

NORME INTERNATIONALE

ISO
8769

Première édition
1988-06-15



INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION
ORGANISATION INTERNATIONALE DE NORMALISATION
МЕЖДУНАРОДНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ

Sources de référence pour l'étalonnage des moniteurs de contamination de surface — Émetteurs bêta (énergie bêta maximale supérieure à 0,15 MeV) et émetteurs alpha

iteh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

*Reference sources for the calibration of surface contamination monitors — Beta-emitters
(maximum beta energy greater than 0,15 MeV) and alpha-emitters*

ISO 8769:1988

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b6c8085-82b8-4670-9812-5c91bd996d64/iso-8769-1988>

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour approbation, avant leur acceptation comme Normes internationales par le Conseil de l'ISO. Les Normes internationales sont approuvées conformément aux procédures de l'ISO qui requièrent l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

La Norme internationale ISO 8769 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire*.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b6c8085-82b8-4670-9812-5c91bd996d64/iso-8769-1988>

L'attention des utilisateurs est attirée sur le fait que toutes les Normes internationales sont de temps en temps soumises à révision et que toute référence faite à une autre Norme internationale dans le présent document implique qu'il s'agit, sauf indication contraire, de la dernière édition.

Sommaire

	Page
0 Introduction	1
1 Objet et domaine d'application	1
2 Références	1
3 Définitions	1
4 Traçabilité des sources de référence	2
5 Spécification des sources types	3
6 Instruments de transfert	5
Bibliographie	5

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

[ISO 8769:1988](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b6c8085-82b8-4670-9812-5c91bd996d64/iso-8769-1988)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b6c8085-82b8-4670-9812-5c91bd996d64/iso-8769-1988>

Page blanche

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 8769:1988

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/1b6c8085-82b8-4670-9812-5c91bd996d64/iso-8769-1988>

Sources de référence pour l'étalonnage des moniteurs de contamination de surface — Émetteurs bêta (énergie bêta maximale supérieure à 0,15 MeV) et émetteurs alpha

0 Introduction

La contamination radioactive des surfaces peut résulter d'écoulements, d'éclaboussures ou de fuites de sources non scellées et peut présenter les risques suivants pour la santé :

- a) exposition externe de parties du corps à proximité de la surface;
- b) inhalation, ingestion ou passage dans l'organisme par des blessures de matières radioactives libérées par la surface.

Le besoin d'une surveillance efficace de la contamination de surface est reconnu depuis longtemps ^[1]. La contamination de surface est quantifiée en termes d'activité surfacique. Cette dernière grandeur sert à spécifier des « limites dérivées », c'est-à-dire les limites maximales de contamination de surface. Ces limites sont fondées sur des considérations liées à la protection contre les rayonnements et ont été déduites ^[1,2] des valeurs limites d'équivalent de dose ou d'incorporation, telles que les recommande la Commission internationale de protection contre les radiations (CIPR) ^[3]. Les valeurs numériques des limites dérivées ont connu dans le passé des variations considérables, à la fois entre pays ^[2] et entre différents établissements ^[1]. Les limites dérivées figurent dans de nombreux textes réglementaires. Une étude récente ^[4] a révélé qu'il existe dans de nombreux pays des réglementations ou des codes pratiques faisant force de loi, qui se rapportent spécifiquement à la surveillance de la contamination des surfaces.

La présente Norme internationale est née du besoin de sources de référence normalisées pour l'étalonnage des moniteurs de contamination de surface. L'utilisation de telles sources de référence est donnée notamment dans l'ISO 7503-1.

Alors que les textes réglementaires se réfèrent à la contamination de surface en termes d'activité surfacique, la réponse des instruments de surveillance est directement liée au rayonnement émis par la surface, plutôt qu'à l'activité superficielle ou interne de la surface. Compte tenu des variations des propriétés d'absorption et de diffusion des surfaces réelles, on ne peut admettre qu'il existe généralement une relation simple et connue entre le flux d'émission de surface et l'activité surfacique. Le besoin de sources de référence spécifiées en termes de flux d'émission de surface aussi bien que d'activité est donc patent.

