1/6.
	Support	: Formvar 10 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ + Au 15 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$.
	Mouillant	: Insuline.
	Séchage	: par infrarouge.

4. Informations indiquées dans les rapports des laboratoires.

- AECL Correction d'absorption totale (auto-absorption et absorption dans le support).
- AIEA L'erreur totale a été estimée à $\pm 0,5$ %.
Le temps mort est de 20 μs (masse des gouttes: environ 10 mg de solution mère).
L'activité massique mesurée pour chacune des deux ampoules reçues diffère de 0,3 %.
L'hypothèse que cet écart pourrait correspondre à une différence d'activité massique dans les deux ampoules est émise.
- BCMN *Compteur proportionnel* 4 π .
L'erreur systématique de 1,2 % est composée de l'erreur sur le temps mort (0,3), sur l'absorption dans le support (0,2), sur l'auto-absorption (0,2), sur la statistique (0,1), sur la préparation de la source (0,2), sur l'efficacité et la géométrie (0,2).
La pureté radiochimique a été appréciée par spectrométrie gamma (impuretés < 0,2 %).
L'absorption par le support a été mesurée par différentes méthodes.
L'auto-absorption est déduite de la dimension des cristaux.

Scintillateur liquide.

La correction d'extrapolation du comptage à tout le spectre, plus celle d'efficacité, du « quenching effect », de l'effet de paroi, de l'absorption, de la sédimentation, de la stabilité de la température, est comprise entre 2 et 10 % et estimée à $\pm 0,5$ %.

L'erreur systématique de 1,3 % est composée de l'erreur sur le temps mort (0,3), sur l'extrapolation (0,5), sur la préparation de la source (0,2), sur la statistique (0,1), et sur la stabilité de l'électronique (0,2).

IAR *Scintillateur plastique.*

L'erreur systématique de 4,5 % est composée de l'erreur sur la géométrie (3,1) et de l'erreur due à l'absorption (1,4).

IFM L'activité est exprimée en $\mu\text{Ci/ml}$. Nous avons calculé l'activité massique indiquée dans le tableau en adoptant 1,00 pour la densité de la solution.

L'erreur systématique de 1,1 % correspond à l'extrapolation de comptage à tout le spectre.

La correction d'absorption résulte d'une mesure d'absorption par différentes méthodes.

L'erreur totale est estimée à 3 %.

IKO Une contribution importante à l'erreur est l'incertitude sur l'extrapolation de comptage à tout le spectre.

IMM Les mesures n'ont pu être effectuées que les 20 et 21 janvier 1961. La période a été déterminée par une mesure qui a duré 20 jours. L'erreur totale est de $\pm 0,5$ %.

KBBG Le temps mort est de 4 μs .

LNE L'erreur systématique indiquée est due à la dilution.

NBS La solution de ^{32}P a été reçue le 17 janvier 1961 dans l'après-midi. Les mesures ont été effectuées le 18.

L'activité est indiquée en $\mu\text{Ci/ml}$. La densité d'une solution mesurée à 24,5 °C a donné 1,00. Nous avons utilisé cette valeur pour le calcul de l'activité massique.

L'absorption a été mesurée sur chacune des sources.

NPL Chaque série présente un écart-type (standard deviation) inférieur à $\pm 0,5$ % et cependant les différentes séries présentent des écarts de 5 à 8 %.

Il a été suggéré que les fluctuations dans les mesures résultent du séchage difficile de la solution distribuée.

Une attaque des supports de nickel ou d'aluminium a été observée.

NPRL *Scintillateur liquide.*

L'extrapolation de comptage a nécessité une correction d'environ 2 %.

NRC L'erreur systématique de 1 % est due à l'auto-absorption.

La correction n'a pas été appliquée mais est indiquée dans le résultat comme erreur par défaut.

L'estimation de l'auto-absorption a été effectuée d'après la méthode de Merritt.

5. *Conclusion.* — Les résultats des seize laboratoires qui ont participé à la comparaison du ^{32}P sont groupés à $\pm 3\%$ de la valeur moyenne. Cependant, treize laboratoires obtiennent un résultat qui est à $\pm 1\%$ de cette moyenne.

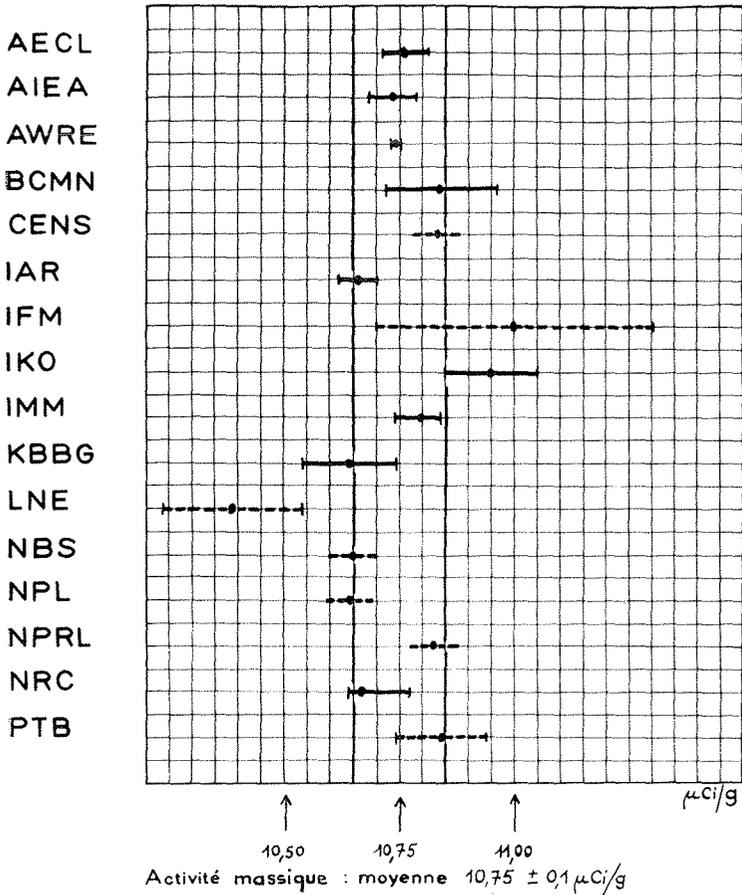


Fig. 1. — Résultats de la comparaison internationale du ^{32}P (17 janvier 1961, 15 h 00 T.U.).

(Juin 1961)

ANNEXE 3

RAPPORT SUR LA COMPARAISON INTERNATIONALE DE L'IODE 131

(Avril 1961)

Par A. P. BAERG

National Research Council (Canada)

Ce radionuclide a été distribué par le National Research Council, Canada, dans le cadre des comparaisons internationales organisées par le Bureau International des Poids et Mesures. Les résultats de la comparaison ont été analysés par le laboratoire distributeur.

PRÉPARATION ET DISTRIBUTION DES ÉCHANTILLONS

L'iode a été expédié à dix-neuf laboratoires (voir liste p. 40) sous forme de solution aqueuse, dans des ampoules scellées en verre neutre. Chaque ampoule contenait une masse de solution d'environ 4 g, connue à 1 mg près, dont l'activité massique était d'environ $10 \mu\text{Ci/g}$ le 20 avril 1961, à 15 h 00 T.U. Chaque laboratoire a reçu deux ampoules numérotées. Les dates prévues pour les mesures étaient les 19, 20 et 21 avril 1961.

La composition chimique de la solution était la suivante :

Na_2SO_3	20 mg/l
LiOH	20 mg/l
KI	50 mg/l

et sa masse volumique $0,9989 \text{ g.cm}^{-3}$ à 20°C .

La stabilité de la solution fut vérifiée en mesurant l'activité massique à diverses reprises pendant une période de 25 jours, au moyen d'un compteur proportionnel 4π ξ . Les sources furent préparées par précipitation de l'iode sous forme de AgI sur des films de VYNS dorés. Les activités massiques mesurées, corrigées pour la décroissance (période = 8,07 jours) ont montré un écart maximal de 0,7 %, se situant donc dans les limites des erreurs de la technique de mesure employée.

La pureté radioactive de la solution fut vérifiée par spectrométrie γ et par mesure de la période. La méthode de spectrométrie γ permettait de comparer les spectres initiaux à ceux obtenus après la décroissance de l'iode. A part cette décroissance de 1/250 aucune différence entre ces spectres γ n'a pu être observée. En outre, les mesures d'une source observée pendant 60 jours, au moyen d'un compteur proportionnel $4\pi\beta$, ont donné une période de $(8,07 \pm 0,01)$ jours.

Les 42 ampoules préparées furent toutes remplies en 2 heures. Pour empêcher la concentration de la solution à mesure que le niveau baissait, on introduisit de l'air humidifié au-dessus de la solution.

La durée moyenne de préparation d'une ampoule (remplissage et scellement) fut de 3 minutes. La vitesse d'évaporation de la solution dans une ampoule ouverte était de 0,01 mg/min et la perte de masse due au scellement de 0,6 mg. Il en a été tenu compte dans l'évaluation de la masse de chaque ampoule.

Pendant les jours fixés pour les mesures, le laboratoire distributeur a mesuré l'activité des solutions N^{os} 1, 15, 38 et 39. Aucune variation de l'activité massique n'a été observée, dans la limite de l'écart-type ($< 0,2\%$).

RÉSULTATS

Les résultats des mesures soumis par seize laboratoires sont présentés dans le tableau I et la figure 1. Les activités moyennes indiquées sont les moyennes de toutes les mesures faites d'après une méthode donnée, ou avec la solution d'une ampoule donnée, ramenées au 20 avril 1961, à 15 h 00 T.U., en adoptant 8,07 jours comme période. (La moyenne et l'écart-type (standard deviation) ont été calculés en supposant que les sources ont été préparées séparément pour chacun des jours où l'on a effectué des mesures).

Les méthodes de mesure suivantes ont été utilisées pour cette comparaison :

- $4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP) compteur proportionnel 4π employé comme détecteur β dans un système à coïncidences.
- $4\pi\beta\text{-}\gamma$ (LS) compteur à scintillation liquide 4π employé comme détecteur β dans un système à coïncidences.
- $4\pi\beta\text{-}\gamma$ (LSF) scintillateur liquide 4π (sur papier filtre) employé comme détecteur β dans un système à coïncidences.
- $4\pi\beta\text{-}\gamma$ (PS) compteur à scintillation plastique 4π employé comme détecteur β dans un système à coïncidences.
- $4\pi\beta$ (CP) compteur proportionnel $4\pi\beta$.
- $4\pi\beta$ (LS) compteur à scintillation liquide $4\pi\beta$.
- 4π (CI) chambre d'ionisation 4π .
- $4\pi\beta$ (GM) compteur Geiger-Müller $4\pi\beta$.

Le tableau II et les notes explicatives donnent les valeurs pour chaque jour de mesure, ainsi que les erreurs, corrections et remarques sur les techniques utilisées.

TABLEAU I

Laboratoire	Méthode	Ampoule numéro	Nombre de sources inclues dans la moyenne	Activité moyenne 15.00 T.U. 21 avril 1961 ($\mu\text{Ci/g}$)	Ecart-type (%)
AECL	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	19, 20	28	10,302	0,026
BCMN	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	10, 11	16	10,21	0,10
	$4\pi\beta$ (CP)		14	10,20	0,10
	$4\pi\beta$ (LS)		10	10,16	0,15
DAECRE	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	32, 33	4	10,406	1,0
E L	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	40, 41	13	10,369	0,16
	$4\pi\beta$ (CP)		30	10,229	0,47
GWI	$4\pi\beta$ (CP)	34, 35	15	10,270	0,25
AIEA	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	8, 9	30	10,293	0,03
IAR	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	13	6	10,569	0,8
	$4\pi\beta$ (CP)	12	6	10,170	0,5
	$4\pi\beta$ (CP)	13	6	10,160	0,4
IFM	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	14	17	10,371	0,13
	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	16	15	10,345	0,23
IKO	$4\pi\beta\gamma$ (LS)	21, 22	5	10,424	0,39
	$4\pi\beta\gamma$ (LSF)		5	10,281	0,21
	$4\pi\beta\gamma$ (FS)		5	10,274	0,08
	$4\pi\beta$ (LS)		5	10,284	0,19
K R	$4\pi\beta$ (CP)	4, 5	20	10,315	0,28
LNE	$4\pi\beta$ (GM)	27, 28	119 (?)	10,52	1,5
NBS	$4\pi\beta$ (CP) (a)	6	12	10,435	0,14
	$4\pi\beta$ (CP) (b)	6	15	10,419	0,19
	4π (CI)	7	(3)	10,407	0,026
NPL	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	17	10	10,317	0,045
	$4\pi\beta$ (CP)	17	20	10,322	0,048
	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	18	10	10,345	0,20
	$4\pi\beta$ (CP)	18	20	10,328	0,028
NPRL	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	2, 3	14	10,255	0,12
	$4\pi\beta\gamma$ (LS)		14	10,161	0,11
NRC	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	1, 15 38, 39	10	10,307	0,078
PTB	$4\pi\beta\gamma$ (CP)	23, 24	14	10,362	0,08
	$4\pi\beta$ (CP)		12	10,338	0,12
	4π (CI)		2	10,362	0,1

TABLEAU II

Lab. et numero ampoule	Méthode	Date mesure (avril 61)	Nombre de sources	Activité 15.00 TU ($\mu\text{Ci/g}$)	Ecart-type (%)	Erreur totale (%)	Erreurs des résultats individuels (%)			Corrections appliquées aux résultats individuels (%)									
							statistiques		systématiques	décroissance $T_{1/2}$ (jours)	mouvement propre (m.p.)	temps mort (t.m.)	coïncid. accid. (c.a.)	absorption					
							comptage	autres											
AECL 19,20	4 $\pi\beta\gamma$ (CP)	19	5	11,225	0,04	0,1	} 0,04-0,1	} 0-0,2	} < 0,1	1,8-2,2	0,2-1,0	0,05-0,3	0,1-0,7						
		20	12	10,302	0,04	0,2									} mode de désintégration	0-1,0 (8,05)	0,2-1,5	0,05-0,4	0,1-1,0
		21	11	9,454	0,05	0,2													
BCMN	4 $\pi\beta\gamma$ (CP) 4 $\pi\beta$ (CP) 4 $\pi\beta$ (LS)	17/4-15/5	16	10,21 (20/4)	0,10	1,0	0,1-1,5	} voir notes		0-1000 (8,05)	2-20	< 0,1	< 1	0,2-1,5					
		"	14	10,20 "	0,10	1,5	< 0,2								< 0,2	0,5-2	< 0,1		
		"	10	10,16 "	0,15	1,6	< 0,2								< 0,3	< 0,3	< 0,1		
DAECRE 32,33	4 $\pi\beta\gamma$ (CP)	26/4-2/5	4	9,55 (21/4)	1,0	1,5	2		1,0 aliquote et $T_{1/2}$	≈ 100 ?	25								
E L 40,41	4 $\pi\beta\gamma$ (CP)	19	5	11,316	0,3	1,2	0,5	0,2	0,5	* (8,07)	*	*	*						
		20	4	10,354	0,1	1,2	0,5	0,2	0,5										
		21	4	9,511	0,4	1,2	0,5	0,2	0,5										
	4 $\pi\beta$ (CP)	19	10	11,170	1,0	2,1	0,1	1,0	1,0					2,5					
		20	10	10,227	0,4	2,1	0,1	1,0	1,0					2,5					
		21	10	9,370	1,0	2,1	0,1	1,0	1,0					2,5					
GWI 34,35	4 $\pi\beta$ (CP)	19	3	11,10	0,4	+2,0	} < 0,1	} 0,2-0,4	} pesée	0,6-1,2	0,3-0,6	2,5-5,0	2,5-5,0	0,5					
		20	6	10,27	0,4	-1,0									0,2-0,6 (8,06)	0,3-0,6	2,5-5,0	0,5	
		21	6	9,46	0,4										0-0,6	0,3-0,6	2,5-5,0	0,5	
AIEA 6,9	4 $\pi\beta\gamma$ (CP)	19 20	30	10,293	0,03	1,0	< 0,15		0,5 mode de désintégration 0,2 pesée	10 (8,08)	3,8-8,0 0,1/3	0,8-0,13	0,07-0,16						
IAR 13 12 13	4 $\pi\beta\gamma$ (CP) 4 $\pi\beta$ (CP) 4 $\pi\beta$ (CP)	20	6	10,568	0,8	2,0	0,9	0,1	0,7	0,5-2,0	3,0-5,0			3,4 auto 0,1 film					
		20	6	10,170	0,5	1,5	0,3	0,1	0,7						0,5-1,0 (8,14)	0,5-1,0			
		20	6	10,159	0,4	1,5	0,3	0,1	0,7						0,5-1,0	0,5-1,0			
IFM 14	4 $\pi\beta\gamma$ (CP)	19	5	11,236	0,13		0,14	}	}	0,1-0,3	0,15/3 26,6 γ	} 0,007	1,3						
		20	6	10,386	0,34		0,15								0,1-0,3 (8,05)	0,15/3 27,6 γ	1,4		
		21	6	9,549	0,13		0,17								0,1-0,3	0,19/3 29,7 γ	1,5		
IFM 16	4 $\pi\beta\gamma$ (CP)	19	5	11,236	0,43		0,14	} + 2,45	} mode de séchage	0,1-0,3	0,15/3 27,0 γ	} 0,007	1,3						
		20	5	10,381	0,50		0,14								0,1-0,3 (8,05)	0,15/3 27,5 γ	1,4		
		21	5	9,489	0,32		0,16								0,1-0,3	0,19/3 29,8 γ	1,5		
IKO 21,22	4 $\pi\beta\gamma$ (LS) 4 $\pi\beta\gamma$ (LSF) 4 $\pi\beta\gamma$ (PS) 4 $\pi\beta$ (LS)	19	5	11,359	0,39	1,0	0,4	0,9	0,6 (0,1 temps coïnc. et 0,5 m.p.)	-0,6-+1,6	0-1,0	0,3	≈ 6						
		20	5	10,281	0,21	0,3	0,4	0,4	0,1 temps coïnc. m.p.)	0,2-1,6 (8,07)	0-1,0	1,0	≈ 6						
		21	5	9,426	0,06	0,2	0,4	0,2	0,1	-0,2-+2,1	0-1,0	1,0	≈ 6						
		19	5	11,206	0,19	0,4	< 0,1	0,4	0,2 extrapolation	-0,6-+1,6	0-1,0	≈ 7							

K R 4, 5	4π/β(CP)	19 20 24	ε ε 4	11,239 10,307 7,33	0,26 0,57 0,096					?	*	*	+ 2,5 - 2,5 + 2,5	
LNE 27, 28	4π/β(GM)	20 21	119(?)	0,52 (20/4)	1,5	2,0			0,2 pesée 0,3 dilution	1,5-9,0	1,7-3,4	6,5-12	0,2	
NBS 6	4π/β(CP) _a	19 20 21	5 4 3	11,349 10,427 9,619	0,2 0,2 0,3	} 0,6	} <0,1	} 0,02 pesée 0,1 microburette 0,1 auto-absorption 0,3 période (T _{1/2})	0,3-2,6	≈ 0,2	≈ 1,7	} 1,0 film } 1,5 auto		
6	4π/β(CP) _b	19 20 21	6 4 5	11,349 10,419 9,566	0,3 0,5 0,3				} 0,6	} <0,1	0,1-1,7(8,075)		≈ 0,2	≈ 1,5
7	4π(CI)	19 20 21	1 1 1	11,343 10,411 9,546		} 1,1	} 0,1	1,0 calibration			≈ 0,3 ≈ 0,3 ≈ 0,6	≈ 0,3 ≈ 0,6 ≈ 1,0	≈ 1,7 ≈ 1,5 ≈ 1,4	} 1,0 film } 2,9 auto
NPL 17	4π/β(CP)	20 21	5 5	10,320 9,465	0,08 0,05			0,21	0,05	0,10 pesée 0,20 m.p. 0,01 dilution 0,02 t.coïnc. 0,05 c.a.	} 0,01 décroissance } 0,10 mode de désintégration	0-2,0 (8,04)	10	
18	4π/β(CP)	20 21	5 5	10,397 9,446	0,20 0,15	0,21	0,05	0,01 dilution 0,10 pesée 0,03 m.p. 0,10 t.m.	0-2,0 (8,04)	10		0,2	1,0	
17	4π/β(CP)	20 21	10 10	10,323 9,472	0,07 0,07	} +0,84- -1,84	} 0,15	0,01 décroissance 0,8-1,6 absorption	0-2,0 (8,04)	0,25		0,5		+ 2,4
18	4π/β(CP)	20 21	10 10	10,326 9,479	0,05 0,03					0-2,0 (8,04)		0,25	0,5	
NPRL 2, 3	4π/β(CP)	20 21	7 7	10,243 9,422	0,18 0,14	0,18 0,14	0,38			?	0,1β 10 γ coïnc. 0,18		0,12	
	4π/β(LS)	20 21	7 7	10,135 9,349	0,12 0,11	0,12 0,11	0,39			?	0,15β 14 γ coïnc. 0,10		0,21	
NRC 1, 15, 36, 38	4π/β(CP)	19 20 21	4 2 4	11,222 10,306 9,468	0,16 0,16 0,09	0,5 0,5 0,5	0,1β	0,2 coïnc. et	0,3 mode de désintégration	<2,0 (8,07)	<0,05β <5,0 γ	<0,1	<0,15	
PTB 23, 24	4π/β(CP)	20	14	10,352	0,08	0,5	0,1-0,2	0,1	0,1 pesée, <0,2 c.a.	0-2	β 0,03	0,1-0,2	0,4-1,7	2,5
	4π/β(CP)	20	12	10,336	0,12	1,0	0,05-0,1	0,3	0,1 pesée, 0,5 absorp.	0-2 (8,05)	γ 1,0-3,0	0,3-0,7,0		
	4π(CI)	18	2	10,352 (20/4)	0,10	0,7		0,2	0,2 t.m.	19	0,01 2			
									0,5 étalonnage					

