Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 67 (1958-1961)

Heft: 297

Artikel: Mesures semi-absolues de la radioactivité é l'aide de standards simulés

Autor: Lerch, Pierre / Jeap-Wittgenstein, Marise

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-275073

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 16.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Mesures semi-absolues de la radioactivité à l'aide de standards β simulés

PAR

PIERRE LERCH et Mme MARISE JAEP-WITTGENSTEIN
(Centre anticancéreux romand, Lausanne)

1. INTRODUCTION.

Dans un certain nombre d'applications des radioéléments, il est nécessaire de connaître l'activité absolue des substances radioactives utilisées, notamment lorsque

a) le radioélément est utilisé comme source de radiations ionisantes ;

b) l'emploi d'un produit radioactif en quantité importante peut faire courir un risque non négligeable aux personnes qui l'utilisent.

Lors des applications à la médecine, ces deux cas peuvent se présenter séparément ou simultanément.

Or, les mesures absolues de la radioactivité sont délicates, elles exigent un laboratoire spécialisé qu'il n'est pas courant de rencontrer à proximité des établissements utilisant les radio-isotopes. Lorsqu'une haute précision n'est pas de rigueur, l'emploi de standards de radioactivité simplifie grandement les mesures qui peuvent être effectuées dans un laboratoire courant. De plus, dans de nombreux cas, et celui de notre centre de distribution de radio-isotopes en particulier, les contrôles d'activité absolue doivent être effectués rapidement, en quelques heures au maximum, pour ne point retarder la répartition de ces produits entre leurs utilisateurs; le recours aux standards est alors tout particulièrement commode, dans un cas où la rapidité des opérations présente plus d'importance que la précision élevée des résultats.

Le problème de la comparaison d'une source radioactive à un standard se complique lorsque le radioélément à mesurer possède une courte période, de l'ordre de quelques jours ou de quelques semaines. Le standard ne peut plus être fait du même radioélément que la source à mesurer, car, très rapidement, la diminution de son activité le rend inutilisable. Il faut construire un standard avec un radioélément de longue vie et chercher dans quelles conditions la comparaison reste valable.

Pour résoudre ce problème, deux voies extrêmes sont théoriquement valables :

a) réaliser un standard « parfait » utilisable dans n'importe quelles conditions de mesures ;

b) utiliser un standard quelconque, exigeant par contre des conditions de mesures parfaitement définies.

Ces deux solutions présentent chacune des difficultés :

a) Dans le premier cas, il s'agit entre autres de reproduire exactement le spectre d'émission de la substance radioactive à mesurer. Or, il n'existe pas de radioéléments de longue vie dont le spectre coïncide exactement avec celui des radioéléments de courte vie à simuler. Force est d'utiliser un radioélément dont le spectre n'est que voisin, et d'ajuster ce spectre à l'aide d'écrans placés sur la source. Cette manière de procéder est très imparfaite, les résultats obtenus dépendent des conditions dans lesquelles les mesures sont faites. L'ajustement peut être tenté par d'autres moyens, tels que le choix d'un support approprié, qui augmente ou diminue le rayonnement de rétrodiffusion, le choix d'une source plus ou moins épaisse qui, par autoabsorption et autodiffusion, change la forme du spectre sortant. Ces moyens, ou d'autres encore, ont toujours le défaut d'agir incomplètement, de modifier très différemment le spectre des radiations émises suivant la direction considérée, et en conséquence de n'être valables que pour certaines conditions de mesure bien déterminées. En conclusion, il ne paraît pas possible de pouvoir construire un standard simulé « parfait », valable pour n'importe quelles conditions de mesure : la première voie est donc *pratiquement irréalisable.*

b) Dans le second cas, n'importe quelle source radioactive de longue vie peut convenir ; il faut par contre une haute reproductibilité des conditions dans lesquelles s'effectue la mesure. La réalisation courante au laboratoire, après plusieurs mois ou années notamment, de conditions rigoureusement équivalentes, n'est pas aisée et les erreurs possibles dans ce domaine sont bien loin d'être négligeables. Cette seconde voie, bien incertaine, ne nous paraît pas meilleure que la première.

C'est pourquoi nous avons cherché un compromis entre ces deux extrêmes :

« Etudier un standard simulé valable dans des conditions de mesure définies, toutefois susceptibles de varier entre certaines limites, mais sans pour autant sortir des marges d'erreur tolérées. »

Ce standard simulé aura donc un spectre d'émission ajusté, approximativement identique à celui du radioélément de vie courte à mesurer.