Dans la présente Norme internationale, on a lié ces termes en introduisant le concept d'efficacité de la source. Un système d'instruments de transfert permet la traçabilité des sources de référence aux étalons nationaux.

1 Objet et domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les caractéristiques de sources de référence, traçables à des étalons nationaux de mesurage, permettant l'étalonnage des moniteurs de contamination de surface. Elle se rapporte aux émetteurs alpha et aux émetteurs bêta dont l'énergie bêta maximale est supérieure à 0,15 MeV. Elle ne décrit pas les modes opératoires qu'implique l'utilisation de ces sources de référence pour l'étalonnage des moniteurs de contamination de surface. Ces modes opératoires sont spécifiés dans la Publication CEI 325.

La présente Norme internationale spécifie que les rayonnements de référence pour l'étalonnage des moniteurs de contamination de surface doivent provenir de sources de grande surface convenablement spécifiées et caractérisées, sans exception, en termes d'activité et de flux d'émission de surface, l'évaluation de ces grandeurs étant traçable à des étalons nationaux.

2 Références

ISO 921, *Vocabulaire de l'énergie nucléaire*.

ISO 6980, *Rayonnements bêta de référence pour l'étalonnage des dosimètres et débitmètres et la détermination de leur réponse en fonction de l'énergie bêta*.

ISO 7503-1, *Évaluation de la contamination de surface — Partie 1: Émetteurs bêta (énergie bêta maximale supérieure à 0,15 MeV) et émetteurs alpha*.

Publication CEI 50 (391), *Vocabulaire Électrotechnique Internationale — Détection et mesure par voie électrique des rayonnements ionisants*.

Publication CEI 50 (392), *Vocabulaire Électrotechnique Internationale — Instrumentation nucléaire — Complément au chapitre 391*.

Publication CEI 325, *Contaminamètres et moniteurs de contamination alpha, bêta, alpha-bêta*.

3 Définitions

Dans le cadre de la présente Norme internationale, les définitions données dans la publication CEI 50 (391 et 392) et dans l'ISO 921, ainsi que les définitions suivantes sont applicables.

3.1 activité (d'une quantité d'un radionucléide dans un état énergétique donné, à un instant donné): Quotient de l'espérance mathématique du nombre de transitions nucléaires spontanées à partir de cet état énergétique, dN , par l'intervalle de temps, dt .

Unité SI: s^{-1} . L'unité SI d'activité est le becquerel (Bq) ($1 \text{ Bq} = 1 \text{ s}^{-1}$).

3.2 flux d'émission de surface (d'une source): Nombre de particules d'une catégorie donnée qui dépassent une énergie donnée émergeant de la face de la source ou de sa fenêtre, par unité de temps.

3.3 épaisseur de couche à saturation (d'une source faite d'un matériau radioactif homogène): Épaisseur du milieu qui est égale au parcours maximal du rayonnement particulaire spécifié.

3.4 efficacité d'un instrument: Dans des conditions géométriques spécifiées par rapport à une source, rapport entre la lecture corrigée (coups par unité de temps) et le flux d'émission de surface de la source (particules émises par unité de temps).

NOTE — L'efficacité d'un instrument dépend de l'énergie des rayonnements émis par la source.

3.5 efficacité de la source: Rapport entre le flux d'émission de surface et le nombre de particules du même type engendrées ou libérées à l'intérieur de la source ou de son épaisseur de couche à saturation, par unité de temps.

NOTE — D'après cette définition, l'efficacité d'une source ne devrait pas être supérieure à 0,5. Un apport dû à des particules rétrodiffusées peut toutefois accroître considérablement cette valeur.

3.6 auto-absorption (d'une source): Absorption de rayonnements alpha ou bêta qui se produit dans la matière même de la source.

3.7 traçabilité: Notion liée à la détermination d'un étalonnage valable d'un instrument de mesure ou d'un étalon de mesurage, par une comparaison pas à pas à de meilleurs étalons, pour parvenir à un étalon accepté ou spécifié. En général, la notion de traçabilité implique la référence éventuelle à un étalon national ou international approprié (en supposant qu'il y ait de la documentation et des laboratoires agréés).