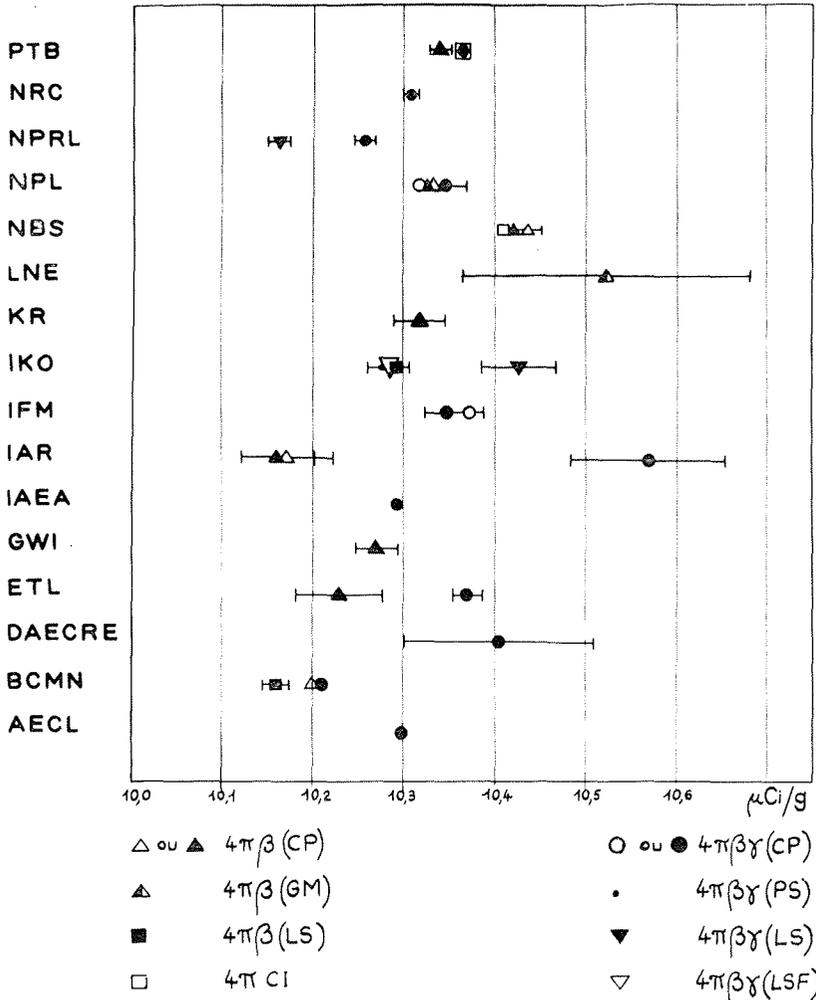


Fig. 1. — Résultats de la comparaison internationale de ¹³¹I (20 avril 1961, 15 h 00 T.U.).

Liste des laboratoires ayant participé à la comparaison de l'Iode 131.

- AECL Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River, Canada.
- AWRE Atomic Weapons Research Establishment, Aldermaston, Royaume-Uni.
- BCMN Bureau Central de Mesures Nucléaires, Geel, Belgique.
- DAECRE Danish Atomic Energy Commission, Risø, Danemark.
- EL Electrotechnical Laboratory, Tokyo, Japon.
- GWI The Gustaf Werner Institute for Nuclear Chemistry, Uppsala, Suède.

AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique, Vienne, Autriche.
IAR	Institut für Angewandte Radioaktivität, Leipzig, Allemagne.
IFM	Instituto de Fisica y Matematicas, Santiago, Chili.
IKO	Instituut voor Kernfysisch Onderzoek, Amsterdam, Pays-Bas.
KIA	Institutt for Atomenergi, Kjeller, Norvège.
KR	Isotopen-Laboratorium der Kernreaktor Bau- und Betriebs-G.m.B.H., Karlsruhe-Leopoldshafen, Allemagne.
CENS	Centre d'Études Nucléaires de Saclay, Gif-sur-Yvette, France.
LNE	Laboratoire National d'Essais, Paris, France.
NBS	National Bureau of Standards, Washington, États-Unis d'Amérique.
NPL	National Physical Laboratory, Teddington, Royaume-Uni.
NPRL	National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud.
NRC	National Research Council, Ottawa, Canada.
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Allemagne.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

Des méthodes très différentes ont été utilisées par les laboratoires participant à la comparaison et, bien que l'iode 131 soit peut-être un nuclide très difficile à étalonner du point de vue de la préparation des sources, la variation maximale des valeurs rapportées est inférieure à 4 %. Les résultats de douze des seize laboratoires présentent une dispersion de 1,5 % seulement.

Cette dispersion ne peut pas être attribuée à une méthode plutôt qu'à une autre. Il semble donc que, dans les limites établies par le mode de désintégration nucléaire, les diverses méthodes employées soient approximativement d'égale valeur.

Il faut noter cependant que toutes les mesures faites par le compteur proportionnel $4\pi\beta$ ont été corrigées pour l'absorption. La méthode employée pour obtenir le facteur de correction a été indiquée dans trois cas seulement. Les valeurs non corrigées constituent un groupe distinct de celles obtenues par les méthodes de coïncidences et la moyenne de ce groupe est inférieure d'environ 3 % à la moyenne générale. Les valeurs non corrigées indiquent une variation maximale de 4,1 %. La correction pour l'absorption a augmenté la moyenne de ce groupe d'environ 2,7 % et réduit la variation maximale à 3,5 %. Cette variation peut être comparée à 3,6 % qui est la variation pour toutes les valeurs obtenues par les méthodes de coïncidences. Les renseignements transmis par les laboratoires participants ne permettent pas d'établir l'origine des autres variations pour les résultats obtenus par les compteurs proportionnels $4\pi\beta$.

Il semble que la variation des résultats obtenus par les méthodes de coïncidences puisse s'expliquer par les erreurs systématiques dues au

schéma de désintégration complexe (jusqu'à 0,5 %), et par les erreurs statistiques. Il devrait être possible de réduire celles-ci en apportant plus de soin à la dilution, à la préparation des aliquotes et au calcul des résultats. Il serait alors intéressant d'étudier la variation des résultats pour un nuclide, tel que le cobalt 60 qui est chimiquement stable et dont le schéma de désintégration est simple.

Il est possible également que la dispersion des résultats soit due à certains appareils électroniques utilisés. Il est bien connu, par exemple, que les amplificateurs linéaires, presque toujours employés pour le comptage proportionnel, sont fortement surchargés puisque la gamme des amplitudes des impulsions s'étend de 1 à 100 ou 1 000. Il serait nécessaire de connaître les caractéristiques des appareils utilisés par les laboratoires pour faire une analyse critique des divers systèmes de comptage.

NOTES SUR LES TECHNIQUES DE MESURE

A.E.C.L.

$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP). — Une aliquote de solution préparée par précipitation de AgNO_3 fut déposée sur un support de vVNS doré et traité à l'insuline (vVNS $\approx 5 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, Au $30 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). La source fut ensuite séchée à l'infrarouge et recouverte d'un second support semblable au premier.

B.C.M.N.

$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP). — Les sources furent préparées par précipitation de AgNO_3 , observées au microscope et pesées. Des supports en plastique d'une masse surfacique totale de 30 à 40 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ et dorés sur les deux côtés (Au $\approx 15 \mu\text{g}/\text{cm}^2$) furent employés. Les erreurs, systématiques et autres, sont les suivantes :

préparation des sources 0,2 %

corrections individuelles mesurées, calculées ou estimées :

comptage du $^{131\text{m}}\text{Xe}$ (corrections < 0,3 %)	0,2 %	}	0,5
mesure du temps	0,1		
conversion, rayonnement de freinage, coïncidences accidentelles, efficacité γ du compteur β	0,2		

Les corrections ci-dessus étaient de 0,2 à 1,0 %.

$4\pi\beta$ (CP). — Même préparation que ci-dessus. Les erreurs, systématiques et autres, sont les suivantes :

préparation des sources 0,2 %

pente du plateau de comptage 0,1

corrections individuelles mesurées, calculées ou estimées :

temps mort	0,2 %	}	1,0
mesure du temps	0,1		
évaporation	0,1		
comptage du $^{131\text{m}}\text{Xe}$ (correction 0 à 0,3 %)	0,2		
absorption par le support (correction 0,5 à 0,7%) ..	0,1		
auto-absorption	0,3		

La correction d'absorption par le support fut obtenue par extrapolation à une épaisseur zéro, celle de l'auto-absorption par extrapolation à une quantité d'entraîneur zéro, par le calcul théorique et par la dispersion.

Les sources furent dissoutes dans deux scintillateurs différents ($\approx 25 \text{ cm}^3$) à base de dioxane et de toluène. Les spectres intégraux furent extrapolés au seuil de détection zéro.

Les erreurs, systématiques et autres, sont les suivantes :

préparation des sources.....	0,2 %	
extrapolation (y compris effets de température, auto-absorption, dérive du zéro du discriminateur, effet de « quenching », effets de parois).....	0,4	
corrections individuelles, mesurées, calculées ou estimées :		
pertes de comptage	0,2 %	} 0,8
mesure du temps	0,2	
évaporation et sublimation (correction mesurée 0,1 %) ..	0,1	
comptage de $^{131\text{m}}\text{Xe}$ (correction zéro, mesurée par variation de l'âge de la source)	0,2	
non-linéarité de l'extrapolation (correction 0,3 %, mesurée avec des spectres différentiels)	0,1	

La période radioactive fut déterminée par les trois méthodes et évaluée à $8,05 \pm 0,03$ jours (erreur maximale sans correction pour le Xe). Les impuretés furent estimées par les spectres β et γ comme étant inférieures à 0,2 %, en se basant sur des énergies supérieures à 10 keV.

D.A.E.C.R.E.

$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP). — Les sources furent préparées par précipitation et évaporation (à la température ambiante) sur des supports de Formvar $\approx 100 \mu\text{g}/\text{cm}^2 + \text{Ag} \approx 10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (diamètre des sources 8 mm). Les aliquotes furent déposées à l'aide d'une pipette volumétrique. Les mesures furent effectuées les 26 avril et 2 mai et les résultats ramenés au 21 avril 1961.

E.L.

$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP). — Les aliquotes furent déposées sur des supports de vVNS dorés, et pesées (vVNS $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, Au $15 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Les sources, d'un diamètre d'environ 6 mm, furent séchées dans un dessiccateur à gel de silice; un détersif ($0,1 \text{ mg}/\text{cm}^3$) fut ensuite déposé sur la source qui fut séchée à nouveau dans le dessiccateur. Un cristal de NaI de $3,8 \times 2,5 \text{ cm}$ fut utilisé comme détecteur de rayons γ .

seuil de détection γ : 170 keV
 mouvement propre : β $1,33 \text{ s}^{-1}$, γ $0,83 \text{ s}^{-1}$, c $0,117 \text{ s}$
 temps mort : β $2 \mu\text{s}$, γ $1,7 \mu\text{s}$
 coïncidences fortuites : $0,00017 \text{ s}^{-1}$.

$4\pi\beta$ (CP). — Même préparation que ci-dessus.
 mouvement propre : 1 s^{-1}
 temps mort : $1,9 \mu\text{s}$.

G.W.I.

$4\pi\beta$ (CP). — 7 à 14 mg de la solution active furent pesés sur un support de source (vVNS 5 à $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$, Au $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$). Un cercle de 8 à 10 mm

de diamètre fut formé au centre avec de l'insuline (20 UI/g) dont la plus grande partie fut ensuite enlevée. 10 mg de Ludox SM dilué 1 : 10⁴ et 5 mg de solution de AgNO₃ 0,003 N furent ajoutés à la solution. Séchage à l'infrarouge et dans un courant d'air. Le support métallique fut refroidi à l'eau et protégé contre l'infrarouge. On a remarqué une légère contamination du compteur après les mesures, ce qui indique qu'environ 0,03 % de l'activité totale comptée provenait de la contamination du compteur.

Comme l'auto-absorption ne pouvait pas être déterminée avec précision, on a adopté une erreur totale comprise entre + 2 % et - 1 %.

A.I.E.A.

4 π β-γ (CP). — La solution fut diluée à 1 : 3 et les aliquotes pesées; la pipette traitée au silicone fut pesée avant et après le prélèvement de la goutte. On a utilisé environ 20 mg de solution de AgNO₃ (50 μg/ml) et 20 mg de solution de Ludox dilué à 1 : 10⁴. Le support de source était un film de VYNS doré sur les deux côtés (VYNS 10 μg/cm², Au 10 μg/cm²).

Constantes atomiques et nucléaires :

coefficients de conversion interne : $\alpha_{364} < 0,02$, $\alpha_{284} < 0,06$;
rayonnement β de 812 keV : < 1 %.

On a supposé que le ^{131m}Xe s'évapore avant la transition isomérique.

I.A.R.

4 π β-γ (CP). — Des quantités de 6 à 7 mg de solution originale furent déposées sur des films de chlorure de polyvinyle dorés, d'une masse surfacique totale d'environ 10 μg/cm². La masse prélevée fut déterminée par extrapolation et les sources séchées à l'infrarouge.

4 π β (CP). — Les sources furent préparées comme ci-dessus avec 30 à 32 mg de solutions diluées à 1 : 32,226 et 1 : 32,862 à partir des ampoules Nos 12 et 13 respectivement. La correction pour l'auto-absorption (3,4 %) a été obtenue en employant la courbe A de Campion, Taylor et Merritt (Metrology of Radionuclides, 1960, p. 234).

Constantes atomiques nucléaires :

correction due à la conversion interne et au ^{131m}Xe : 0,7 %.

I.F.M.

4 π β-γ (CP). — Des aliquotes de 0,05 ml furent déposées avec un excès de AgNO₃ provenant d'une dilution à 1 : 10. Le diluant employé avait la même composition chimique que la solution originale. La source avait une superficie de 1 cm² et son support était une pellicule d'aluminium (1 mg/cm²) mouillée avec un détersif. Les sources préparées à partir de l'ampoule N° 14 furent séchées lentement à l'air, tandis que celles de l'ampoule N° 16 furent séchées au soleil. L'erreur systématique (+ 2,45 %) fut évaluée en comparant différentes techniques de séchage. Les activités des sources étaient d'environ 1 700 s⁻¹.

I.K.O.

4 π β (LS). — Des quantités d'environ 50 mg de solution furent pesées et les masses corrigées pour l'évaporation. Les prélèvements furent ensuite dissous dans la solution du scintillateur

(toluène 80 %, alcool 20 % + PPO 4 g/l + POPOP 0,4 g/l).

Deux courbes polarisées (7 points chacune avec une erreur statistique de 0,15 % pour chaque point) furent établies

$$\varepsilon_{\beta_{\max}} = 0,95, \quad \varepsilon_{\beta_{\min}} = 0,88.$$

Une extrapolation linéaire à l'amplitude zéro fut faite.

$4\pi\beta$ - γ (LS). — Même préparation que ci-dessus.

$$\varepsilon_{\beta} = 0,95, \quad \varepsilon_{\gamma} = 0,04.$$

$4\pi\beta$ - γ (LSF). — Des quantités d'environ 50 mg furent pesées sur un papier filtre de 2,5 cm de diamètre et les masses corrigées pour l'évaporation. Ces sources furent séchées à l'infrarouge et placées directement sur la photocathode avec 7 à 8 gouttes d'isopropylidiphényl + 4 g/l PPO + 0,4 g/l POPOP.

$$\varepsilon_{\beta} = 0,91, \quad \varepsilon_{\gamma} = 0,13.$$

$4\pi\beta$ - γ (PS). — Des quantités d'environ 50 mg furent pesées sur un scintillateur en plastique (2 cm de diamètre, 0,1 mm d'épaisseur) et les masses corrigées pour l'évaporation. Les sources furent séchées à l'infrarouge, puis recouvertes d'un autre scintillateur plastique et placées sur la photocathode.

$$\varepsilon_{\beta} = 0,90, \quad \varepsilon_{\gamma} = 0,13.$$

K.R.

$4\pi\beta$ (CP). — Des sources d'environ 8 mm de diamètre furent préparées par pesée sur un support en celluloïd doré traité à l'insuline (30 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$), puis séchées sous une lampe. Un temps mort de 0,11 μs est indiqué.

L.N.E.

$4\pi\beta$ (GM). — Les sources furent préparées par pesée sur des supports d'acétochlorure de polyvinyle (Rhodopas A \times 90-10; 8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) dorés (5 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$) et traités à l'insuline (5 UI/ cm^2). Diamètre des sources 7 mm. Séchage à l'infrarouge. L'entraîneur avait la même composition que dans la solution originale.

N.B.S.

$4\pi\beta$ (CP). — Des sources d'un diamètre d'environ 10 mm furent préparées à partir d'une solution diluée à 1 : 25 de l'ampoule N° 6 en déposant des quantités de 0,05 ml sur des supports de collodion doré (collodion \approx 8 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$, Au \approx 12 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Pour les sources des groupes (a) et (b) ce laboratoire utilisait deux et quatre fois la quantité stœchiométrique de AgNO_3 . La matière radioactive fut déposée au moyen d'une ultramicroburette et les sources furent séchées pendant la nuit, mesurées, recouvertes d'un autre support, puis mesurées à nouveau. La correction pour l'auto-absorption fut déterminée en comparant le rapport des taux de comptage β à γ pour chaque série de sources à ce même rapport obtenu à partir de sources préparées sur des supports de collodion fraîchement recouverts d'argent. La matière radioactive fut déposée sur le film argenté; au bout de 10 minutes la solution restante fut enlevée et la source lavée deux fois à l'eau.

N.P.L.

$4\pi\beta$ - γ (CP) et $4\pi\beta$ (CP). — Les sources furent préparées par gravimétrie à l'aide d'un pycnomètre pesé avant et après le dépôt de la solution. On

ajouta à chaque source déposée environ 20 mg d'une solution de AgNO_3 à 150 $\mu\text{g/g}$ pour précipiter l'iode. Les sources furent déposées sur un support de VYNS doré (masse surfacique totale 20 $\mu\text{g/cm}^2$) et séchées dans un dessiccateur.

N.P.R.L.

$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP). — Des aliquotes de 0,05 g furent pesées sur des supports de VYNS dorés (50 $\mu\text{g/cm}^2$). Après addition d'une solution de AgNO_3 les sources furent séchées sous une lampe.

$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (LS). — Des aliquotes de 0,05 g furent pesées et dissoutes dans 12 ml de scintillateur liquide (xylène 85 %, alcool 0,15 %, PPO 14 g/l, POPOP 0,5 g/l).

N.R.C.

$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP). — Les sources furent préparées au moyen d'un pycnomètre en polyéthylène pesé avant et après dépôt de 20 à 30 mg d'une dilution d'environ 1/10 de la solution originale sur des supports de VYNS dorés (masse surfacique totale 20 $\mu\text{g/cm}^2$). Le diluant avait la même composition chimique que la solution originale. On a employé environ deux fois la quantité stœchiométrique de AgNO_3 pour précipiter l'iode. Séchage à l'infrarouge.