3.8 incertitude: Pour l'incertitude globale, voir [5]; toutes les incertitudes citées dans ce document sont au niveau d'un écart-type estimé.

3.9 uniformité (d'une surface par rapport à une propriété donnée, exprimée sous la forme d'une grandeur mesurée par unité de surface): Indication de la reproductibilité de cette propriété de surface.

Pour spécifier l'uniformité d'une source, compte tenu de son flux d'émission de surface, on doit considérer la source comme étant formée d'un nombre de parts de surfaces égales. L'uniformité doit alors être spécifiée par l'écart-type estimé des mesurages des parts individuelles; soit environ la valeur moyenne obtenue pour toute la surface, exprimée en pourcentage de la valeur moyenne. La surface des parts doit être inférieure ou égale à 10 cm^2 .

L'uniformité peut être mesurée en plaçant un écran entre la source et le détecteur. L'écran devrait avoir une ouverture d'une taille appropriée et une épaisseur suffisante pour absorber les particules émises d'énergie maximale (voir le tableau). Connaissant l'uniformité, il est possible d'utiliser des surfaces plus petites, tout en conservant l'aptitude à la traçabilité.

4 Traçabilité des sources de référence

Le plan suivant est proposé pour garantir que les étalons de travail utilisés dans le domaine de l'étalonnage de routine des moniteurs de contamination de surface se rapportent bien à des étalons nationaux, par le biais d'une chaîne de traçabilité clairement définie et faisant appel à des sources de référence et à des instruments de transfert.

Les sources de référence se répartissent en deux catégories:

Catégorie 1: Sources de référence qui doivent avoir été étalonnées directement en termes de flux d'émission de surface, dans un laboratoire national de métrologie.

Catégorie 2: Sources de référence qui doivent avoir été étalonnées dans un laboratoire agréé, en termes de flux d'émission de surface, à l'aide d'un instrument de transfert de référence dont on a mesuré l'efficacité par étalonnage avec des sources de référence de catégorie 1, comprenant les mêmes radionucléides et de conception d'ensemble identique, utilisant la même géométrie.

Les laboratoires nationaux de métrologie doivent, à leur discrétion, permettre que des sources de référence de catégorie 1 d'un domaine spécifié de radionucléides soient certifiées par leurs soins¹⁾. Le flux d'émission de surface d'une source de référence de catégorie 1 serait mesuré soit par des méthodes absolues faisant appel, par exemple, à un compteur proportionnel à circulation de gaz sans fenêtre, soit en utilisant un instrument ayant été étalonné en employant des sources mesurées par une méthode absolue. L'activité des sources de référence de catégorie 1 doit être déduite par le fabricant d'une manière qui soit conforme au laboratoire national de métrologie.

Les organismes souhaitant procéder à des essais d'homologation des instruments destinés à la surveillance de la contamination radioactive de surface doivent avoir accès à des sources de

1) Il est probable que certains pays reconnaîtraient la validité d'une source de catégorie 1 ayant été certifiée par le laboratoire national d'un autre pays.

référence appropriées de catégorie 1 ou 2. Ceux qui souhaitent étalonner de tels instruments doivent avoir accès à des sources de référence identiques ou à des sources de travail. Le rôle des sources de travail est d'étalonner les instruments de surveillance de contamination de surface sur place. Elles ne doivent pas être confondues avec les sources de contrôle, qui sont seulement conçues pour tester si un moniteur est en état de fonctionnement.

Les organismes souhaitant fournir des sources de travail pour l'étalonnage régulier de leurs instruments de surveillance de contamination de surface doivent avoir accès à un instrument de transfert de référence, autorisant l'étalonnage de telles sources en termes de flux d'émission de surface par rapport à une source de référence de catégorie 1 ou 2. Si la source de travail doit être utilisée dans un gabarit ou dans une position géométrique particulière, l'instrument de transfert de référence sur lequel est mesuré le flux d'émission de surface doit avoir été étalonné à partir d'une source de référence, dans des conditions opératoires et géométriques identiques. Par ailleurs, on doit pouvoir ôter la source de travail du gabarit, de façon à pouvoir la mesurer selon la pratique courante. Lorsque quelques moniteurs seulement nécessitent un étalonnage ou lorsqu'on a besoin d'une grande exactitude, on peut utiliser des sources de référence de catégorie 1 ou 2 en tant que sources de travail.

5 Spécification des sources types

5.1 Généralités

Les sources types de référence se répartissent en deux groupes :

- Les sources comprenant un support conducteur, le radionucléide donné étant déposé sur ou incorporé dans une seule face. L'épaisseur de la matière du support doit être suffisante pour empêcher l'émission du rayonnement particulaire à travers le support de la source.
- Les sources comprenant une couche de matière à l'intérieur de laquelle le radionucléide est uniformément réparti et dont l'épaisseur est au moins égale à l'épaisseur de la couche à saturation. Dans le cadre de la surveillance de la contamination de surface, l'activité de la surface doit être considérée comme une activité contenue dans une couche de surface d'épaisseur égale à l'épaisseur de la couche à saturation.

Les sources types de référence doivent présenter une pureté radiochimique adéquate. Il est difficile de rechercher les impuretés à émission bêta, mais leur présence peut être décelée le cas échéant par la détection de leur rayonnement photonique associé, en utilisant un spectromètre à haute résolution, par exemple avec détecteur Ge. On peut également recourir à la détermination de E_{res} (voir ISO 6980) pour détecter les impuretés à émission bêta qui ont une énergie maximale supérieure à celle du nucléide spécifié.

Les sources d'énergie bêta maximale supérieure ou égale à 0,4 MeV doivent avoir une efficacité supérieure à 0,25. Les sources dont l'énergie bêta maximale est comprise entre 0,15 et 0,4 MeV et les sources alpha doivent présenter une efficacité supérieure à 0,05.

5.2 Sources de référence de catégorie 1

5.2.1 Spécifications générales

Dans un souci de conformité à la présente Norme internationale, les sources de référence de catégorie 1, dont la matière radioactive a été déposée à la surface ou incorporée dans une face pour réduire au minimum l'auto-absorption de la source, doivent être planes¹⁾. La surface active doit être au moins égale à 10⁴ mm². Les dimensions recommandées sont 100 mm × 150 mm. L'épaisseur du matériau du support doit être telle que tout accroissement de cette épaisseur n'augmente pas la quantité de rayonnement particulaire émis par rétrodiffusion. Une liste des épaisseurs minimales recommandées de plusieurs matériaux couramment utilisés est donnée dans le tableau. Ces épaisseurs sont suffisantes pour éliminer l'émission à travers le support de la source.

La source doit être accompagnée d'un certificat d'étalonnage faisant apparaître les informations suivantes :

- activité à l'intérieur de la source ou dans l'épaisseur de sa couche à saturation, calculée pour correspondre à la même date de référence que celle indiquée en c) ;
- surface active de la source ;
- flux d'émission de surface, son incertitude et la date de référence ;
- radionucléide et sa période ;
- numéro d'identification de la source ;
- uniformité ;
- catégorie de la source.

Les fabricants peuvent décider de donner d'autres informations en vue d'aider l'utilisateur. Les indications portées sur la source elle-même doivent faire apparaître le radionucléide et le numéro d'identification de la source.

5.2.2 Activité surfacique et flux d'émission de surface

L'activité d'une source de référence de catégorie 1 de dimensions recommandées doit être telle qu'elle donne un flux d'émission de surface de 2 000 à 10 000 s⁻¹ afin de créer le meilleur compromis entre les erreurs statistiques, les erreurs de temps mort et les erreurs du bruit de fond. L'activité doit être calculée par le fabricant, de façon à être traçable aux étalons nationaux de mesurage et doit être indiquée avec une incertitude ne dépassant pas ± 10 %. Le flux d'émission de surface doit être mesuré par le laboratoire national de métrologie, avec une incertitude ne dépassant pas ± 3 %.

1) Une source de référence de catégorie 1 doit être aussi proche que possible d'une source « mince » idéale (voir Publication CEI 325) par rapport à l'activité elle-même. Il est reconnu toutefois qu'avec des émetteurs alpha et des émetteurs bêta de basse énergie, l'auto-absorption sera loin d'être négligeable.