Équipement : compteur proportionnel $4\pi\beta$ (méthane) et deux cristaux de NaI de 5×5 cm.

Fenêtre γ : 0,24 à 0,8 MeV.

Temps de résolution du dispositif à coïncidences : 0,75 μs .

Efficacité $\beta(\epsilon_\beta)$ observée : $97,66 \pm 0,10$ %.

Une correction de 0,07 % a été appliquée pour la conversion interne.

P.T.B.

$4\pi\beta$ (CP) et $4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP). — Des sources de 6 à 30 mg furent préparées à partir de la solution originale et leur masse déterminée par pesée (courbe d'évaporation). L'iode fut précipité avec AgNO_3 et les sources (5 à 7 mm de diamètre) déposées sur des supports de Formvar dorés et traités à l'insuline (Formvar 10 $\mu\text{g/cm}^2$, Au 15 $\mu\text{g/cm}^2$). Séchage à l'infrarouge.

(23 juin 1961)

ANNEXE 4

RAPPORT SUR LA COMPARAISON INTERNATIONALE DE L'OR 198

(Janvier 1962)

Par P. J. CAMPION

National Physical Laboratory (Royaume-Uni)

INTRODUCTION

Les sources de ^{198}Au ont été expédiées à 25 laboratoires sous forme de solution aqueuse contenue dans des ampoules en verre scellées. La composition chimique était de 0,2 mg Au et 0,4 mg KCN par gramme de solution; la pureté radiochimique en ^{198}Au était supérieure à 99,9 %. Les dates de référence étaient les 11 et 12 janvier 1962, à 15 h 00 T.U., et l'activité pour la première date de référence approximativement 100 $\mu\text{Ci/g}$. La stabilité de la solution fut vérifiée sur 5 périodes; la correction de décroissance étant effectuée (période = 2,697 jours), les résultats présentaient une dispersion inférieure à 1 %.

La solution mère fut répartie par pesée entre 49 ampoules; les ampoules furent scellées puis, après vérification de leur étanchéité, mesurées dans une chambre d'ionisation $4\pi\gamma$. Dans les limites de précision de cette mesure ($\pm 0,3\%$) aucun écart ne fut constaté dans les activités par unité de masse des diverses ampoules.

Le tableau I donne la liste des laboratoires auxquels les ampoules ont été expédiées. Les résultats des comparaisons sont donnés dans le tableau II et les représentations graphiques sur les figures 1 et 2; toutes les mesures indépendantes ont été ramenées au 11 janvier 1962 à 15 h 00 T.U. Des corrections de décroissance ont été effectuées sur les résultats du 12 janvier en utilisant la période indiquée par le laboratoire ayant effectué les mesures. Lorsque la période n'a pas été spécifiée on a utilisé la valeur 2,697 jours. Pour plus de clarté on a reporté sur la figure 1 les résultats obtenus par la méthode des coïncidences et sur la figure 2 les résultats obtenus par la

TABLEAU I

LISTE DES LABORATOIRES AYANT PRIS PART A LA COMPARAISON

AECL	Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River, Canada
AEET	Atomic Energy Establishment Trombay, Bombay, Inde
AIEA	Agence Internationale de l'Energie Atomique, Vienne, Autriche
BCMNI	Bureau Central de Mesures Nucléaires, Geel, Belgique
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, France
CENS	Centre d'Etudes Nucléaires, Saclay, France
CFN	Centro de Fisica Nuclear, Lisbonne, Portugal
CNEA	Comision Nacional de la Energia Atomica, Buenos Aires, Argentine
DAECRE	Danish Atomic Energy Commission, Research Establishment, Risø, Danemark
E L	Electrotechnical Laboratory, Tokyo, Japon
IAR	Institut für Angewandte Radioaktivität, Leipzig, Allemagne
IFM	Instituto de Fisica y Matematicas, Santiago, Chili
IKO	Instituut voor Kernfysisch Onderzoek, Amsterdam, Pays-Bas
IPA	Institut de Physique Atomique, Bucarest, Roumanie
IRK	Institut für Radiumforschung und Kernphysik, Vienne, Autriche
ISN	Institut de Sciences Nucléaires Boris Kidrich, Belgrade, Yougoslavie
JEN	Junta de Energia Nuclear, Madrid, Espagne
KIA	Institutt for Atomenergi, Kjeller, Lillestrom, Norvège
LNE	Laboratoire National d'Essais, Paris, France
NBS	National Bureau of Standards, Washington, Etats-Unis d'Amérique
NPL	National Physical Laboratory, Teddington, Grande-Bretagne
NPRL	National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud
NRC	National Research Council, Ottawa, Canada
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Allemagne
UVVVR	Ustav pro Vyskum, vyrobia a využití radioisotopu, Prague, Tchécoslovaquie

TABLEAU II

RÉSULTATS DES MESURES DE COMPARAISON

Laboratoire	Méthode	Activité en $\mu\text{Ci/g}$	
		le 11.1.62, 15 h 00 T.U.	
AECL	4 π β - γ (CP)	99,7	+ 0,2
AEET	β - γ	100,1	+ 1,0
	4 π β (CP)	99,8	+ 0,7
AIEA	4 π β - γ (CP)	99,3	+ 0,5
BCMN	4 π β - γ (CP)	100,4	+ 0,5
	4 π β (CP)	99,7	+ 0,7
	4 π β (LS)	99,9	+ 0,4
BIPM	4 π β (CP)	101,1	+ 0,4
CFN	4 π β (GM)	100,3	+ 0,8
DAECRE	4 π β - γ (CP)	96,6	+ 0,3
IAR	4 π β - γ (CP)	101,4	+ 1,5
	4 π β (CP)	99,8	+ 0,7
	4 π β (GM)	101,0	+ 1,0
	4 π β (LS)	98,0	+ 1,0
IFM	4 π β - γ	101,3	
IKO	4 π β - γ (PS)	99,9	+ 0,6
	4 π β - γ (PF)	99,1	+ 0,5
	4 π β (LS)	98,4	+ 0,9
IRK	β - γ	100,0	+ 2
	4 π β (LS et GS)	99,2	+ 1
JEN	β - γ (PS)	100,3	+ 0,3
	4 π β (CP)	99,2	+ 0,3
KIA	4 π β (CP)	98,1	+ 0,9
NBS	4 π β - γ (CP)	100,2	+ 0,5
	4 π β (CP)	100,1	+ 0,5
NPL	4 π β - γ (CP)	100,2	+ 0,5
NRC	4 π β - γ (CP)	99,8	+ 0,5
PTB	4 π β - γ (CP)	100,2	+ 0,3
UVVVR	4 π β - γ (CP)	99,3	+ 0,2

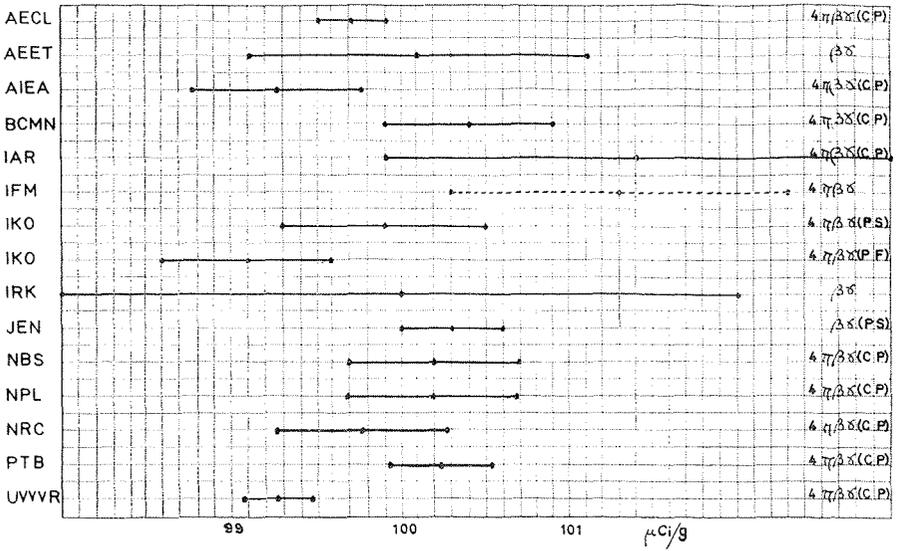


Fig. 1. — Résultats de la comparaison internationale de ^{198}Au obtenus par la méthode des coïncidences (11 janvier 1962, 15 h 00 T.U.).

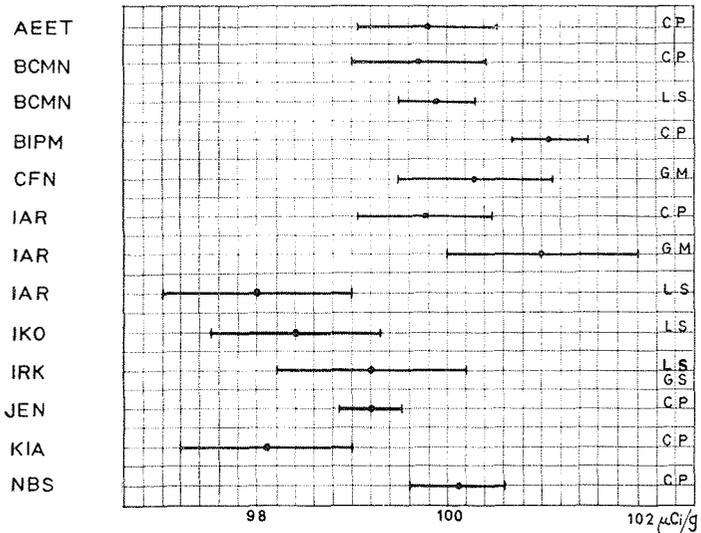


Fig. 2. — Résultats de la comparaison internationale de ^{198}Au obtenus par la méthode $4\pi\beta$ (11 janvier 1962, 15 h 00 T.U.).

méthode $4\pi\beta$. Les sigles suivants représentent dans les tableaux et sur les diagrammes les méthodes utilisées :

- CP Compteur proportionnel
- PS Plastique scintillant
- PF Papier filtre
- GM Compteur Geiger-Muller
- LS Liquide scintillant
- GS Gel scintillant.

DISCUSSION DES RÉSULTATS

Quatre laboratoires ont donné des résultats qui s'écartent notablement de la moyenne. L'un de ces laboratoires, le C.N.E.A., n'a pas pu effectuer de mesures avant le 14 janvier et une partie du désaccord peut sans doute être attribuée à une correction de décroissance assez importante. D'après la correspondance échangée avec l'I.S.N. après transmission des résultats, il est apparu que l'ampoule a dû arriver fêlée et les résultats obtenus par ce laboratoire peuvent s'expliquer par une évaporation importante. Compte tenu de ce fait l'I.S.N. a demandé qu'il ne soit pas tenu compte de ses

T A B L E A U I I I

COMPARAISON D'AMPOULES

Laboratoire	Méthode	Numéros des ampoules*	Ecart observé (%)
AIEA	$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP)	24 - 22	$0,3 \pm 0,2$
BCMN	$4\pi\gamma$ (Cl)		$0 \pm 0,25$
JAR	$4\pi\beta$ (CP) $4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP) $4\pi\beta$ (LS)	10 - 18 18 - 10 10 - 18	$0,5 \pm 0,4$ $0,8 \pm 2$ $0,2 \pm 0,9$
IFM	$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP)	5 - 4 5 - 4	$0,8 \pm 0,35$ $0,5 \pm 0,4$
NPL	$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP)	49 - 42 48 - 44	$0,2 \pm 0,5$ $0,3 \pm 0,6$
NRC	$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP)	14 - 12	$0 \pm 0,4$
PTB	$4\pi\gamma$ (Cl)	37 - 38	$0,1 \pm 0,6$
UVVVR	$4\pi\beta\text{-}\gamma$ (CP)	29 - 28 29 - 28	$0,7 \pm 0,4$ $0,5 \pm 0,4$

* Le premier nombre représente l'ampoule dont l'activité par unité de masse est la plus importante.

résultats dans la comparaison. L'échange de correspondance avec le D.A.E.C.R.E. n'a pas permis de déceler la cause du désaccord entre ses résultats et la moyenne. Une correspondance est en cours avec le quatrième laboratoire (I.P.A.) pour tenter d'expliquer l'écart qui existe entre ses résultats et la moyenne. En accord avec l'I.P.A., il n'est pas tenu compte dans ce rapport des résultats de ce laboratoire.

La dispersion totale entre les quinze autres résultats de mesure par la méthode des coïncidences est d'environ 2,5 %, dix résultats se tenant à 1 % près. Les mesures 47 montrent une dispersion quelque peu plus importante (environ 3 % pour treize résultats) et leur valeur moyenne est inférieure d'environ 0,5 % à celle des résultats obtenus par la méthode des coïncidences. Ceci correspond très approximativement à l'auto-absorption dans la source radioactive, mais il faut noter que quatre résultats ont été obtenus par des méthodes de liquide ou de gel scintillant.

Quelques laboratoires avaient demandé deux ampoules et, dans ce cas, les résultats des mesures de comparaison des ampoules sont indiqués dans le tableau III. Il est difficile de tirer de ces données des conclusions statistiquement significatives concernant les écarts apparents observés entre les ampoules. Ceci est dû en particulier au fait qu'il est impossible de savoir si les erreurs « systématiques » qui ont été données sont systématiques pour une dilution particulière (par exemple incapacité de réaliser une dilution par pesée à mieux que $\pm x$ % près), ou si elles sont systématiques pour toutes les dilutions (par exemple poids de la balance étalonnés à $\pm x$ % près). Par conséquent, seules les erreurs statistiques sont indiquées dans le tableau III, et il ne faut pas perdre de vue qu'il peut exister d'autres erreurs systématiques dont il faut tenir compte dans la comparaison.

Puisque toute comparaison internationale repose sur la distribution d'une solution identique à tous les laboratoires participants, il est important d'attirer l'attention sur toute preuve du contraire. Il est donc recommandé à l'avenir que tout laboratoire qui trouverait une telle preuve transmette suffisamment de données pour permettre d'en contrôler la validité.

(Mars 1962)

ANNEXE 5

RAPPORT SUR LA COMPARAISON INTERNATIONALE DU COBALT 60

(Janvier 1962)

Par A. E. KOTCHINE

Institut de Métrologie D. I. Mendéléév (U.R.S.S.)

(Traduction remise)

INTRODUCTION

Les échantillons de ^{60}Co ont été expédiés à 26 laboratoires sous forme de CoCl_2 en solution dans 0,1 N HCl contenu dans des ampoules en verre scellées. La masse de la solution était de $4,99 \pm 0,04$ g par ampoule; le contenu en CoCl_2 de cette solution était de $7,3 \mu\text{g/ml}$ et sa masse volumique de $1,002$ g/ml à 25°C . Les dates de références étaient les 30 et 31 janvier 1962, à 15 h 00 T.U.

L'activité de la solution a été mesurée une fois par mois pendant six mois, en vue de déterminer s'il y avait dépôt de ^{60}Co sur les parois de l'ampoule. Les résultats des mesures ont montré que, pratiquement, aucun dépôt de ^{60}Co sur les parois de l'ampoule n'a pu être mis en évidence dans les limites de la précision des mesures de l'activité massique (0,6 %).

Au 15 juin 1962, vingt-et-un laboratoires (tableau I) avaient transmis les résultats de leurs mesures.

TABLEAU I

AECL	Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River, Canada.
AEE	Atomic Energy Establishment, Trombay Head, Bombay, Inde.
AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique, Vienne, Autriche.
BCMN	Bureau Central de Mesures Nucléaires, Geel, Belgique.
BIPM	Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, France.
CFNI	Centro de Fisica Nuclear, Lisbonne, Portugal.

DAECRE	Danish Atomic Energy Commission, Research Establishment Risø, Roskilde, Danemark.
EL	Electrotechnical Laboratory, Tokyo, Japon.
IAR	Institut für Angewandte Radioaktivität, Leipzig, Allemagne.
IFM	Institut de Fisica y Matematicas, Santiago, Chili.
IKO	Instituut voor Kernfysisch Onderzoek, Amsterdam, Pays-Bas.
IMM	Institut de Métrologie D.I. Mendéléev, Léningrad, U.R.S.S.
IPA	Institut de Physique Atomique, Bucarest, Roumanie.
IR	Institut für Radiumforschung der Oest. Akademie der Wissenschaften, Vienne, Autriche.
IRPAR	Institute for Research, Production and Application of Radioisotopes, Prague, Tchécoslovaquie.
LNE	Laboratoire National d'Essais, Paris, France.
NBS	National Bureau of Standards, Washington, États-Unis d'Amérique.
NPL	National Physical Laboratory, Teddington, Royaume-Uni.
NPRL	National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud.
NRC	National Research Council, Ottawa, Canada.
PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Allemagne.

RÉSULTATS DES MESURES

Les résultats des mesures sont présentés dans le tableau II. La plupart des mesures de l'activité massique de la solution ont été effectuées par la méthode des coïncidences ($4\pi\beta\text{-}\gamma$, $2\pi\beta\text{-}\gamma$, $\gamma\text{-}\gamma$). Les résultats des mesures obtenus par la méthode des coïncidences sont représentés graphiquement sur la figure 1; ceux obtenus par les méthodes $4\pi\beta$ et chambre d'ionisation sont donnés sur la figure 2.

La valeur moyenne de tous les résultats est de $4,699 \mu\text{Ci/g}$; celle des résultats obtenus par la méthode des coïncidences est de $4,695 \mu\text{Ci/g}$ et celle des résultats obtenus par les méthodes $4\pi\beta$ et chambre d'ionisation est de $4,704 \mu\text{Ci/g}$. 86 % de toutes les valeurs sont dans les limites de $\pm 1,5\%$ par rapport à la valeur moyenne.

Les méthodes utilisées dans le tableau II et sur la figure 2 sont indiquées par les sigles suivants :

CP	Compteur proportionnel
GM	Compteur Geiger-Müller
LS	Liquide scintillant.
CI	Chambre d'ionisation.
PF	Méthode utilisant un papier filtre pour la préparation des sources.
Foil	Méthode utilisant une feuille pour la préparation des sources.

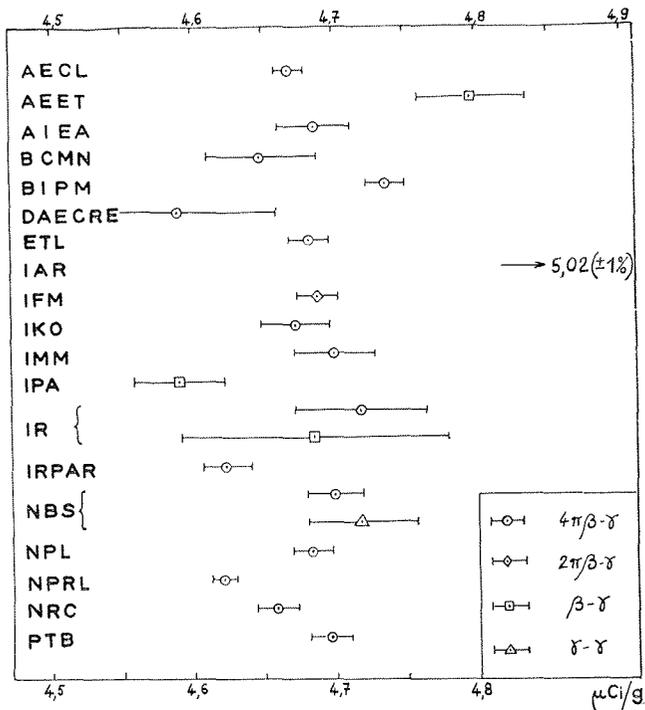


Fig. 1. — Résultats de la comparaison internationale de ^{60}Co obtenus par la méthode des coïncidences (30 janvier 1962).

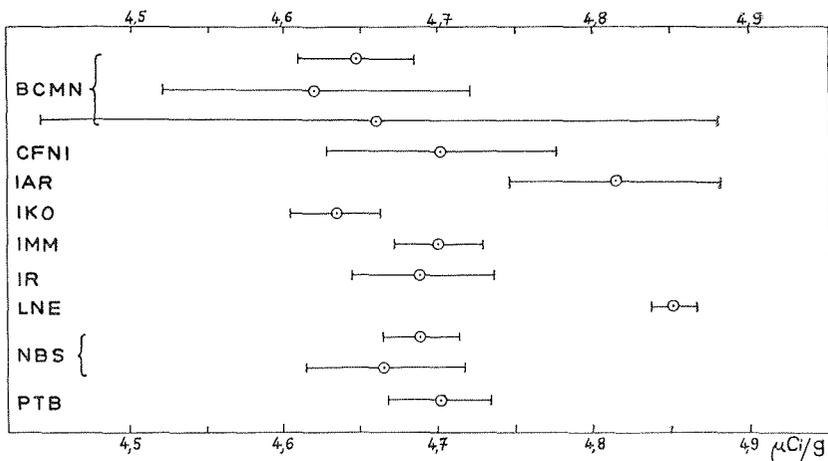


Fig. 2. — Résultats de la comparaison internationale de ^{60}Co obtenus par les méthodes du compteur 4π et de la chambre d'ionisation (30 janvier 1962).

TABEAU II

RESULTATS DES MESURES

laboratoire (a)	méthode (b)	nombre de sources (c)	activité $\mu\text{Ci/g}$ (d)	date 1962 (e)	erreur totale (f)	corrections (%)			$T_{1/2}$ (année) (j)
						absorption		décroissance (i)	
						film (g)	self (h)		
AECL	$4\pi\beta\text{-}\gamma$	4a 5b 9	4,672 4,667 4,669	30.1	0,2			0 + 0,3	5,24
AEE	$\beta\text{-}\gamma$	8	4,783	10.2	0,82				
AIEA	$4\pi\beta\text{-}\gamma$	17a 8b	4,677 4,697	29.1	0,5 0,5				5,25
BCMNI	$4\pi\beta\text{-}\gamma$	4	4,649	30.1	0,8	1,6+2,4	3,6	0 + 0,5	5,265
	$4\pi\beta\text{LS}$	24	4,647		0,8			0 + 0,4	
	$4\pi\beta$ foil	31	4,62		2,1			0 + 0,6	
	C1	2	4,66		5,0			0 + 0,6	
BIPM	$4\pi\beta\text{-}\gamma$	2 3	4,735 4,740	31.1	0,3 0,3			0,76 0,79	5,24
CFNI	$4\pi\beta$ GM f	11	4,702	31.1	1,6		7,6+6,6		5,24
DAECRE	$4\pi\beta\text{-}\gamma$	9	4,59	31.1	1,5			0,5	5,23
E L	$4\pi\beta\text{-}\gamma$	6	4,573 4,683	5.4 30.1	0,31				
IAR	$4\pi\beta\text{-}\gamma$ $4\pi\beta\text{CP}$	6a	5,05	29.1	1,0				
		6b	4,99		1,0				
		6a	4,88		1,5				
		6b	4,75		1,5				
IFM	$2\pi\beta\text{-}\gamma$	2a	4,70	30.1					
		3b	4,68						
		2a	4,71	31.1					
		3b	4,66		0,34				
IKO	$4\pi\beta\text{-}\gamma$ PS $4\pi\beta\text{-}\gamma$ PF $4\pi\beta\text{-}\gamma$ LS $4\pi\beta$ LS	5	4,683	29.1	0,4				
		5	4,697	30.1	0,6				
		5	4,639	31.1	0,5				
		5	4,634	31.1	0,6				

TABLEAU II (suite)

laboratoire (a)	méthode (b)	nombre de sources (c)	activité $\mu\text{Ci/g}$ (d)	date 1962 (e)	erreur totale (f)	corrections (%)			$T_{1/2}$ (année) (j)
						absorption		décroissance (i)	
						film (g)	self (h)		
IMM	4 $\pi\beta$ - γ 4 $\pi\beta$ CP	6	4,700	30.1	0,6	1,7	1,1	0,1	5,254
		7	4,700		0,6			0,1	
IPA	β - γ	10	4,59	1.2	0,71				
LR	4 $\pi\beta$ - γ β - γ LS LS	9	4,718	30.1	1,0	1,6	2,48 1,34	0 + 0,25 0 + 0,25	
		3	4,686		2,0				
		5	4,685	31.1	1,0				
		5	4,693		1,0				
IRPAR	4 $\pi\beta$ - γ	4a	4,637	31.1	0,42				
		8b	4,609		0,37				
		12	4,623		0,34				
LNE	4 $\pi\beta$ CP	5	4,852	30.1	0,3	1,0	1,5		
NBS	4 $\pi\beta$ - γ γ - γ 4 $\pi\beta$ CP 4 $\pi\beta$ CP 4 $\pi\gamma$ CI 4 $\pi\gamma$ CI	17	4,700	29.1	0,4	1,6	2,48 1,34		
		2	4,719		0,8				
		4	4,697	0,5					
		4	4,681	0,5					
		1	4,689	1,1					
		1	4,641	1,1					
NPL	4 $\pi\beta$ - γ	10a	4,686	30.1	0,3				
		10b	4,682						
			4,684						
NPRL	4 $\pi\beta$ - γ LS	7	4,636	29.1	0,17				
		7	4,618	30.1	0,11				
		6	4,609	31.1	0,07				
NRC	4 $\pi\beta$ - γ	7	4,657	29.1	0,18				
		7	4,663	30.1					
		6	4,657	31.1					
PTB	4 $\pi\beta$ - γ 4 $\pi\gamma$ CI	5a	4,683	30.1	0,4			0,22	
		7b	4,710		0,2			0,54	
		1a	4,687		0,7			0,57	
		1b	4,718		0,7			0,57	

On peut expliquer la dispersion des résultats obtenus dans divers laboratoires par des erreurs de préparation des sources de ^{60}Co à partir de la solution. C'est pourquoi il est souhaitable d'effectuer des comparaisons internationales par déposition des sources de ^{60}Co sur des films minces. Dans ce cas, les erreurs dues à la préparation des sources sont éliminées et on a la possibilité de comparer les méthodes ($4\pi\beta\text{-}\gamma$, $2\pi\beta\text{-}\gamma$, $\gamma\text{-}\gamma$, $4\pi\beta$) et leurs erreurs.

(12 septembre 1962)

ANNEXE 6

RAPPORT SUR LA COMPARAISON INTERNATIONALE DU THALLIUM 204

(Mai 1962)

Par J. C. ROY et L. CAVALLO *

Bureau International des Poids et Mesures

Abstract. — In may 1962 the National Physical Laboratory, Teddington, United Kingdom, distributed to 21 laboratories samples of ^{204}Tl . A critical and detailed examination of the results reported by 19 of these laboratories was made. The possible and probable causes of the wide variation of the absolute value of the activity of the ^{204}Tl solution are analysed. The analysis seemed to show that the variation can be explained largely by error introduced by applying the self-absorption correction and to a lesser degree by errors introduced in applying the corrections for beta absorption in the support and efficiency of detection of radiations caused by electron capture.

I. INTRODUCTION

En mai 1962, le National Physical Laboratory, Teddington, Grande-Bretagne, a distribué, dans le cadre des comparaisons internationales organisées par le Bureau International des Poids et Mesures, des échantillons de ^{204}Tl aux vingt-et-un laboratoires dont les noms figurent au tableau I.

Un rapport préliminaire, contenant les résultats reçus à la date du 8 août 1962, a déjà été remis aux participants. En mars 1963 dix-neuf laboratoires sur vingt-et-un ont effectué les mesures et nous ont fait parvenir leurs résultats. Un examen critique et détaillé de ces résultats a été annoncé lors de la diffusion du rapport préliminaire. Cette étude s'avère d'autant plus nécessaire que la dispersion des résultats est considérable.

Le présent travail analyse les causes possibles et probables du désaccord existant entre différents laboratoires sur la valeur absolue de l'activité de la solution de ^{204}Tl . Il a été réalisé à partir des données accompagnant

* Détachée temporairement par le National Bureau of Standards auprès du Bureau International des Poids et Mesures.

les résultats, complétées par des informations recueillies par correspondance ou contact direct avec plusieurs laboratoires. Ce rapport permettra à chaque participant de se rendre compte des conditions dans lesquelles les mesures ont été effectuées et de dégager ses propres conclusions.

TABLEAU I

Liste des laboratoires ayant reçu des échantillons de ^{204}Tl .

1 AAEC	Australian Atomic Energy Commission, Lucas Heights, Australie.
2 AECL	Atomic Energy of Canada Limited, Chalk River, Canada.
3 AIEA	Agence Internationale de l'Énergie Atomique, Vienne, Autriche.
4 BCMN	Bureau Central de Mesures Nucléaires, Geel, Belgique.
5 BIPM	Bureau International des Poids et Mesures, Sèvres, France.
6 CENS	Centre d'Études Nucléaires de Saclay, Gif-sur-Yvette, France.
7 CFN	Centro de Fisica Nuclear, Lisbonne, Portugal.
8 DAECRE	Danish Atomic Energy Commission, Research Establishment Risø, Roskilde, Danemark.
9 GWI	The Gustaf Werner Institute for Nuclear Chemistry, Uppsala, Suède.
10 IAR	Institut für Angewandte Radioaktivität, Leipzig, Allemagne.
11 IKO	Instituut voor Kernfysisch Onderzoek, Amsterdam, Pays-Bas.
12 IMM	Institut de Métrologie D. I. Mendéléev, Leningrad, U.R.S.S.
13 IPA	Institut de Physique Atomique, Bucarest, Roumanie.
14 IRK	Institut für Radiumforschung und Kernphysik, Vienne, Autriche.
15 JEN	Junta de Energia Nuclear, Madrid, Espagne.
16 LNE	Laboratoire National d'Essais, Paris, France.
17 NBS	National Bureau of Standards, Washington, États-Unis d'Amérique.
18 NPL	National Physical Laboratory, Teddington, Grande-Bretagne.
19 NRC	National Research Council, Ottawa, Canada.
20 PTB	Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig, Allemagne.
21 UVVVR	Ustav pro výzkum, výrobu a využití radioisotopů, Prague, Tchécoslovaquie.

II. RÉSULTATS

A. *Présentation des résultats.* — La solution de ^{204}Tl distribuée par le N.P.L. avait une concentration d'environ 630 μg de Tl_2SO_4 par gramme d'une solution 0,1 N en HNO_3 . Les résultats sont donnés à la date de référence du 17 mai 1962, à 12 h 00 T.U.; une période de décroissance de 3,88 ans devait être utilisée.

TABLEAU II

Résultats présentés suivant les méthodes de mesure utilisées

COMPTEURS PROPORTIONNELS, COMPTEURS GEIGER-MÜLLER, METHODE DU TRACEUR

laboratoire	méthode	numéro de l'ampoule	dilution	nombre de sources utilisées pour l'activité moyenne	activité moyenne le 17.5.62	écart-type de la valeur moyenne	erreur total. applicable à l'activité moyenne
					12.00 T.U. μ Ci/g	%	%
AAEC	CP	53	1:200 1:300 1:500 1:1000	20	104,6	0,4	3,2
		55	1:30 1:100 1:200 1:300 1:1000	15	99,9	0,6	3,7
AECL	CP	2	1:55	12	102,9	0,25	1,1
		3	1:78	8	102,8		
BCMNI	CP		plusieurs de 1:15 à 1:45	11	102,75	0,08	0,6
GWI	CP		1:157	12	97,21	0,26	1,0
IAR *	CP	15	1:308	12	102,0	0,12	0,5
		16	1:296	12	102,2	0,20	0,5
IMM	CP	47	pas de dil. et une de 1:30	9	100,4	0,7	0,8
		14		8	101,3	0,9	1,0
IPA	CP	19	1:20	4	95,6	0,32	2,1
		20					
IRK	CP	21 23	1:100	2	101,8		1,5
JEN	CP	11	1:100	11	93,30	0,24	0,5
LNE *	CP	29	1:110	7	101,6	1,3	1,5
		30	1:68 1:78				
NBS	CP		1:201	7	105,9	0,57	0,87
			1:264	8	101,9	0,64	0,94
			1:225	8	100,6	0,93	1,23
NPL	CP	7 44	1:51	20	103,0	1,0	{ +2,1
			1:50	20	103,3	0,8	{ -1,1
					103,1		
NRC	CP	33 35	1:40	3	105,7	0,2	1,0
			1:40	3	105,8	0,25	1,0
			1:40	3	105,2	0,39	1,0
			1:40	3	105,5	0,13	1,0
					105,5		

* Laboratoires dont les résultats ont été multipliés par le rapport 100/98 pour tenir compte du rapport d'embranchement.

TABLEAU II (suite)

laboratoire	méthode	numéro de l'ampoule	dilution	nombre de sources utilisées pour l'activité moyenne	activité moyenne le 17.5.62 pour 12.00 T.U. μ Ci/g	écart-type de la valeur moyenne %	erreur totale applicable à l'activité moyenne %
PTB	CP	36	1:20	10	104,0	0,2	0,6
		38	1:20	4	<u>104,1</u>	0,2	0,6
					104,0		
UVVVR	CP	40	1:100	9	101,5	0,7	0,9
		41	1:100	5	<u>101,5</u>	0,4	0,9
					101,5		
CENS	G-M		1:244 1:238 1:248	22	100,5	0,2	0,4
CFN	G-M	12	1:465	4	93,12	1,5	
IAR *	G-M	15	1:308	6	102,4	0,2	0,6
		16	1:296	6	<u>102,6</u>	0,6	0,6
					102,5		
AECL	γ-T(CP)			8	101,1	1,4	1,6
AIEA	γ-T(CP)	24	1:50	4	106,93		
			1:50	4	107,63		
		26	1:50	4	107,61		
			1:50	4	<u>107,83</u>		
					107,5	0,24	1,5
COMPTEURS A SCINTILLATIONS							
BCMN	LS			21	102,89	0,13	0,7
IAR *	LS	15		4	101,6	0,4	1,0
		16		4	<u>100,4</u>	1,5	1,0
					101,0		
IKO	LS		n° 1	6	102,7		
			" 2	3	103,5		
			" 3	3	<u>102,3</u>		
					102,8	0,5	2,0
	LSP		n° 1	3	104,0	0,6	2,0
IRK	LS	21 23	1:100	7	101,1	0,35	2,0
	GS		1:100	9	99,89	0,23	2,0

* Laboratoires dont les résultats ont été multipliés par le rapport 100/98 pour tenir compte du rapport d'embranchement.

Dans le tableau II les résultats sont disposés suivant les méthodes de mesure utilisées, qui seront désignées désormais par les symboles entre parenthèses :

- Compteur proportionnel (CP).
- Compteur Geiger-Müller (G-M).
- Méthode du traceur (γ-T, CP).
- Compteurs à scintillations: Liquide scintillant (LS); Liquide scintillant sur papier filtre (LSP); Gel scintillant (GS).

Lorsqu'un laboratoire a donné plusieurs valeurs d'activité pour des mesures ayant été effectuées d'après la même méthode, nous avons indiqué la valeur moyenne (à deux exceptions près : A.A.E.C. et N.B.S.). L'A.A.E.C. pense en effet que les valeurs différentes obtenues pour l'activité de la solu-

TABLEAU III

Dispersion, moyenne et écart-type pour différents groupes de résultats

description du groupe	nombre de valeurs utilisées dans le calcul	(*) activité moyenne μ Ci/g	(**) dispersion %	(***) écart-type %
tous les résultats	29	101,4	14,2	3,2
CP, G-M, γ -T(CP)	23	101,3	14,2	3,5
tous les résultats sauf AIEA, CFN, Gwi, IPA, JEN	24	102,3	5,9	1,6
CP, G-M, γ -T(CP) sauf les 5 résultats ci-dessus	18	102,4	5,9	1,7
compteurs à scintillations	6	102,0	4,0	1,5
laboratoires ayant utilisé des méthodes différentes	12	102,1	4,0	1,1

(*) La valeur moyenne est la moyenne arithmétique de tous les résultats.

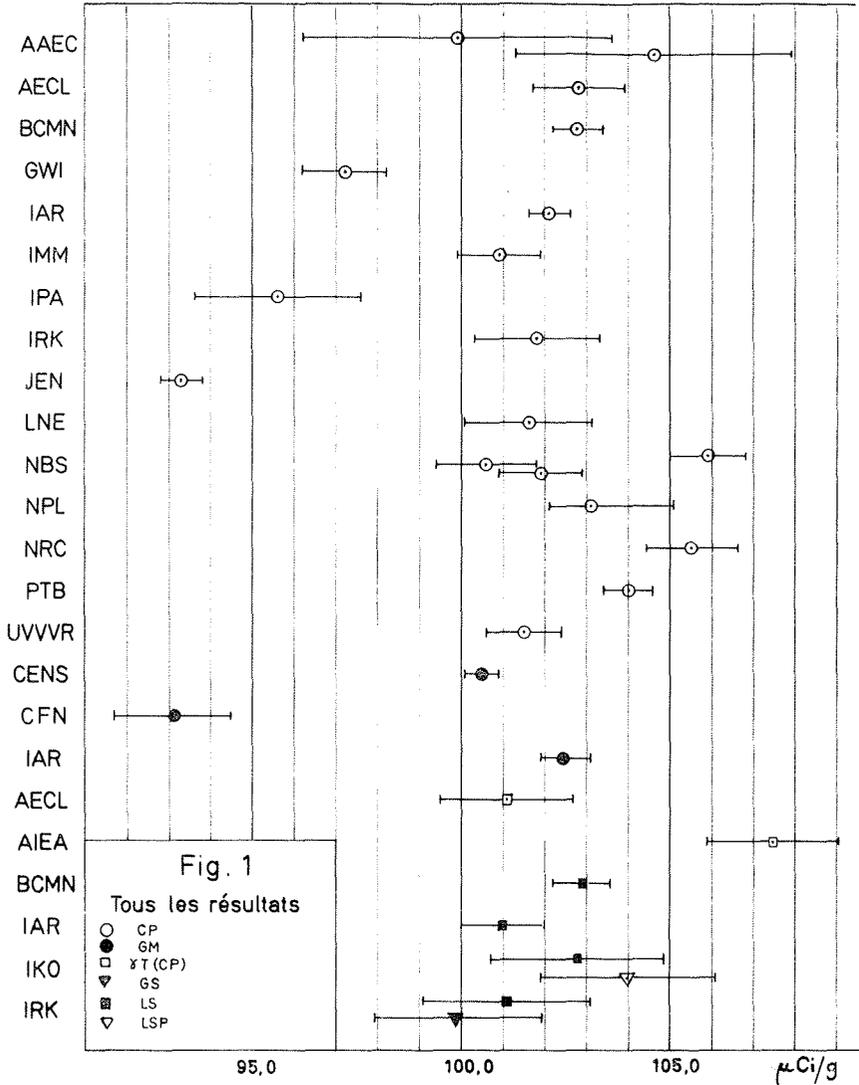
(**) La dispersion totale est la différence entre les deux résultats extrêmes divisée par la moyenne arithmétique des résultats.

(***) L'écart-type (standard deviation) est donné par l'équation:

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + (x_3 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{(n - 1)}}$$

ion dans les ampoules 53 et 55 ne peuvent s'expliquer que par une différence d'activité réelle dans les deux ampoules. C'est le seul laboratoire qui ait noté une telle différence. Les raisons pour lesquelles la moyenne de trois résultats du N.B.S. n'a pas été faite sont exposées dans la section III.A.4.

B. *Discussion générale des résultats.* — Les résultats sont représentés graphiquement sur les figures 1, 2, 3 et 4. La valeur moyenne de l'activité massique, la dispersion et l'écart-type pour différents groupes de résultats représentés dans ces quatre figures sont donnés dans le tableau III.