5.2.3 Uniformité

L'uniformité d'une source de référence de catégorie 1, en termes de flux d'émission de surface, doit être meilleure que $\pm 10 \%$.

5.2.4 Radionucléides

Les sources de référence de catégorie 1 devraient, si possible, être préparées à partir des radionucléides suivants, comme il est recommandé dans l'ISO 6980 (les caractéristiques de ces radionucléides sont données dans le tableau):

- a) émetteur alpha: ^{241}Am ;
- b) émetteurs bêta¹⁾: ^{14}C , ^{147}Pm , ^{204}Tl ou ^{36}Cl , $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$;
- c) autres radionucléides éventuellement agréés par le laboratoire national de métrologie (si une source d'énergie bêta supérieure est nécessaire, on recommande $^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$).

5.3 Sources de référence de catégorie 2

5.3.1 Spécifications générales

Les sources de référence de catégorie 2 doivent répondre aux mêmes spécifications que les sources de catégorie 1. Elles doivent porter les mêmes informations et s'accompagner d'un certificat d'étalonnage (voir 5.2.1).

5.3.2 Activité et flux d'émission de surface

L'activité d'une source de référence de catégorie 2 de dimensions recommandées devrait être conforme aux besoins de l'utilisateur; elle dépend du type d'instrument soumis à l'étalonnage et de l'essai particulier effectué. L'activité totale de chaque source de référence de catégorie 2 doit être calculée par le fabricant, de façon à pouvoir être traçable aux étalons nationaux de mesurage et doit être indiquée avec une incertitude ne dépassant pas $\pm 10 \%$. Le flux d'émission de surface doit être

déterminé en recourant à un instrument de transfert de référence (voir 6.1) et doit être indiqué avec une incertitude ne dépassant pas $\pm 6 \%$.

5.3.3 Uniformité

L'uniformité d'une source de référence de catégorie 2, en termes de flux d'émission de surface, doit être meilleure que $\pm 10 \%$.

5.3.4 Radionucléides

Les sources de référence de la catégorie 2 doivent être préparées à partir des mêmes radionucléides que les sources de référence de la catégorie 1 (voir 5.2.4).

5.4 Sources de travail

5.4.1 Spécifications générales

Il incombe à l'utilisateur de fournir les spécifications détaillées des sources de travail. Il convient, à cet égard, de considérer les points suivants:

- a) les sources de travail doivent être disponibles en quantité et dans un grand choix de dimensions afin de répondre aux besoins de l'organisme, par rapport à l'étalonnage de routine de ses moniteurs de contamination de surface;
- b) les sources de travail doivent porter l'indication du flux d'émission de surface à une date de référence, le radionucléide employé et un numéro de série, et doivent s'accompagner d'une note détaillant la géométrie pour laquelle elles ont été étalonnées et, par conséquent, devraient être utilisées;
- c) les sources de travail doivent être suffisamment robustes pour résister aux manipulations quotidiennes;
- d) en l'absence d'impératifs contraires, les sources de travail doivent être aussi conformes que possible aux spécifications des sources de référence décrites en 5.2.

Tableau — Caractéristiques des sources de référence

Radionucléide	Demi-vie approximative ans	Énergie maximale keV	Masse surfacique mg · cm ⁻²	Support	
				Aluminium mm	Acier inoxydable mm
^{14}C	5 730	156	22	0,08	0,03
^{147}Pm	2,62	225	35	0,13	0,04
^{204}Tl	3,78	763	180	0,7	0,23
^{36}Cl	300 000	710	170	0,6	0,20
$^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$	28,5	2 274	850	3,1	1,1
$^{106}\text{Ru} + ^{106}\text{Rh}$	1,01	3 540	1 300	4,8	1,7
^{241}Am	432,6	5 544	6	0,02	0,01

1) L'emploi d'écrans avec des sources de $^{90}\text{Sr} + ^{90}\text{Y}$ n'est pas exclu. Si seule la plus haute énergie bêta du radionucléide ^{90}Y est nécessaire, on aura besoin d'un écran de 130 mg · cm⁻².