La dispersion et l'écart-type de l'ensemble des résultats (*fig. 1*) sont respectivement de 14,2 et 3,2 %. Ces valeurs élevées sont surtout attribuables à cinq résultats obtenus par les méthodes CP, G-M et γ -T (CP),

qui s'écartent sensiblement de la moyenne (*fig. 2*). Si l'on omet ces cinq résultats, la dispersion et l'écart-type deviennent 5,9 et 1,6 %, et la valeur moyenne de l'activité massique augmente de 1 %. Par contre, les six

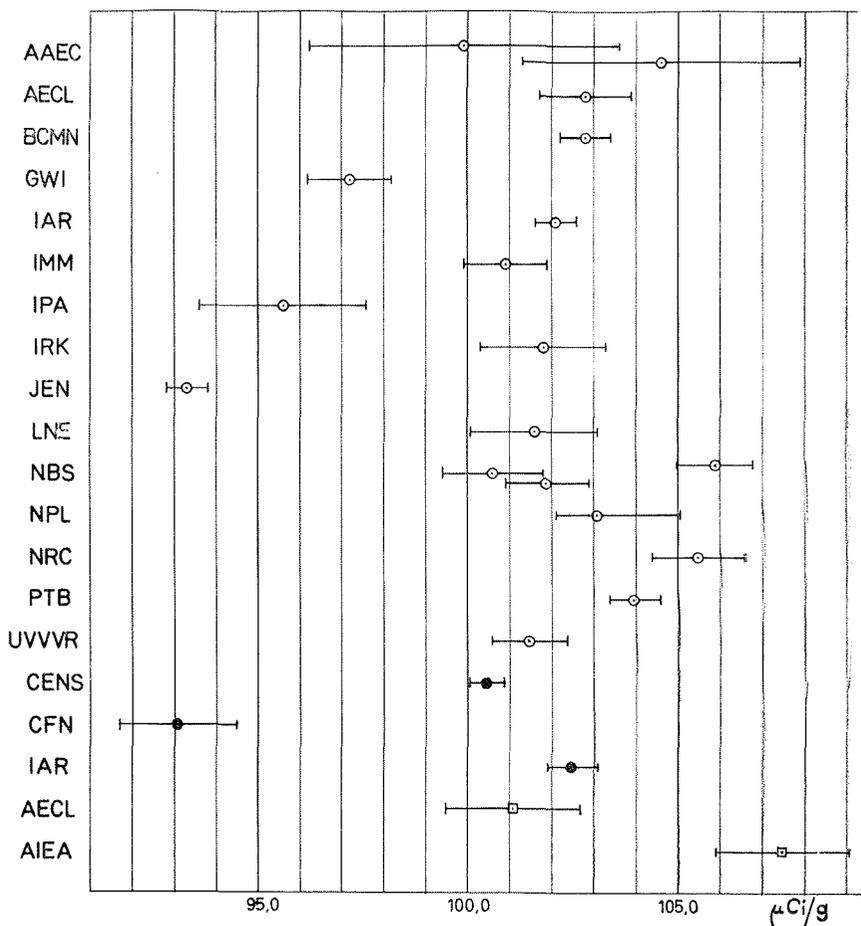


Fig. 2

RÉSULTATS OBTENUS AVEC LES COMPTEURS GAZEUX

- CP
- GM
- ST (CP)

résultats obtenus avec les compteurs à scintillations (*fig. 3*) s'écartent peu de la moyenne générale et présentent une dispersion et un écart-type de 4,0 et 1,5 % seulement. Il semble donc que les méthodes LS, LSP et GS aient donné pour l'étalonnage du ^{204}Tl une précision au moins aussi bonne, sinon meilleure, que les méthodes utilisant des compteurs $4\pi\beta$.

Les résultats des laboratoires qui ont utilisé simultanément plusieurs méthodes de mesure (*fig. 4*) se situent au voisinage de la moyenne et présentent un écart-type de 1,1 %. Cette valeur, la meilleure de toutes, indique

clairement que les écarts relativement importants qui apparaissent dans cette comparaison ne sont pas imputables à l'utilisation de méthodes de mesure différentes.

Considérons rapidement les cinq résultats qui s'écartent le plus de la moyenne. L'A.I.E.A., qui a obtenu la valeur de 107,5 $\mu\text{Ci/g}$, a utilisé la méthode du traceur. Comme l'a noté l'A.I.E.A., cette méthode a donné des activités massiques supérieures de 3 à 5 % à celles obtenues par le comptage $4\pi\beta$ (CP) de sources préparées très soigneusement. Or, à l'exception du N.R.C. qui a fait des corrections de 4 % pour l'auto-absorption,

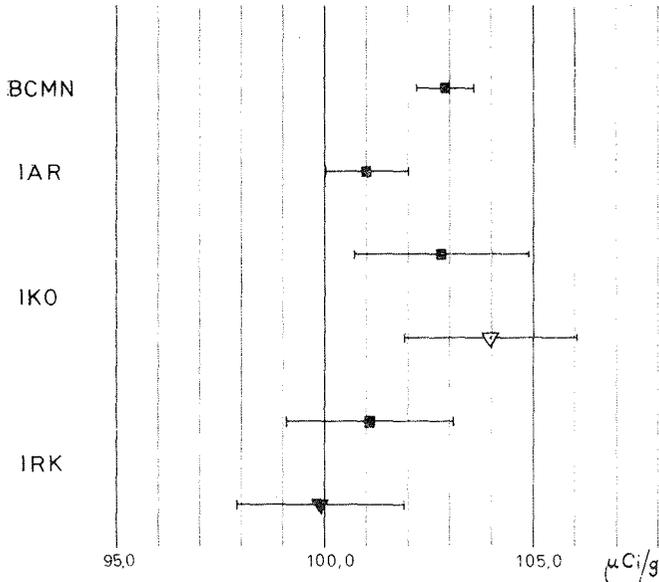


Fig. 3

RÉSULTATS OBTENUS AVEC LES COMPTEURS À SCINTILLATIONS

- LS
- ▽ GS
- ▼ LSP

les corrections des autres instituts se situent entre 0,0 et 2,5 %. Il semble donc que l'emploi de la méthode du traceur explique partiellement le résultat élevé de l'A.I.E.A.

L'interprétation des résultats des quatre autres laboratoires est facilitée si l'on se réfère aux résultats obtenus dans les comparaisons internationales précédentes (1961-1962) qui ont été groupés à cette intention dans le tableau XI (p. 81). L'I.P.A. a obtenu dans trois cas des valeurs inférieures à la moyenne des laboratoires participants. Cette tendance est peut-être une indication qu'il y a des pertes d'impulsions autres que celles dues au temps mort dans un des éléments du système de comptage. Les trois autres centres : C.F.N., G.W.I. et J.E.N., ont obtenu des résultats voisins de la moyenne

pour les comparaisons auxquelles ils ont participé. Ceci semble indiquer que le système de comptage n'est pas une cause probable d'erreur et que les valeurs faibles trouvées par ces trois laboratoires peuvent être attribuées à une sous-estimation de l'absorption des β dans la source.

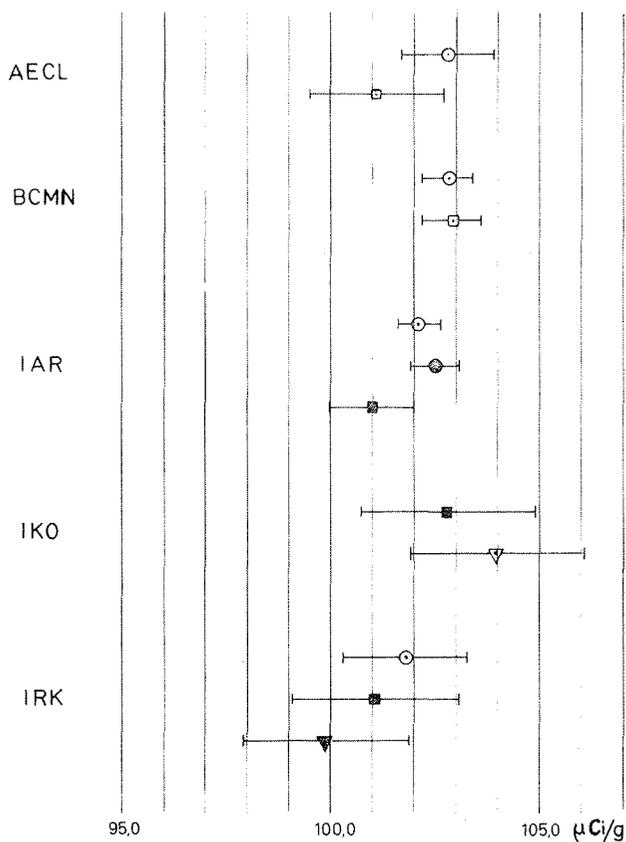


Fig. 4

RÉSULTATS DES LABORATOIRES QUI ONT
UTILISÉ PLUS D'UNE MÉTHODE

- CP
- GM
- GT(CP)
- ▼ GS
- ▽ LSP
- LS

III. ANALYSE DES RÉSULTATS

A. Compteurs proportionnel, Geiger-Muller, et méthode du traceur.

1. Comptage. — Les valeurs approximatives des taux de comptage des sources préparées par les différents laboratoires sont données dans la colonne a du tableau IV; elles ont été calculées à partir du facteur de

dilution, de la masse des sources et de l'activité massique. Il est à noter que l'I.M.M. a effectué des mesures sur des sources ayant des taux de comptage beaucoup plus élevés que ceux des autres laboratoires.

TABLEAU IV. - Corrections et erreurs relevant du système de comptage et du schéma de désintégration pour les résultats obtenus par les méthodes des CP, G-M et γ -T(CP)

laboratoire	méthode	activité des sources utilisées dans les mesures (a) dps	CORRECTIONS					ERREURS					
			COMPTAGE			SCHEMA		COMPTAGE					désintégration (l)
			mouvement propre (b) %	temps mort (c) %	coïncidences fortuites (d) %	décroissance (e) %	désintégration (f) %	statistiques (g) %	mouvement propre (h) %	temps mort (i) %	autres (j) %	erreur totale de comptage (k) %	
AAEC	CP	370 à 3000	0,1	1,0		0,1	2,0	0,1 à 0,2				0,2	
AECL	"	~ 1000	0,04 à 0,08	0,1 à 0,4		0,0 à 0,3	1,9	0,1				0,1	< 0,1
BCMN	"	~ 3000	< 0,1	5,0 à 8,0	< 0,15	0,0 à 1,1	1,4	0,05	0,0	0,35	0,28	0,68	0,30
GWJ	"	400 à 700	0,3 à 1,0	0,3 à 0,65		3,13	2,0	0,1	0,0	0,0		0,1	
IAR	"	300	0,1			0,0	2,0	0,15				0,15	
IMM	"	5000 à 15000	0,1	0,7 à 3,0		1,0	2,0	0,1				0,1	
IPA	"	500	3,0	2,0		3,0	2,0	0,25			2,0	2,0	
IRK	"	1000	2,0 à 3,0	0,6		2,5	2,0	0,3	0,0	0,0		0,3	
JEN	"	370	0,4 à 1,2	0,08 à 0,3		0,0 à 0,3	2,0	<< 0,1	0,0	< 0,1		0,1	
LNE	"	500	0,5	0,5		0,0	2,0	1,0	0,0	0,0		1,0	
NBS	"	600 à 1200	0,2 à 0,4	1,2 à 2,4		0,0 à 0,6	2,0	0,1	0,0	< 0,1		< 0,2	
NPL	"	2500	0,04 à 0,1	0,7 à 1,8		0,0	1,9	< 0,1	0,0	0,0	0,0	< 0,1	0,05
NRC	"	1400 à 3700	< 0,04	< 1,2		< 0,015	2,0	< 0,2	0,0	0,0	0,0	< 0,2	
PTB	"	6000	< 0,1	0,5 à 4,7		< 0,1	1,9	< 0,1	0,0	0,2		0,3	0,1
UVVVR	"		0,2 à 0,3	1,8 à 3,1			2,0	0,1	0,0	0,3		0,4	
CENS	G-M		1,0	1,0 à 5,0		0,0 à 0,5	2,0	0,1	0,0	0,1		0,2	
CFN	"					0,03	2,0	< 0,2				< 0,2	
IAR	"	300	1,0	0,5		0,0	2,0	0,4	0,0	0,0		0,4	
AECL	γ -T(CP)		0,3 à 1,0	0,2 à 0,8	0,25 à 0,6	0,4	1,9				0,2	0,2	< 0,1
AIEA	"		β < 0,1 γ (2,0 C < 0,2	< 0,1	0,7	< 1,0	1,35	0,2	0,0	0,0	0,0	0,2	

Les corrections dues au mouvement propre (colonne b) sont généralement très faibles et n'introduisent pas d'erreurs significatives (colonne h), ce qui semble normal. Toutefois, il y a deux laboratoires, I.P.A. et I.R.K., qui font des corrections de l'ordre de 3 %, ce qui équivaut à un mouvement propre d'environ 15 et 20 désintégrations par seconde (dps) respectivement. A moins qu'il n'y ait contamination des compteurs, ces mouvements propres semblent trop élevés pour un dispositif en régime proportionnel.

Les corrections dues au temps mort (colonne c), qui varient beaucoup d'un laboratoire à l'autre, semblent également bien connues et n'introduisent que de très faibles erreurs (colonne i).

L'erreur statistique, qui se situe en général entre 0,1 et 0,4 %, est dans plusieurs cas la seule erreur de comptage (colonne k) contribuant de façon significative à l'erreur totale.

D'après les données reçues, il faut donc noter que la mesure du taux de désintégration n'introduit en général que des erreurs non systématiques faibles. Il faut chercher ailleurs les causes de la dispersion des résultats.

2. *Schéma de désintégration.* — Pour obtenir l'uniformité dans la correction relevant du schéma de désintégration, il avait été proposé d'adopter la valeur de 2,0 % pour l'embranchement de capture électronique. La plupart des laboratoires ont appliqué cette correction globale. Toutefois, cinq laboratoires ont considéré qu'une fraction des radiations provoquées par la capture électronique, dont les principales sont les rayons X (K et L), et les électrons Auger K et L, peut être détectée par le compteur 4π . Nul doute qu'il soit nécessaire dans une mesure de précision de tenir compte de cet effet qui entraîne une diminution de la correction de 2,0 %. L'importance de cette réduction dépend des hypothèses utilisées dans la détermination de la transmission des radiations à travers la source et son support, ainsi que de l'efficacité de leur détection par le compteur 4π . Elle dépend aussi du choix des constantes nucléaires suivantes, pour lesquelles aucune valeur n'avait été proposée :

- a. le rapport P_L/P_K de capture dans les couches L et K;
- b. les rendements de fluorescence ω_K et ω_L ;
- c. la fraction n_{KL} des événements K qui donnent naissance à des lacunes dans la couche L.

Trois laboratoires (A.E.C.L., N.P.L. et P.T.B.) ont estimé que 5 à 6 % des rayonnements provoqués par la capture électronique sont détectés par le compteur β , ce qui réduit la correction à 1,9 %. Deux autres laboratoires (A.I.E.A. et B.C.M.N.) ont estimé qu'environ 30 % de ces radiations sont détectés par leurs compteurs, ce qui réduit la correction à 1,4 %.

Les données complètes utilisées par le B.C.M.N. et le N.P.L., ainsi que quelques détails fournis par l'A.I.E.A. et l'I.K.O., pour calculer le nombre d'événements provoqués par la capture électronique et détectés par le compteur, sont rassemblés dans le tableau V.

A partir de ces valeurs il est possible de déterminer l'intensité relative des divers rayonnements. Le N.P.L., se basant sur la correction d'auto-absorption et sur le spectre β théorique du ^{204}Tl , a estimé que l'épaisseur de ses sources était équivalente à 0,2 mg/cm² d'aluminium. Cette valeur a été utilisée pour les calculs de transmission en se servant des coefficients d'atténuation des électrons et rayons X dans la matière. Les électrons Auger qui ne sont pas absorbés dans la source sont détectés avec une efficacité de 100 %, et la probabilité de détection des rayons X a été calculée à partir des coefficients d'absorption des rayons X dans le gaz, en supposant que le compteur du N.P.L. est assimilable à une sphère de 2,5 cm de diamètre et en négligeant les effets de parois.

Le B.C.M.N. n'a pas donné de détails sur les hypothèses admises pour les calculs de transmission et d'efficacité, mais deux différences apparaissent clairement :

- a. Le B.C.M.N. a tenu compte du terme n_{KL} , tandis que le N.P.L. l'a négligé. Si l'on introduit ce terme dans les calculs du N.P.L., la correction devient 1,8 %.

b. Le B.C.M.N. a estimé que 20 % des électrons Auger de la couche L étaient transmis à travers la source, alors que le N.P.L. admet une transmission nulle. Cette hypothèse explique partiellement les valeurs différentes obtenues pour l'efficacité de détection des rayonnements provoqués par la capture électronique.

TABLEAU V

Correction pour le nombre d'événements provoqués par la capture électronique

	NPL	BCMN	AIEA	IKO	
<u>Transmission des rayonnements</u>					
électrons Auger L	0,0%	20,0%			
électrons Auger K	80,0	100,0			
rayons X-L	98,0	100,0			
rayons X-K	100,0	100,0			
<u>Constantes nucléaires</u>					
P_L/P_K	0,524	0,4		0,4	
ω_K	0,95	0,95		0,95	
ω_L	0,34	0,35		0,35	
n_{KL}		0,78		0,81	
METHODE DE COMPTAGE	CP	CP	CP	LS	LSP
<u>Probabilité de détection des rayonnements</u>					
électrons Auger L	100 %	100 %	100 %	0,0%	0,0%
électrons Auger K	100	100	100	100	100
rayons X-L	27	50	100	0,0	0,0
rayons X-K	0,2	0,0	0,0	11	0,0
<u>Nombre d'événements détectés par 100β</u>					
électrons Auger L	0,0	0,22		0,0	0,0
électrons Auger K	0,052	0,071		0,08	0,08
rayons X-L	0,061	0,30		0,0	0,0
rayons X-K	0,003	0,000		0,16	0,0
TOTAL	0,112	0,59	0,65	0,24	0,08

Le problème qui consiste à estimer la transmission des électrons Auger de la couche L, ayant une énergie d'environ 8 keV pour le ²⁰⁴Tl, est intimement lié à celui de l'auto-absorption et, par voie de conséquence, à celui de la préparation des sources. Dans cette comparaison il y a deux cas à considérer :

a. Les laboratoires qui ont appliqué une correction d'auto-absorption; à l'aide de cette correction et de la forme théorique du spectre β , il est possible d'estimer la transmission des électrons Auger de la couche L.

b. Les laboratoires qui n'ont pas fait de correction d'auto-absorption, et qui considèrent leurs sources comme tellement minces que même les β très mous et les électrons Auger de la couche L sont absorbés de façon négligeable. Pour être logiques, ces laboratoires doivent donc faire une correction d'embranchement de beaucoup inférieure à 2,0 %.

Ces considérations montrent que la façon d'estimer l'efficacité de détection du compteur pour les rayonnements provoqués par la capture électronique peut introduire des erreurs relativement importantes dans les mesures d'activité du ^{204}Tl .

3. *Absorption dans les supports.* — Le tableau VI groupe les corrections et les erreurs dues à l'absorption des β dans les supports de sources selon

TABLEAU VI
Correction d'absorption dans les supports

laboratoire	méthode de comptage	support		agent conducteur		épaisseur totale support + agent conducteur $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	correction d'absorption %	erreur dans la correction %	correction par $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ %	méthode de détermination de la correction
		nature	épaisseur $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	nature	épaisseur $\mu\text{g}/\text{cm}^2$					
		(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	
AAEC	CP	VYNS	20	Au	34-50	54-70	0,1-0,2		0,03	Courbes de Pate et Yaffe *
JEN	CP	VYNS	10	Au	6	~16	<0,1	<0,1	<0,07	" "
PTB	CP	VYNS	15-20	Au	30	45-50	0,3	0,2	0,06	" "
SCMN	CP	VYNS	10	Au	30	40	0,9-1,0	0,18	0,24	Courbes d'absorption (backing method)
IPA	CP	polystyrène	13	Al	7	20	0,3		0,15	Courbes d'absorption publiées dans la littérature
IMM	CP	celluloïd	8-10	Au	15-25	23-35	0,5		0,17	Méthode du sandwich simple **
NBS	CP	formvar-polystyrène	20	Al	~200	~220	3,0	0,1	0,14	" "
NPL	CP	VYNS	10	Au	10	20	0,3	0,1	0,15	" "
AECL	CP	VYNS	10	Au	30	40	0,3	0,1	0,08	Méthode du sandwich double ***
NRC	CP	VYNS	10	Au	30	40	0,4	<0,1	0,10	" "
LINE	CP	acétate de cellulose	30	Au	20	50	0,3		0,06	Méthode de Baptista ****
CFN	G-M	Al	200			200	1,6		0,03	" "
AECL	γ -T(CP)	VYNS	10	Au	30	40				La méthode donne à la fois l'absorption dans le film et l'auto-absorption
AIEA	γ -T(CP)	VYNS	15	Au	30	45				
IRK	CP	VYNS	20	Au	40	60	1,0		0,17	
CENS	G-M	acétate de cellulose	20	Au			0,0	0,0	0,0	Considérée comme nulle
GWI	CP	VYNS	5-12	Au	10	15-22	0,0-0,14		<0,07	Pas indiquée
IAR	CP, G-M	VYNS	2	Au	5	7	0,0	0,0	0,0	Pas étudiée, mais pour des "épaisseurs" de $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ elle certainement très faible
UVVVR	CP	VYNS	7	Au	15	22				Pas indiquée

* Canadian J. Chem., 33, 929 (1955).

** Méthode du sandwich simple: on superpose à la source un support identique à celui qui sert à la soutenir.

*** Méthode du sandwich double: la source originale forme déjà un sandwich simple; on y ajoute de part et d'autre deux supports identiques à ceux qui forment le sandwich simple.

**** Metrology of Radionuclides, Proceedings IAEA, Vienna, 1960, p. 201.

les méthodes employées pour les déterminer. Pour comparer plus facilement les corrections appliquées dans les différents laboratoires, elles ont été ramenées dans la colonne *h* à une épaisseur uniforme de $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$. L'examen de ces valeurs permet de faire les constatations suivantes :

1°. Les corrections dues à un support de $10 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ont varié de 0,03 % à 0,24 %.

2°. Les corrections dépendent fortement de la méthode de détermination, et les laboratoires qui ont utilisé la même méthode expérimentale ont obtenu des valeurs presque identiques.

3°. Les corrections déterminées à l'aide des courbes de Pate et Yaffe (*Can. J. Chem.*, **33**, 1955, p. 929), sont sensiblement inférieures à celles obtenues par la méthode du sandwich. En revanche, la correction du B.C.M.N. déterminée expérimentalement par la méthode d'absorption utilisée par Pate et Yaffe est en moyenne quatre fois plus élevée que celle obtenue par ces auteurs. Elle est, en fait, la plus élevée de toutes celles rencontrées dans cette comparaison. Si l'absorption des β mous dans des films minces n'est pas proportionnelle à l'épaisseur, comme l'indiquent les quelques travaux traitant de la question, la correction d'absorption dans le support dépendra de l'absorption au sein de la source elle-même, donc en fait de la méthode utilisée pour la préparer. Ceci pourrait expliquer partiellement la grande dispersion dans les corrections et indiquer qu'il est préférable de déterminer expérimentalement l'absorption dans les supports plutôt que d'appliquer pour son propre compte des valeurs trouvées par d'autres laboratoires. Le fait qu'il est souvent difficile de connaître avec précision l'épaisseur des supports corrobore cette conclusion.

Dans l'état actuel, l'absorption des β du ^{204}Tl dans des épaisseurs de l'ordre de 20 à $50 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ n'est donc pas très bien connue, et il se peut fort bien que l'erreur associée à cette correction soit de l'ordre de grandeur de la correction elle-même.

4. *Préparation des sources et auto-absorption.* — Le tableau VII résume les principales opérations mises en œuvre dans la préparation des sources. Le tableau VIII contient des renseignements sur leur épaisseur et sur les corrections d'auto-absorption. Nous allons maintenant considérer l'influence de ces facteurs sur les résultats.

Voici d'abord des causes qui peuvent expliquer les faibles valeurs obtenues par le C.F.N., le G.W.I., l'I.P.A. et le J.E.N. :

C.F.N. — adsorption causée par une dilution de 1:500 avec de l'eau distillée; dépôt de la solution directement sur un support mince d'aluminium (*cf.* tableau VII, note 4).

I.P.A. — trop peu d'Al sur le film; dépôt et pesée de 3 mg seulement sur le support; trop d'insuline et, selon les commentaires du laboratoire, la méthode volumétrique utilisée pour faire la dilution aurait été imprécise.

J.E.N. — séchage complet de l'insuline, qui a donné lieu à des dépôts solides ayant une masse surfacique de $210 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ (*cf.* tableau VII, note 6).

G.W.I. — les causes de l'écart de ce laboratoire ne sont pas évidentes; il est possible que la couche d'or n'ait pas été assez conductrice.

TABLEAU VII
Méthodes de préparation des sources

lab. et numéro ampoule	diluant	facteur de dilution	nature et "épaisseur" du support	traitement du support	méthode utilisée pour déposer la solution sur le support; pesée	diamètre de la source	traitement de la source	échage de la source	activité moyenne	remarques
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)
53 AAEC 55	0,1 N HNO ₃	1:200 1:300 1:500 1:1000 1:30 1:100 1:200 1:300 1:500	VYNS doré sur un côté 27 à 35 µg/cm ²		dépôt par pipette sur le côté non métallisé (note 1)	4-12	1. Insuline: 2 µg ajoutés à la solution de Tl déjà sur le support. 2. Ludox: 5 µg de silice ajoutés à la solution de Tl déjà sur le support. Méthode du sandwich. (note 3)	air	104,6 99,9	Ce laboratoire pense que la différence entre les deux résultats ne s'explique que par des activités différentes dans les ampoules 53 et 55.
2 AECL 3	0,1 N HNO ₃	1:55 1:78	VYNS doré sur un côté 20 µg/cm ²	Insuline	dépôt par pycnomètre en polythène sur le côté non métallisé (note 2a)	~10	Ludox dilué 1:10 ⁴ ajouté à la solution de Tl déjà sur le support. Méthode du sandwich. (note 3)	infra-rouge	102,8 (CP) 101,1 (γ-T)	Le résultat obtenu avec le CP est considéré par AECL comme étant le meilleur des deux. 82 ⁸² Brutilisé comme traceur.
24 AIEA 26	0,1 N HNO ₃	1:50	VYNS doré sur les deux côtés 45 µg/cm ²	addition de 10 mg d'une solution de l'agent mouillant Teepol dilué 1:2500	dépôt par pycnomètre (note 2)	8-10	Ludox: 20 mg de Ludox dilué 1:10 ⁴ ajoutés à la solution de Tl déjà sur le support.	infra-rouge	107,5	⁶⁰ Co utilisé comme traceur. Dans ces mesures l'auto-absorption des β du ²⁰⁴ Tl était égale à 65% de celle des β du ⁶⁰ Co.
BCMN	de 10 à 250 µg/ml de Tl ₂ SO ₄ dans 0,1 N HNO ₃	aucune à 1:45	VYNS doré sur les deux côtés 40 µg/cm ²		dépôt par micropipette (note 1)		1. Ludox: 20 mg de Ludox-5M dilué 1:10 ⁴ ajoutés à la solution de Tl déjà sur le support. 2. Précipitation: traitement au Ludox plus précipitation du Tl avec K ₂ CrO ₄ . Plusieurs heures à plusieurs jours se sont écoulés entre la préparation et le comptage des sources.		102,8	Les sources obtenues par précipitation donnent une activité d'environ 1% plus élevée que celles traitées avec du Ludox seulement.
CENS		~1:250	acétate de cellulose			1-2		infra-rouge	100,5	
12 CFN	eau distillée	~1:500	Al 200 µg/cm ²		(note 1)	5		infra-rouge	93,1	Le dépôt de la solution sur des feuilles minces d'Al peut être une des causes de la faible valeur obtenue. (note 4).
GW1		1:157	VYNS doré 15 à 22 µg/cm ²	Insuline	(note 1)	8-10	Ludox dilué 1:10 ⁴ ajouté à la solution de Tl déjà sur le support.	infra-rouge	97,2	
15 IAR 16	eau distillée	~1:300	VYNS doré sur un côté 7 µg/cm ²		dépôt sur le côté métallisé (note 1)		Mesures faites une heure après la préparation des sources.	infra-rouge	102,1 (CP) 102,5 (G-M)	Les récipients et pipettes utilisés pour les dilutions et les dépôts furent rincés avec une solution de Tl ₂ SO ₄ .

TABLEAU VII (suite)

lab. et numéro ampoule	diluant	facteur de dilution	nature et épaisseur du support	traitement du support (note 6)	méthode utilisée pour déposer la solution sur le support; pesée	diamètre de la source mm	traitement de la source (note 5)	séchage de la source	activité moyens $\mu\text{Ci/g}$	remarques
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)
47 IMM 14	0,1 N HNO_3	pas de dilution et 1:30	celluloïd doré sur les deux côtés 23 à 35 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Insuline masse surfacique du dépôt: 1 à 3 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	(note 1)	≈ 8	15 à 30 heures se sont écoulées entre la préparation et le comptage des sources.	dessiccateur avec CoCl_2	100,9	
19 IPA 20	eau distillée	1:20	poly-styrène métallisé avec Al sur un côté 7 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ 20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Insuline: 1 goutte 200 UI diluée 1:3 déposée sur le support et retirée après qq-secondes	dépôt par micropipette traité avec silicone (note 1)	≈ 3		air	95,6	La nature et l'épaisseur relativement faibles de l'agent conducteur peuvent être une des causes de la basse activité observée.
21 IRK 23	0,6 mg/ml TiNO_3 dans 0,1 N HNO_3	1:100	VYNS doré sur les deux côtés 60 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$		pesée			infra-rouge	101,8	
11 JET	eau distillée	1:100	VYNS doré avec 3 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ sur chaque côté 16 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Insuline: 1 goutte d'une solution de 15% de 40 UI séchée sur le support	(note 1)	≈ 3	15 jours se sont écoulés entre la préparation de la solution et celle des sources.	air	93,3	Plusieurs facteurs peuvent expliquer la faible activité observée: 1. Pas assez d'or sur le support, 2. Trap d'insuline sur le support (note 6), 3. Diluant, dilution et traitement de la source, causes possibles d'adsorption.
29 LNE 30	0,1 N HNO_3	1:68 1:78 1:110	acétate de cellulose doré sur les deux côtés 50 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$	Insuline: dépôt de 1 g de 20 UI, excédent retiré avec papier filtre	dépôt par pycnomètre en verre (note 2L)	9-10	Neutralisation: la solution de 11 sur le support fut neutralisée par addition de 0,1 N NH_4OH . Après séchage les sources furent conservées dans un dessiccateur contenant du NaOH.	infra-rouge	101,6	
NBS	1N HNO_3 20 $\mu\text{g}/\text{ml}$ Ti_2SO_4 dans 1 N HNO_3 50 $\mu\text{g}/\text{ml}$ Ti_2SO_4 dans 1 N HNO_3	1:201 1:264 1:225	formvar poly-styrène, 20 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ placés sur une feuille Al d'environ 200 $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ (note 4)		dépôt par pycnomètre en verre sur le formvar-polystyrène (note 2b)	≈ 5	Ludox: 2 gouttes de Ludox dilué 1:10 ⁴ ajoutées à la solution de 11 déjà sur le support. Après séchage les sources furent placées dans une étuve à 70°C pendant une semaine.	air	105,9 101,9 100,6	Le comptage des dilutions avec le scintillateur liquide a donné exactement la même activité spécifique pour les trois dilutions. Différentes activités avec le compteur 4T(CP) indiquent que l'auto-absorption augmente sensiblement avec l'addition d'un entraîneur.

TABLEAU VII (suite)

lab. et numéro ampoule	diluant	facteur de dilution	nature et épaisseur du support	traitement du support (note 4)	méthode utilisée pour déposer la solution sur le support; pesée	diamètre de la source mm	traitement de la source (note 5)	séchage de la source (i)	activité moyenne $\mu\text{Ci/g}$ (j)	remarques (k)
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)
7 NPL 44	117 $\mu\text{g/ml}$ Ti_2SO_4 dans 0,1 N HNO_3	1:50	VYNS doré sur un côté $20\mu\text{g/cm}^2$	Insuline: dépôt d'une solution de 20 UI diluée 1:30 sur le support, excédent retiré	dépôt par pycnomètre en verre (avec micro- seringue) sur le côté métallisé (note 2b)	~10	1. Séchage sous vide: (freeze drying). La solution de TI sur les supports traités à l'insuline est séchée sous vide; le liquide se congèle. 2. Agent mouillant: 30 mg de l'agent mouillant Johnson 326 dilué à 1:10 ³ ajoutés à la solution de TI déjà sur le côté doré du support non traité avec l'insuline.	vide dessic- cateur	103,1	
33 NRC 35	0,1 N HNO_3	1:40	VYNS doré sur un côté $20\mu\text{g/cm}^2$		dépôt par pycnomètre en polythène sur le côté non métallisé (note 2a)		Utilisation d'un agent mouillant. Méthode du sandwich. (note 3).	infra- rouge	105,5	
36 PTB 38	0,1 N HNO_3 62 $\mu\text{g/ml}$ Ti_2SO_4 dans 0,1 N HNO_3	1:20	VYNS doré sur les deux côtés 45 à 50 $\mu\text{g/cm}^2$	Insuline: 30 mg d'une sol. diluée 1:20; excédent retiré avec papier filtre 0,6 à 1,1 μg solide dans le dépôt.	(note 1)	6	Traitement avec H_2O_2 et NH_3 ; 10% H_2O_2 ajoutés au TI déjà sur le support; séchage sous infra-rouge; redissolu- tion du dépôt avec H_2O_2 dans une atmos- phère de NH_3 pendant deux heures. Séchage sous infra-rouge.	infra- rouge	104,0	Les sources traitées avec H_2O_2 - NH_3 ont donné des activités supérieures de 2% à celles traitées à l'insuline seulement.
40 UVVVR 41	30 $\mu\text{g/ml}$ Ti_2SO_4	1:100	VYNS doré $22\mu\text{g/cm}^2$	Insuline: forme un dépôt d'environ $5\mu\text{g/cm}^2$	dépôt par pycnomètre (note 2)	7-9		dessic- cateur P_2O_5	101,5	

Note 1 - Le support est pesé, puis une aliquote de la solution y est déposée; le support et la solution sont ensuite pesés à des intervalles de temps réguliers. La correction pour l'évaporation est obtenue en extrapolant au temps zéro les masses trouvées en fonction du temps.

Note 2 a) - Pycnomètres en polythène. Ils sont ordinairement fabriqués à partir de biberons de poupées, en effilant le col en un capillaire fin au moyen d'une flamme fine et faible. Les aliquotes sont déposées sur le support en pressant légèrement le récipient qui est pesé avant et après dépôt. On peut se procurer ces biberons à l'adresse suivante: Cascelloid, Abbey Lane, Leicester, England.

b) - Pycnomètres en verre. Le prélèvement de l'aliquote se fait au moyen d'une poire en caoutchouc ou d'une microseringue qui est enlevée pendant les pesées. Le pycnomètre est pesé avant et après dépôt de la solution. Une pratique assez courante consiste à enduire l'intérieur du pycnomètre en verre d'une couche de silicone.

Note 3 - Avant de faire les mesures on superpose à la source un support identique à celui qui sert à la soutenir.

Note 4 - Les feuilles minces d'aluminium sont habituellement pleines de petits trous. Durant le séchage de la source, des dépôts solides peuvent se former dans ces trous et sur leur pourtour, provoquant de l'auto-absorption. Un moyen d'éviter cet inconvénient consiste à déposer tout d'abord la solution sur un film en plastique mince qui est ensuite posé sur la feuille d'aluminium.

Note 5 - Merritt et al. (Anal. Chem., 32, 310, 1960) ont montré que l'usage de la silice colloïdale dans la préparation des sources a pour effet de diminuer l'auto-absorption. Avec environ 20 mg d'une dilution 1:10⁴ du produit "Ludox SM" qui est un sol contenant 15% de SiO_2 , on obtient de bons résultats. Toutefois, il est important de se rappeler que la dilution doit être très fraîchement préparée et que l'effet du Ludox dépend de la quantité ajoutée à la source.

Note 6 - Des solutions d'insuline ayant des concentrations de 20 à 200 UI ont été utilisées, soit directement, soit à la suite de dilutions avec de l'eau. Pour éviter trop de solides, il est préférable de diluer la solution de 20 UI par un facteur de 25 à 30. Une ou deux gouttes de cette dilution sont déposées sur le support et laissées de 5 à 10 minutes; le liquide restant est ensuite enlevé avec une pipette ou un papier absorbant.

TABLEAU VIII

Correction d'auto-absorption *

laboratoire utilisant les compteurs 4- β^2 , CP ou G-M	quantité de sel dans les dilutions $\mu\text{g/g sol.}$ (a)	masse des sources mg (b)	diamètre des sources mm (c)	quantité de solides par source μg (d)	quantité de solides ajoutés aux sources μg (e)	quantité totale de solides par source μg (f)	"épaisseur" des sources $\mu\text{g/cm}^2$ (g)	auto-absorption correction et erreur % (h)	activité massique donnée au tableau II $\mu\text{Ci/g}$ (i)	activité non corrigée pour l'auto-absorption $\mu\text{Ci/g}$ (j)	méthode utilisées pour faire la correction (k)
AAEC	0,6 à 21	25 à 100	4 à 12	0,02 à 2,1	5 silice ou 2 insuline	2,0 à 7,1	16 à 56	2,5	104,6 99,9	102,0 97,4	Courbes de Merritt, Taylor, Compion. Can. J. Chem., 37, 1109, 1959.
AECL	8 à 11	~10	~10	0,07 à 0,11	0,4 silice 1-2 insuline	0,5 à 2,1	0,5 à 2	1,5 \pm 0,7	102,8	101,3	Courbes de Merritt, Taylor, Compion. (ibid.)
BCMN	10 à 250	~30	~5	0,3 à 7,5	0,5 ludox + 0,2 à 4 K_2CrO_4	1,2 à 12,2	6 à 60	0,58 \pm 0,29	102,8	102,2	A partir de la distribution et de la dimension des cristaux; mesure avec diffuseurs entraîneurs.
CENS								0,0	100,5	100,5	
CFN								0,0	93,1	93,1	
CWI		13 à 28	8 à 10	0,05 à 0,11	~10 insuline plus 0,5 ludox	~11	14 à 22	1,0 \pm 1,0	97,2	96,2	
IAR	2	25		0,05	aucune	0,05		0,0	CP 102,1 C-M102,5	102,1 102,5	
IMM	600 20	4,5 40	8 8	2,4 à 3,0 0,8	1-3 insuline	1,8 à 6,0	4 à 12	0,5	100,9	100,4	Dilution.
IPA	30	3	3	0,1	~3 insuline	3,1	44	0,7	95,6	95,9	Une correction de 0,7% a été appliquée pour tenir compte de l'absorption des β à travers l'insuline (40 $\mu\text{g/cm}^2$).
IRK	600	25	2,3	~15		~15	~360		101,8		Comparaison avec des sources mesurées par coïncidences.
JEN	6	10	3	0,06	~10 insuline	10,06	210	0,2 \pm 0,1	93,3	93,1	
LNE	0,6 à 6	~30	9 à 10	~0,02 à 0,18	~1 à 3 insuline	1,0 à 3,0	1 à 5	0	101,6	101,6	Courbes de Yaffe et Fishman. Metr. Rad., p. 185, AIEA, Vienne, 1960.
LABS	3 20 50	50	5	0,2 1,0 2,5	1-2 ludox	1,2 2,0 3,5	6 à 20	0,0 0,0 0,0	105,9 101,9 100,6	105,9 101,9 100,6	Méthode de dilution. Le comptage des trois solutions sous forme de liquide scintillant a montré que les activités massiques étaient les mêmes.
LPL	117	30	10	3,5	~2 insuline ou agent mouillant	5,5	7	2,0 \pm 2,0 - 1,0	103,1	101,0	Courbes de Merritt, Taylor, Compion. Can. J. Chem., 37, 1109, 1959.
NRC	15	15 à 40	5	0,2 à 0,6	agent mouillant ~1	~1,2 à 1,6	6 à 8	4,0 $<$ 1,0	105,5	101,3	Mesures indépendantes utilisant la méthode du γ -traceur (^{60}Co).
PTB	32 à 91	~30	6	1 à 2,7	0,6 à 1,1 insuline	1,6 à 3,8	6 à 13	1,4 \pm 0,4	104,0	102,5	
UVVVR	40		7 à 9		3,1 à 3,2 insuline			~2,0	101,5	99,5	Mesures de coïncidences de radionucléides ayant les mêmes énergies.

* Les valeurs utilisées pour calculer les épaisseurs ont été tirées de données souvent fragmentaires fournies par les laboratoires. Il se peut donc que notre évaluation ne soit pas correcte dans certains cas.

L'I.R.K. a obtenu une activité massique voisine de la moyenne, bien que la masse surfacique des sources ait été de l'ordre de 360 $\mu\text{g/cm}^2$. Toutefois, comme la correction d'auto-absorption appliquée n'est pas connue, il est difficile d'analyser ce résultat.