5.4.2 Activité et flux d'émission de surface

Le flux d'émission de surface d'une source de travail devrait être comme convenu conjointement par le fabricant et l'utilisateur. L'activité de la source de travail doit être mentionnée par le fabricant et doit pouvoir être traçable aux étalons nationaux. Le flux d'émission de surface doit avoir été mesuré avec un instrument de transfert de référence, étalonné à partir d'une source de référence de catégorie 1 ou 2 de même construction. Il est nécessaire de connaître le flux d'émission de surface des sources de travail avec une incertitude spécifiée par les règlements concernant l'étalonnage des instruments.

5.4.3 Uniformité

L'uniformité d'une source de travail devrait, de préférence, être identique à celle d'une source de référence de catégorie 2. (Un exemple de la façon dont un défaut d'uniformité des sources peut affecter l'étalonnage des moniteurs est donné en [6].)

5.4.4 Radionucléides

Les sources de travail doivent être préparées à partir de radionucléides émetteurs alpha et bêta tels que demandés par l'utilisateur.

Le seuil de comptage bêta doit être fixé pour correspondre à une énergie photonique de 590 eV (0,1 fois l'énergie de la raie χ_K du Mn suivant la désintégration de ^{55}Fe). Pour le comptage alpha, le seuil devrait être fixé juste au-dessus du bruit électronique du système.

6.2 Étalonnage

Un instrument de transfert de référence doit être étalonné à la fois au départ et à intervalles réguliers au cours de sa durée d'utilisation, conformément aux réglementations applicables, à l'usage ou à d'autres recommandations. La responsabilité de l'étalonnage d'un instrument de transfert de référence incombe à l'organisme. Lorsque des radionucléides émetteurs bêta non disponibles en tant que sources de référence de catégorie 2 doivent servir de sources de travail, la traçabilité peut être assurée par interpolation de l'efficacité de l'instrument de transfert. Toutefois, pour des émetteurs bêta d'énergie maximale inférieure à 0,5 MeV où l'efficacité des compteurs proportionnels à circulation de gaz varie rapidement en fonction de l'énergie, l'interpolation peut apporter de graves erreurs et tous les efforts devraient être faits pour obtenir des sources de référence appropriées de catégorie 1 ou 2.

iTeh STANDARD PREVIEW
Bibliographie
(standards.iteh.ai)

6 Instruments de transfert

6.1 Instrument de transfert de référence

Un instrument de transfert de référence doit avoir une efficacité supérieure à 0,5 dans l'étendue des énergies considérées dans la présente Norme internationale. Il devrait être de dimension telle que la variation de sa réponse spatiale sur une surface de mesure de 100 mm × 150 mm puisse être négligée. Le type recommandé d'instrument de transfert de référence doit comprendre un compteur proportionnel, disponible dans le commerce, à circulation de gaz, de grande surface, dépourvu de toute grille de protection et doté d'une fenêtre conductrice de masse surfacique maximale de 1 mg · cm⁻², non accolable à la surface des sources, également d'une alimentation régulée en gaz, d'une alimentation haute tension, d'un préamplificateur, d'un amplificateur, d'un discriminateur et d'une échelle de comptage, chaque élément étant fourni avec sa documentation complète. Des corrections doivent être faites pour le temps mort électronique et le bruit de fond.

- [1] Monitoring of Radioactive Contamination on Surfaces, *Technical Report Series No. 120*, International Atomic Energy Agency, Vienna (1970).
- [2] Safe handling of Radionuclides, *Safety Series No. 1*, International Atomic Energy Agency, Vienna (1973).
- [3] Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, *ICRP Publication 26. Ann. ICRP, 1*, No. 3, Pergamon Press, Oxford (1977).
- [4] CHRISTMAS, P. International Committee for Radionuclide Metrology (ICRM), Teddington: unpublished report (1981).
- [5] GIACOMO, P. *Metrologia*, **17**, 1981.
- [6] BURGESS, P.H. and ILES, W.J., *Radiation Protection Dosimetry*, **5**, No. 2, 1983: pp. 125-130.