On a représenté sur la figure 5 les activités massiques, non corrigées pour l'auto-absorption, qui ont été obtenues par les douze autres labora-

toires ayant effectué des mesures à l'aide des compteurs proportionnel et Geiger-Müller. La moyenne arithmétique pour ce groupe est de 101,4 $\mu\text{Ci/g}$. Or, à l'exception de Pune des valeurs de l'A.A.E.C. et du N.B.S., tous les résultats sont voisins de cette moyenne et forment un ensemble bien homogène. Quatre de ces douze laboratoires n'ont fait aucune correction d'auto-absorption, tandis que les autres en ont appliqué une variant de 0,5 à 4,0 %. On peut donc déduire de cette constatation que l'attitude des laboratoires à l'égard de la correction d'auto-absorption à appliquer aux résultats a été une cause d'erreur au moins aussi importante que la technique utilisée pour la préparation des sources.

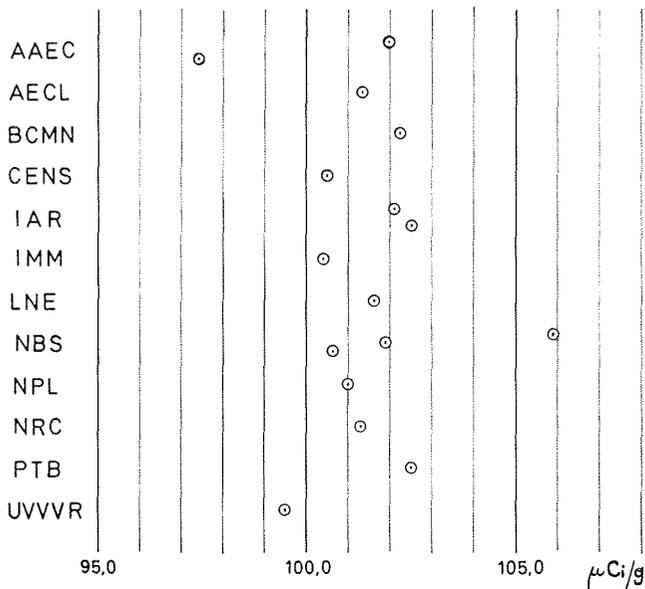


Fig. 5. — Activités massiques obtenues avec les compteurs CP et GM, non corrigées de l'auto-absorption (cf. Tableau VIII, colonne j).

Selon les travaux de Merritt *et al.* (*Can. J. Chem.*, **37**, 1959, p. 1109), la correction d'auto-absorption pour un émetteur ayant une énergie maximale de 0,76 MeV n'est jamais négligeable et serait de 1,5 à 2,5 % pour des sources d'une masse surfacique d'environ 4 $\mu\text{g/cm}^2$ préparées selon les techniques usuelles. Dans cette comparaison trois laboratoires (B.C.M.N., N.B.S. et P.T.B.) ont observé que les activités massiques dépendaient à divers degrés des conditions dans lesquelles les sources étaient préparées. En traitant les sources avec H_2O_2 et NH_3 , la P.T.B. a obtenu des activités massiques supérieures de 2 % à celles données à la suite d'un traitement à l'insuline. Le B.C.M.N. a également obtenu des activités légèrement supérieures en précipitant le thallium avec K_2CrO_4 . En fait, les activités massiques non corrigées pour l'auto-absorption obtenues par le B.C.M.N. et la P.T.B. sont supérieures de 1 % environ à la moyenne des valeurs trouvée ci-dessus (101,4 $\mu\text{Ci/g}$).

Le N.B.S., qui a été le seul laboratoire à utiliser de l'acide 1 N comme diluant, a trouvé que les activités massiques dépendaient fortement de la concentration de Tl_2SO_4 et que l'auto-absorption augmentait sensiblement avec l'addition de petites quantités d'entraîneur. Quelques résultats de ce laboratoire sont extraits ci-dessous des tableaux VII et VIII pour faciliter la discussion :

Solution	I	II	III
Facteur de dilution	201	225	264
Diluant, HNO_3	1 N	1 N	1 N
Tl_2SO_4 (μg) par cm^3 de solution	3	20	50
Quantité de Ludox (μg) ajoutée à chaque source ...	1-2	1-2	1-2
Activité massique ($\mu Ci/g$)	105,9	101,9	100,6

Remarques : Des mesures effectuées par la méthode du liquide scintillant ont montré que les trois solutions présentaient la même activité massique. L'auto-absorption étant affectée par l'addition de 20 μg de Tl_2SO_4 par cm^3 de solution, il est possible que l'activité massique de la solution soit supérieure à 105,9 $\mu Ci/g$.

Il est sans doute incontestable que l'addition de 20 $\mu g/cm^3$ de Tl_2SO_4 augmente l'auto-absorption, mais il est difficile d'imaginer qu'une quantité aussi faible d'entraîneur puisse réduire l'activité massique de 105,9 à 101,9 $\mu Ci/g$ pour un émetteur β de 0,76 MeV. Toutefois, il est possible que le comportement du Ludox en solution acide 1 N explique ces observations. L'oxyde de silice à l'état colloïdal appartient à la classe des émulsoides qui, en présence de fortes concentrations d'électrolytes, se flocculent et absorbent avec avidité les particules chargées. On peut imaginer que l'oxyde de silice en se flocculant absorbe les ions du thallium et se dépose ensuite lentement sur le support en donnant lieu à une couche uniforme et mince où l'auto-absorption est négligeable. Pour la solution I la concentration en Ludox aurait été suffisante pour entraîner tout le thallium, tandis que pour les solutions II et III ce mécanisme n'aurait joué que partiellement.

À la suite de mesures effectuées avec du ^{60}Co par la méthode γ -T, le N.R.C. a appliqué une correction d'auto-absorption de 4 %, la plus élevée de toutes, aux taux de comptage observés avec un système $4\pi\beta$ (CP). Il est ainsi arrivé à une valeur de 105,5 $\mu Ci/g$ pour l'activité massique de la solution de ^{204}Tl . L'A.I.E.A., qui a rapporté le résultat le plus élevé (107,4 $\mu Ci/g$), a également obtenu, en utilisant du ^{60}Co comme traceur, des activités massiques de 3 à 5 % supérieures à celles obtenues par le comptage $4\pi\beta$ (CP) de sources très soigneusement préparées. Par contre, l'A.E.C.L., qui a utilisé du ^{82}Br comme traceur, a trouvé que l'auto-absorption était négligeable. Ces résultats opposés s'expliquent peut-être par l'emploi de traceurs différents. Il est certain que le ^{60}Co , qui ne forme pas de composé chimique avec le ^{204}Tl , et qui a une énergie β maximale bien inférieure à celle du ^{204}Tl , n'est pas un traceur idéal pour ce radionuclide. Il est fort possible que son usage ait introduit des erreurs systématiques qui puissent expliquer le résultat élevé de l'A.I.E.A. et la correction d'auto-absorption du N.R.C. Par ailleurs, le ^{82}Br , qui est en principe

supérieur au ^{60}Co comme traceur du ^{204}Tl , n'a pas donné de bons résultats selon l'A.E.C.L. A cause de l'activité massique relativement faible du ^{204}Tl , l'addition de quantités considérables de TlBr a été requise pour favoriser l'échange ^{204}Tl -TlBr. Il en est résulté des sources épaisses dont l'efficacité ξ était de 78 à 88 % et, par conséquent, l'extrapolation à efficacité 100 % des taux de comptage du ^{204}Tl par rapport à l'efficacité ξ du ^{82}Br a été imprécise. Pour cette raison, l'A.E.C.L. a jugé que le résultat obtenu par la méthode du CP était le meilleur des deux.

D'après les remarques précédentes, il est peu probable que la correction d'auto-absorption soit inférieure à 1 % et supérieure à 4 %, ce qui situerait l'activité spécifique du ^{204}Tl entre 102,4 et 105,4 $\mu\text{Ci/g}$.

B. Compteurs à scintillations.

1. *Corrections et erreurs associées aux mesures d'activité.* — Les principales corrections et erreurs dont il faut tenir compte dans les mesures d'activité massique effectuées à l'aide de liquides ou gels scintillants sont présentées au tableau IX. L'extrapolation au seuil zéro des taux de comptage obtenus en fonction de l'amplitude des impulsions introduit l'erreur la plus importante. Cette erreur dépend de la forme des courbes qui

TABLEAU IX

Corrections et erreurs associées aux activités massiques obtenues avec les compteurs à scintillations

laboratoire	méthode de comptage	corrections			erreurs					
		mouvement propre %	temps mort %	désintégration %	mouvement propre %	temps mort %	désintégration %	stat. %	extrapolation %	autres %
BCMN	LS	0,1 à 0,3	0,4 à 1,3	1,6		0,05	0,21	0,05	0,6	0,14
IAR	LS	1,0 à 8,0	0,0	2,0				0,3		0,5
IKO	LS	0,0 à 6,0	4,0	1,76				0,2	2,0	0,2
	LSP	0,0 à 6,0	4,0	1,92				0,2	2,0	0,2
IRK	LS	0,4 à 0,6	0,2 à 0,4	2,0				0,2		1,0
	GS	0,3 à 0,7	0,3 à 0,6	2,0				0,2		1,0

varie pour chaque radionucléide et dépend de la technique utilisée pour effectuer les mesures. Ainsi, l'I.K.O. a observé une mauvaise linéarité pour les sources mesurées par la méthode du liquide scintillant et a estimé que l'extrapolation au seuil zéro introduisait une erreur de 2 %. Le B.C.M.N. et l'I.K.O. ont calculé qu'une fraction des rayonnements provenant de la couche K à la suite de la capture électronique était détectée; les rayonnements de la couche L, au contraire, ne sont pas enregistrés. Les données utilisées par l'I.K.O. sont présentées dans le tableau V.

2. Préparation des sources et résultats. — Quelques renseignements sur la composition des scintillateurs et des sources, ainsi que les résultats des mesures, sont rassemblés dans le tableau X. La moyenne arithmétique de ce groupe de valeurs est de 102,0 μ Ci/g; il semble raisonnable d'y associer une erreur de ± 2 %.

TABLEAU X

Préparation des solutions pour les mesures effectuées avec les compteurs à scintillations

laboratoire	méthode de comptage	composition du scintillateur	dilution de la solution mère	entraîneur	quantité de solution de ^{204}Tl ajoutée au scintillateur	volume de l'échantillon	activité moyenne μ Ci/g	erreur totale %	remarques
BCMNI	LS	4g PPO + 100g naphthalène par litre de dioxane				20 ml et 100 ml	102,9	1,4	
IAR	LS	10g PBD + 0,4g POPOP + 50g naphthalène par litre de dioxane	v:300		35-40 mg		101,6 100,4	+ 1,0	
IKO	LS	4g PPO + 0,4g POPOP par litre d'un mélange de 80% de toluène et 20% d'alcool	1:40 1:40 1:40	1mg $\text{Tl}_2\text{SO}_4/\text{g}$ 2 " " 3 " "	50 mg	15 ml	102,8	± 2	Trois courbes obtenues pour différentes tensions furent extrapolées au seuil zéro; les courbes n'étaient pas linéaires et n'avaient pas de maximum; l'extrapolation était donc difficile.
	LSP	4g PPO + 0,4g POPOP par litre d'isopropyl-biphenyl	1:40	1mg $\text{Tl}_2\text{SO}_4/\text{g}$		7 gouttes	104,0	± 2	Correction de 1,4% pour l'absorption des β dans le papier filtre.
IRK	LS	4g p-terphenyl + 0,1g POPOP par litre de toluène	1:100	6mg TlNO_3/ml			101,1	2	
	GS	4g p-terphenyl + 0,1g POPOP + 6% Al-stéarate par litre de toluène	1:100	6mg TlNO_3/ml			99,89	2	

PBD : phenyl-biphenyloxadiazole

POPOP : 1,4 - D I [2(5-phenyloxazole)] - benzène

PPO : diphenyloxazole.

En tenant compte des erreurs, les compteurs à scintillations et les méthodes des CP, G-M et γ -T (CP) ont donné des valeurs comparables pour l'activité massique de la solution de ^{204}Tl . Toutefois, en observant la dispersion, l'écart-type et le fait qu'aucune des six valeurs ne s'écarte beaucoup de la valeur moyenne, il faut noter que les méthodes des LS, LSP et GS conduisent à des résultats plus cohérents que ceux obtenus à l'aide des compteurs 4π . La correction due à l'extrapolation au seuil zéro, bien que délicate à manier, semble introduire des erreurs inférieures à celles qui entachent la correction d'auto-absorption dans les comptages 4π .

TABLEAU XI

Résultats obtenus par les laboratoires ayant participé aux comparaisons de 1961-1962 ($\mu\text{Ci/g}$)

Laboratoire	Janvier 1961 32 _p	Avril 1961 131 _I	Janvier 1962 198 _{Au}	Janvier 1962 60 _{Co}	Mai 1962 204 _{Tl}	Juin 1962 35 _S
AAEC					CP 104,6 99,9	
AECL	CP 10,76	$\beta\gamma$ 10,30	$\beta\gamma$ 99,7	$\beta\gamma$ 4,669	CP 102,8 γT 101,1	γT 14,42
AEE			$\beta\gamma$ 100,1 CP 99,8	$\beta\gamma$ 4,783		
AIEA	CP 10,73	$\beta\gamma$ 10,29	$\beta\gamma$ 99,3	$\beta\gamma$ 4,687	γT 107,5	
BCMNI	CP 10,84 LS 10,83	$\beta\gamma$ 10,21 CP 10,20 LS 10,16	$\beta\gamma$ 100,4 CP 99,7 LS 99,9	$\beta\gamma$ 4,649 LS 4,647 CP 4,62 CI 4,66	CP 102,75 LS 102,89	γT 14,1 CP 13,9 LS 13,8 CIG 14,15
BIPM			CP 101,1	$\beta\gamma$ 4,738		
CENS	G-M 10,83				G-M 100,5	G-M 14,00
CFN			G-M 100,3	G-M 4,702	G-M 93,12	
DAECRE		$\beta\gamma$ 10,41	$\beta\gamma$ 96,8	$\beta\gamma$ 4,59		
EL		$\beta\gamma$ 10,37 CP 10,23	$\beta\gamma$ 99,72	$\beta\gamma$ 4,683		γT 14,87
EWI		CP 10,27			CP 97,21	
IAR	CP 10,66 PS 10,66	$\beta\gamma$ 10,57 CP 10,17	$\beta\gamma$ 101,4 CP 99,8 G-M 101,0 LS 98,0	$\beta\gamma$ 5,02 CP 4,88 4,75	CP 102,1 G-M 102,5 LS 101,0	γT 15,1 CP 14,8 LS 13,85
IFM	CP 11,0	$\beta\gamma$ 10,36	$\beta\gamma$ 101,3	2 $\beta\gamma$ 4,69		
IKO	PS 11,01 LS 10,89	$\beta\gamma\text{LS}$ 10,42 $\beta\gamma\text{LSP}$ 10,28 $\beta\gamma\text{PS}$ 10,27 LS 10,26	$\beta\gamma\text{PS}$ 99,9 $\beta\gamma\text{LSP}$ 99,1 LS 98,4	$\beta\gamma\text{PS}$ 4,653 $\beta\gamma\text{LSP}$ 4,697 $\beta\gamma\text{LS}$ 4,639 LS 4,634	LS 102,8 LSP 104,0	LS 12,67
IMM	CP 10,79			$\beta\gamma$ 4,700 CP 4,700	CP 100,9	
IPA				$\beta\gamma$ 4,59	CP 95,6	CP 13,0
IRK			$\beta\gamma$ 100,0 LS, GS 99,2	$\beta\gamma$ 4,718 $\beta\gamma$ 4,686 LS 4,685 GS 4,693	CP 101,8 LS 101,1 GS 99,89	
ISN						CP 14,3
JER			$\beta\gamma\text{PS}$ 100,3 CP 99,2		CP 93,30	
KIA			CP 98,1			
LINE	G-M 10,39	G-M 10,32		CP 4,852	CP 101,6	CP 14,06
NBS	CP 10,65	CP 10,43 CI 10,41	$\beta\gamma$ 100,2 CP 100,1	$\beta\gamma$ 4,700 $\gamma\gamma$ 4,719 CP 4,689	CP 105,9 101,9 100,6	CP 14,60
NPL	CP 10,64 CI 10,92	$\beta\gamma$ 10,34 CP 10,33	$\beta\gamma$ 100,2	$\beta\gamma$ 4,684	CP 103,1	γT 13,94
NPRL	CP 10,80 LS 10,85	$\beta\gamma$ 10,26 $\beta\gamma\text{LS}$ 10,16		$\beta\gamma\text{LS}$ 4,621		$\gamma\text{T}(\text{LS})$ 15,34
NRC	CP 10,66	$\beta\gamma$ 10,31	$\beta\gamma$ 99,8	$\beta\gamma$ 4,659	CP 105,5	γT 14,70
PTB	CP 10,84 CI 10,84	$\beta\gamma$ 10,36 CP 10,34 CI 10,36	$\beta\gamma$ 100,2	$\beta\gamma$ 4,697 CI 4,703	CP 104,0	CP 14,65
UVVVR			$\beta\gamma$ 99,3	$\beta\gamma$ 4,623	CP 101,5	CP 13,97

Les laboratoires suivants n'ont pas participé à la comparaison du ²⁰⁴Tl:

AEE	Atomic Energy Establishment, Trombay, Bombay, Inde	
EL	Electrotechnical Laboratory, Tokyo, Japon	CI : chambre d'ionisation
IFM	Institut de Física y Matemáticas, Santiago, Chili	CIG : comptage interne d'un gaz
ISI	Institut des Sciences Nucléaires, Boris Kierich-Vinča, Belgrade, Yougoslavie	PS : plastique scintillant
KIA	Institut for Atomenergi, Kjeller, Lillestrøm, Norvège	
NPRL	National Physical Research Laboratory, Pretoria, Afrique du Sud.	

IV. CONCLUSION

L'hypothèse selon laquelle les difficultés rencontrées dans les mesures d'activité du ^{204}Tl seraient dues à un comportement radiochimique anormal de ce radionuclide ne peut être complètement éliminée, mais les résultats et les observations qui ont été analysés dans ce rapport ne semblent nullement la corroborer. Lui attribuer la dispersion des résultats apparaît comme une solution trop facile.

Ce rapport semble montrer par ailleurs que cette dispersion peut être expliquée en grande partie par les erreurs introduites dans les corrections suivantes: auto-absorption, absorption des β dans le support, efficacité de détection des rayonnements provoqués par la capture électronique. Ces trois phénomènes ont été peu étudiés et sont en général mal connus dans le cas du ^{204}Tl . Il semble donc que la ligne de conduite consistant à étudier soigneusement ces trois points soit toute tracée si l'on désire améliorer les mesures d'activité de ce radionuclide.

Le problème de l'absorption des β du ^{204}Tl ne se pose pas lorsque l'on utilise les méthodes des LS, LSP et GS qui ont donné de bons résultats dans cette comparaison. Il serait certainement intéressant qu'elles soient davantage utilisées.

Nous remercions MM. A. Allisy, V. Naggiar et A. Rytz qui ont bien voulu lire notre manuscrit et nous faire des critiques dont nous avons largement tenu compte.

(Mars 1963)

ANNEXE 7

SUR LA DÉFINITION DES GRANDEURS ET DES UNITÉS EN DOSIMÉTRIE

Par J. FRÄNZ

Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

La première définition d'un concept physique de dose pour les rayons X a été donnée dès 1913 par le Suisse Th. Christen. Elle fut ainsi formulée :

« La dose physique est égale à la quantité d'énergie de rayons X qui est absorbée dans un élément de matière, divisée par le volume de cet élément ».

Cette définition, énoncée correctement du point de vue de la physique, a été malheureusement oubliée pendant très longtemps.

La première définition d'une unité de dose utilisable pour des mesures pratiques, et d'ailleurs toujours employée, a été proposée en 1924 par H. Behnken, alors chef du laboratoire des rayons X de la Physikalisch-Technische Reichsanstalt.

« L'unité absolue de dose de rayons X est délivrée par la quantité d'énergie de rayons X qui produit — par irradiation de 1 cm³ d'air à la température de 18° et sous une pression de 760 mm de mercure, en utilisant complètement les électrons formés dans l'air et en éliminant les influences des parois — une conductibilité telle que la quantité d'électricité mesurée à courant de saturation est égale à une unité électrostatique. L'unité de dose est appelée röntgen et désignée par R.

La teneur de cette définition est rattachée de manière évidente à la méthode de mesure ionométrique à l'aide de la chambre d'ionisation cylindrique décrite par Holthusen (1919) et toujours utilisée comme étalon. Cependant, elle ne correspond pas, à plusieurs égards, à la façon de définir une unité en physique et est bien plus un mélange d'une définition d'une

grandeur, d'une description d'une méthode de mesure et d'une définition d'une unité.

La définition du röntgen, donnée par Behnken, a été acceptée par le Congrès International de Radiologie de 1928, en changeant la température de référence du volume d'air de 18 °C à 0 °C, le symbole R en r, et en introduisant des petites modifications qui ne sont pas des améliorations. On a surtout oublié, là aussi, de définir d'abord clairement la grandeur « dose », et ensuite son unité. Il faut dire que Behnken a rappelé en 1934 l'ancienne définition de dose de Christen et proposé de la rattacher de préférence à la masse d'un élément de matière et non à son volume. Cette proposition a été probablement le motif qui a conduit le Congrès International de Radiologie de 1939 à ramener la définition du röntgen à une *masse* d'air et non pas à un *volume* d'air :

« The roentgen shall be the quantity of X- or Gamma-radiation such that the associated corpuscular emission per 0,001 293 gram of air produces, in air, ions carrying 1 electrostatic unit of quantity of electricity of either sign ».

Cette définition du röntgen a été maintenue dans les recommandations de 1953 de la Commission Internationale des Unités Radiologiques (I.C.R.U.). Une définition de la grandeur (concept) « dose » mesurée en röntgens n'a jamais été formulée, ni par le Congrès International de Radiologie ni par l'I.C.R.U., pendant toute cette période. Dans la définition du röntgen donnée en 1939, le mot « dose » n'apparaît même pas, mais on parle de « quantity of X-or Gamma radiation ». Dans les recommandations de 1953 de l'I.C.R.U. on trouve néanmoins, avant la définition du röntgen, la phrase : « The roentgen (r) remains the unit of X- and Gamma-ray dose ».

Cette confusion de conception, le manque d'une définition de la grandeur physique et l'emploi du terme « quantity of X or Gamma radiation » qui n'est pas défini, ont conduit durant des dizaines d'années à des divergences d'opinions et à beaucoup de discussions sur l'interprétation des expressions. En Allemagne, l'expression « quantité de rayonnement » (quantity of radiation) dans la définition du röntgen a été toujours interprétée comme l'énergie des rayons X absorbée dans l'élément d'air ou, plus précisément, transformée en énergie d'électrons secondaires, ce qui correspond aussi à la définition de la dose de Christen. Des physiciens anglais ont également soutenu cette opinion. Mayneord (1929) dit : « The dose is the total quantity of energy absorbed per cubic centimeter » et Gray (1933) : « The dose at any point is measured by the air-ionization equivalent of that part of the quantum energy which would be transformed into corpuscular energy by absorption in an infinitesimal volume of dry air ».

L'I.C.R.U., au contraire, a soutenu, peut-être sous l'influence des radiologues américains, l'opinion que l'expression « quantity of radiation » se rapporte à toute l'énergie de rayons X *entrant* dans l'élément d'air ; « quantity of radiation » est défini dans les recommandations de 1953 de l'I.C.R.U. comme « l'intégrale de l'intensité » en fonction du temps. Cette opinion, d'après laquelle le débit de dose (par exemple mesuré en R/s) serait identique à la « densité de flux énergétique » du rayonnement X à l'endroit de la mesure, a en particulier conduit l'I.C.R.U. à définir en 1953 une nouvelle grandeur dont la définition est analogue à celle de la « dose physique » de Christen modifiée par Behnken, et à l'appeler « absor-

bed dose » (unité rad). C'est ainsi que cette grandeur est interprétée par l'I.C.R.U. comme la partie absorbée d'une « dose incidente » nommée « quantity of radiation » ou « time integral of intensity » (1) pour laquelle le röntgen doit être l'unité d'après la définition qui en est donnée ci-dessus. On ne peut évidemment pas maintenir cette interprétation, du moins dans sa dernière partie. Car, d'après la définition du röntgen, la grandeur réellement mesurée est le quotient des charges des ions produits dans l'air par des électrons libérés par les rayons X dans un élément de volume d'air, par la masse de l'élément de volume d'air. Cependant cette grandeur n'est pas proportionnelle au « time integral of intensity » lui-même, mais au produit de ce « time integral » par le « coefficient d'absorption d'énergie massique » de l'air, qui dépend de l'énergie des photons; c'est-à-dire qu'à des valeurs égales de la « dose » mesurée en röntgens pour différentes énergies des photons correspondent des valeurs différentes du « time integral of intensity ». Malgré cette faute évidente dans l'interprétation, l'I.C.R.U. a persisté à maintenir sa conception. Dans ses recommandations de 1956 et 1959 l'I.C.R.U. a donné à la grandeur mesurée en röntgens, et en général appelée précédemment « dose », le nom de « exposure dose » qu'elle a essayé de définir, d'après ses propres mots « in loose terms », comme suit :

« Exposure dose of X- or Gamma-radiation at a certain place is a measure of the radiation that is based upon its ability to produce ionization ».

Ce n'est pas une définition au sens où on l'entend en physique, qui exige de ramener la grandeur à définir à des grandeurs de base déjà connues (par exemple longueur, masse, temps, intensité de courant électrique dans le Système International). Toutefois, les remarques annexées aux définitions contenaient déjà une indication sur la façon dont on pourrait définir « exposure dose » correctement. Le Rapport 10 a de 1962 donne maintenant une définition correctement formulée de la grandeur mesurée en röntgens, ainsi qu'une définition de l'unité elle-même :

$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg}$. L'ancienne interprétation est maintenue malgré tout par la majorité de l'I.C.R.U., ainsi que le montrent le choix du nom « exposure » actuellement retenu pour la grandeur, la phrase : « it may be convenient to describe the field of indirectly ionizing particles in terms of the kerma rate for a specified material » dans la note (d) concernant la grandeur kerma qui, relative à l'air, est l'équivalent énergétique de l'« exposure », ainsi que la phrase de l'introduction du Rapport 10 a : « One rad is approximately equal to the absorbed dose delivered when soft tissue is exposed to one röntgen of medium voltage X-radiation ».

Dans la suite, les relations entre les grandeurs employées en général pour la description d'un champ de rayonnement et les grandeurs dosimétriques seront décrites sommairement. Ces concepts et grandeurs servent à la description de l'enchaînement causal suivant : des *sources de rayonnement* produisent un *champ de rayonnement*, le champ de rayonnement produit des *effets* physiques (et chimiques) sur la *matière*. Les changements

(1) Pour cette grandeur on a choisi la désignation de « energy fluence » dans le Rapport 10 a (1962) de l'I.C.R.U. (National Bureau of Standards Handbook 84).

biologiques ou médicaux dans les systèmes organiques, qui sont une conséquence des réactions physiques dans la matière, ne sont pas envisagés ici; ils interviennent uniquement dans les discussions sur l'évaluation biologique de la dose de différents rayonnements en relation avec la protection contre les radiations ou la radiothérapie.

Pour décrire une *source de rayonnement* il faut indiquer le genre, le débit d'émission, la distribution en direction et en énergie des particules émises. L'activité d'une substance radioactive, par exemple, est une grandeur rentrant dans cette catégorie. Pour avoir une description complète d'un *champ de rayonnement* dans le cas presque toujours réalisé d'un rayonnement incohérent et non polarisé, il faut indiquer la puissance

$$B_q(\vec{r}, \theta, \psi) dq d\omega dA$$

pour toutes les particules d'un type donné, dont l'énergie (sans l'énergie au repos) est comprise entre q et $q + dq$, dirigées au point \vec{r} à l'intérieur d'un élément d'angle solide $d\omega$ de directions θ, ψ et traversant normalement l'élément d'aire dA en ce point. Cette grandeur doit être donnée en fonction du temps pour toutes les directions θ, ψ pour tous les points \vec{r} . Dans bien des cas, par exemple en relation avec la dosimétrie, il peut être suffisant d'indiquer la densité de flux énergétique I pour les points et les temps envisagés

$$I = \int_0^{4\pi} \int_0^q B_q dq d\omega = \int_0^{4\pi} B d\omega = \frac{d^2W}{dA dt},$$

où d^2W est la somme des énergies (sans les énergies au repos) de toutes les particules qui entrent pendant le temps dt dans une sphère dont l'aire d'un grand cercle est dA , et $B = \int_0^q B_q dq$. De même, la densité de flux de particules φ peut servir à caractériser de manière incomplète un champ de rayonnement

$$\varphi = \int_0^{4\pi} \int_0^q \frac{B_q}{q} dq d\omega = \frac{d^2N}{dA dt},$$

où d^2N est le nombre de particules qui entrent dans une sphère dont l'aire d'un grand cercle est dA .

Dans l'*action* d'un champ de rayonnement sur la *matière* il y a en général une série compliquée de réactions physiques (ou chimiques) qui, pour une grande part, ne sont pas connues dans tous les détails. On peut cependant définir et déterminer quelques grandeurs qui décrivent sommairement le transfert local de l'énergie du rayonnement à la matière, ou qui sont en relation avec ce transfert, et auxquelles on peut rattacher certaines conséquences telles que, par exemple, les actions biologiques et médicales.

L'action initiale d'un rayonnement indirectement ionisant sur la matière consiste dans le transfert d'énergie aux particules directement ionisantes. Cette action est décrite succinctement par une grandeur souvent appelée « débit de dose de première collision », et dénommée « débit de kerma » par l'I.C.R.U. Elle est définie comme la somme des énergies cinétiques initiales de toutes les particules chargées libérées par les particules indirectement ionisantes ou les photons dans un élément de volume d'une matière

donnée, divisée par la masse de cet élément et par le temps. Les particules directement ionisantes cèdent leur énergie à la matière en excitant ou ionisant les molécules, ou par d'autres processus tels que le changement de l'énergie de liaison. L'énergie dW_i , qui est de cette façon communiquée à un élément de matière de masse dm pendant le temps dt , divisée par dm et dt , est la grandeur essentielle de « dose »; elle est nommée par l'I.C.R.U. par suite de l'interprétation mentionnée ci-dessus, « absorbed dose rate », et en Allemagne « Energiedosisleistung ».

Le débit de kerma K' est relié à la densité de flux énergétique I du rayonnement indirectement ionisant par le coefficient de transfert d'énergie massique κ/ρ (ou μ_{tr}/ρ) du rayonnement envisagé pour la matière envisagée :

$$K' = \frac{\kappa}{\rho} I.$$

Il n'existe pas de relation valable en toutes circonstances entre le débit de dose absorbée D' et le débit de kerma. L'équation $D' = K'$ s'applique seulement dans le cas d'équilibre des particules secondaires, c'est-à-dire lorsque la somme des énergies de toutes les particules secondaires qui entrent dans un élément de matière est égale à la somme des énergies de toutes les particules secondaires qui quittent cet élément.

Malheureusement, le débit de kerma et le débit de dose absorbée ne sont pas mesurables directement dans une matière telle que, par exemple, les tissus musculaires. La seule méthode pratique de mesure absolue du débit de dose absorbée repose sur l'ionisation des gaz.

Dans des gaz simples les effets produits par un rayonnement directement ionisant sont relativement clairs; pour un type de rayonnement donné une fraction presque constante de l'énergie cédée au gaz (à peu près la moitié) produit l'ionisation, le reste produisant l'excitation des molécules. Cette fraction est, dans de larges limites, presque indépendante de l'énergie des particules. Pour cette raison, la charge Q_i des ions produits dans un gaz est proportionnelle à l'énergie W_i communiquée au gaz, c'est-à-dire que $W_i = U_g \cdot Q_i$, avec $U_g = W_{eg}/e$, où W_{eg} est l'énergie moyenne nécessaire à la production d'une paire d'ions dans le gaz, et e est la charge de l'électron; dans le cas des électrons ionisants de l'air, U_g a la valeur $U_A = 34$ V.

L'idée de base de la dosimétrie des rayons X était de mesurer une grandeur, qu'on peut appeler, d'après la terminologie d'aujourd'hui, l'« équivalent ionique du kerma pour l'air dans l'air ». En réalité, il n'est pratiquement pas possible de mesurer un telle grandeur directement. En effet, une telle mesure exige que l'on expose aux rayons X un petit élément d'air, sans exposer l'air entourant cet élément, et que l'on mesure la charge des ions que les électrons secondaires libérés dans l'élément produisent dans cet élément lui-même et dans l'air environnant. Une mesure est possible seulement lorsque la condition d'équilibre électronique est remplie. Pour effectuer cette mesure on construit une chambre d'ionisation spéciale (Holthusen) dans laquelle une couche d'air d'une épaisseur suffisante est mise devant et derrière le volume de mesure, de telle manière que les électrons secondaires qui quittent le volume de mesure soient exactement compensés par les électrons secondaires qui entrent dans ce volume en provenance des couches voisines du volume de mesure. De

cette façon — l'équilibre électronique dans l'air étant réalisé — un quotient de charge par masse peut être mesuré; il est numériquement égal à la grandeur cherchée (exposition) et proportionnel non seulement au kerma K_A mais aussi à la « dose énergétique » (absorbed dose) D_A dans l'air; car pour l'équilibre électronique $D = K$. Le coefficient de proportionnalité est égal à la valeur U_A donnée plus haut.

La condition d'équilibre électronique est uniquement réalisable avec suffisamment de précision dans le cas de rayons X comportant des photons dont l'énergie est inférieure à quelques mégaelectronvolts; aux énergies plus élevées l'« exposition » n'est par conséquent plus utilisable.

Dans le cas des rayons X durs, D peut être déterminé d'après la méthode de Bragg-Gray. On mesure, d'après cette méthode, la grandeur $J = \frac{dQ_i}{dm}$ dans une petite cavité remplie d'air au sein de la matière envisagée, ou dans un fantôme correspondant; dQ_i est la somme des charges électriques de tous les ions de même signe, produits dans la cavité par le rayonnement ionisant, et dm est la masse d'air dans cette cavité. La « dose énergétique » D_A dans l'élément d'air est alors

$$D_A = \frac{dW_i}{dm} = U_A \cdot J,$$

où U_A est la valeur de U_q pour l'air. Suivant le principe de Bragg-Gray, la « dose énergétique » D_M dans un petit élément de matière situé au voisinage immédiat de la cavité est égale à $D_M = S_{MA} \cdot D_A$. L'expression S_{MA} est le rapport des transferts d'énergie massique pour les électrons secondaires dans la matière M et dans l'air. Dans le cas le plus intéressant d'une substance de numéro atomique faible (par exemple les tissus mous) S_{MA} est presque égal au rapport des pouvoirs d'arrêt massiques respectifs.

La grandeur J n'est pas comprise dans les définitions du Rapport 10 a de l'I.C.R.U. Ce rapport ne contient donc aucune grandeur convenant à une mesure dosimétrique directe dans une région d'énergies de photons de plus de 3 MeV.

En collaboration avec la Kommission für Dosimetrie, Radiologische Einheiten und Strahlenschutz der Deutschen Röntgengesellschaft, le Fachnormenausschuss Radiologie a adopté la grandeur J parmi ses définitions énoncées dans Normblatt DIN 6809. Parce qu'elle est « l'équivalent ionique de la dose énergétique dans l'air » elle a reçu le nom de « Ionendosis ». Lorsqu'il y a équilibre électronique dans l'air, la valeur numérique de la « Ionendosis » est égale à celle de l'« exposition » qui, de son côté, ne peut être mesurée qu'à l'équilibre électronique. Tandis que la définition de l'« exposition » $X = \frac{dQ}{dm}$ exige, par principe, la mesure d'une charge d'ions dQ , qui se forme essentiellement hors de l'élément d'air de référence de masse dm , la charge d'ions dQ_i de la « Ionendosis » $J = \frac{dQ_i}{dm}$ est formée aussi dans le cas de l'équilibre électronique dans l'élément d'air de masse dm lui-même. L'« exposition » est aussi, contrairement à l'opinion de l'I.C.R.U., une « grandeur de dose » et non pas une grandeur qui décrit le champ de rayonnement. C'est pourquoi les commissions allemandes citées ont décidé d'employer, au lieu de la grandeur « exposition », la gran-

deur « Ionendosis bei Elektronengleichgewicht » qui a la même valeur numérique, et de l'appeler « Standard-Ionendosis ». « Ionendosis » et « Standard-Ionendosis » ayant la dimension d'une charge électrique divisée par une masse, on a décidé d'utiliser le röntgen, défini par

$$1 \text{ R} = 2,58 \times 10^{-4} \text{ C/kg},$$

comme unité spéciale de ces deux grandeurs.

La figure 1 indique les variations des grandeurs $X' = \frac{dX}{dt}$ (« exposure rate ») ou $J'_s = \frac{dJ_s}{dt}$ (« Standard-Ionendosisleistung ») en un point en fonction de l'énergie E_γ des photons de faisceaux de rayons X monochromatiques dont les densités de flux énergétiques sont constantes en ce point. Dans le même domaine d'énergie des photons, le quotient du « débit de dose énergétique » dans l'air par l'« exposure rate » ou « Standard-Ionendosisleistung » est pratiquement constant.

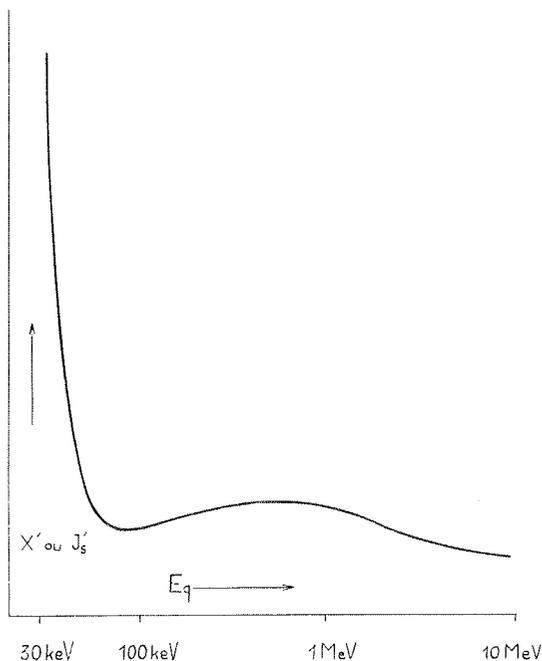


Fig. 1.

Dans les tissus mous, le quotient du « débit de dose énergétique » par l'« exposure rate » ou « Standard-Ionendosisleistung » ne varie que de $\pm 3 \%$.

(23 avril 1963)

TABLE DES MATIÈRES

COMITÉ CONSULTATIF POUR LES ÉTALONS DE MESURE DES RADIATIONS IONISANTES 4^e Session (1963)

	Pages.
Avertissement historique	5
Liste des Membres	7
Ordre du Jour	10
Rapport au Comité International des Poids et Mesures, par C. Garrett.	
Adoption des Rapports des Groupes de travail. Activité de la Section des radiations ionisantes du Bureau International (rayons X, radionuclides, mesures neutroniques). Laboratoires de la Section des radiations ionisantes du Bureau International (<i>Recommandation R 1</i>). Activités, tâches et réunions futures des Groupes de travail. Unités et symboles des grandeurs relatives aux radiations ionisantes; adoption du Rapport 10 a de l'I.C.R.U. Questions diverses (publication des résultats des comparaisons internationales)	11
<i>Recommandations R 2 et R 3 concernant les unités spéciales d'activité (curie) et d'exposition (röntgen)</i>	17
Annexes	
1. <i>Rapports des Groupes de travail</i>	19
2. B.I.P.M. — <i>Résultats de la comparaison du Phosphore 32 (Janvier 1961)</i> ..	29
3. N.R.C. (Canada). — <i>Rapport sur la comparaison internationale de l'Iode 131 (Avril 1961)</i> , par A. P. Baerg	35
4. N.P.L. (Royaume-Uni). — <i>Rapport sur la comparaison internationale de l'Or 198 (Janvier 1962)</i> , par P. J. Campion	47
5. I.M.M. (U.R.S.S.). — <i>Rapport sur la comparaison internationale du Cobalt 60 (Janvier 1962)</i> , par A. E. Kotchine	53
6. B.I.P.M. — <i>Rapport sur la comparaison internationale du Thallium 204 (Mai 1962)</i> , par J. C. Roy et L. Cavallo	59
7. <i>Sur la définition des grandeurs et des unités en dosimétrie</i> , par J. Fränz	83

IMPRIMERIE DURAND
LUISANT-CHARTRES (EURE-ET-LOIR)

Dépôt légal, Imprimeur, 1964, n° 38
Dépôt légal, Éditeur, 1964, n° 1237

ACHEVÉ D'IMPRIMER LE 2-7-1964

Imprimé en France