C'est probablement l'emploi abusif des standards simulés dans des conditions expérimentales situées hors des limites pour lesquelles ils

étaient préparés, qui a jeté ces dernières années un certain discrédit sur ces sources. Au contraire, il nous semble malheureux de priver les centres qui ne disposent pas d'un service de physique, d'une méthode leur permettant des calibrations valables lorsqu'elles sont faites avec soin. Nous chercherons donc à préciser les conditions optima d'emploi des sources simulées.

2. Standard simulé pour le Phosphore-32.

Le phosphore-32, de période 14,3 jours, est un des radioéléments les plus utilisés actuellement en médecine. Son schéma de désintégration est très simple : une seule transition β de 1,701 MeV d'énergie maximum. Pour reproduire son spectre, nous avons utilisé l'uraniumX_2. Rappelons que ce radio-isotope est membre de la famille de l'U-238 (fig. 1).

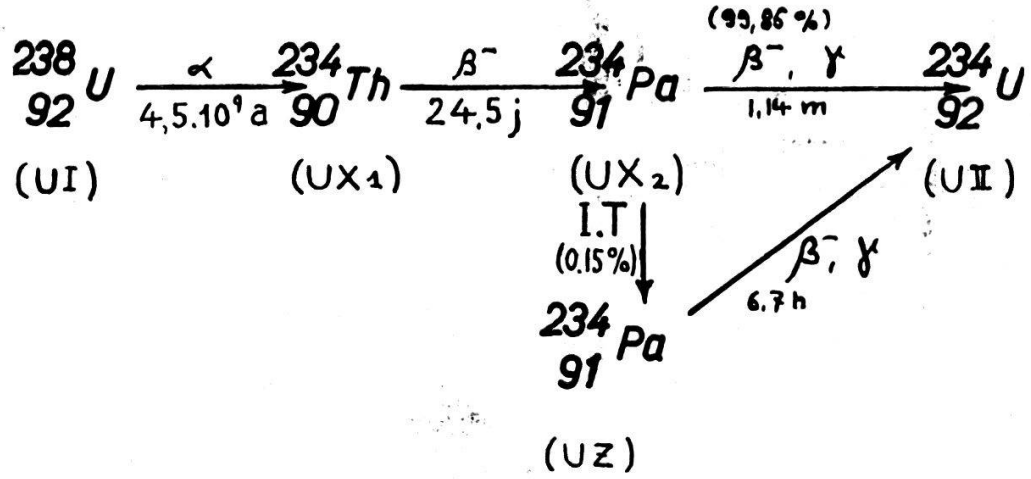

Fig. 1.

La transition isomérique qui conduit à l'uranium Z est négligeable (0,15 %) ; le spectre UX_2 est formé, pour 95 %, d'une transition β de 2,32 MeV, et pour 5 % d'une transition β de 1,52 MeV suivie d'une émission γ de 0,802 MeV. Etant donné la faible efficacité des tubes de Geiger-Müller aux photons de cette énergie (de l'ordre de 1 % environ), leur présence n'a pas d'importance, en première approximation, tout au moins (< 1 ‰).

Du nitrate d'uranyle pour analyse est transformé en uranate d'uranyle U_3O_8 par calcination. Pour être certain que l'équilibre radioactif est réalisé entre U-I, UX_1 et UX_2, il faut laisser ce produit pendant quelques mois, avant de l'utiliser. Le rayonnement α de U-I, celui de U-II, et le rayonnement β mou de UX_1 (0,2 MeV) ne nous gênent pas, car ils seront arrêtés par l'écran qui sera placé sur le standard simulé pour ajuster son spectre. A cause de l'équilibre, le standard décroîtra comme l'uranium-238, soit avec une période de plusieurs milliards d'années : il n'y a donc pas de correction de dé-

croissance à apporter aux mesures de l'activité de ce standard simulé.

Il nous est apparu qu'une épaisseur de l'ordre de 20 mg/cm² de U_3O_8 était nécessaire pour que l'activité de la source soit suffisante. L'auto-absorption qui résulte de l'emploi d'une telle couche épaisse ne peut être que favorable, car elle contribue à rapprocher les spectres de l'uranium UX_2 de celui du phosphore-32.

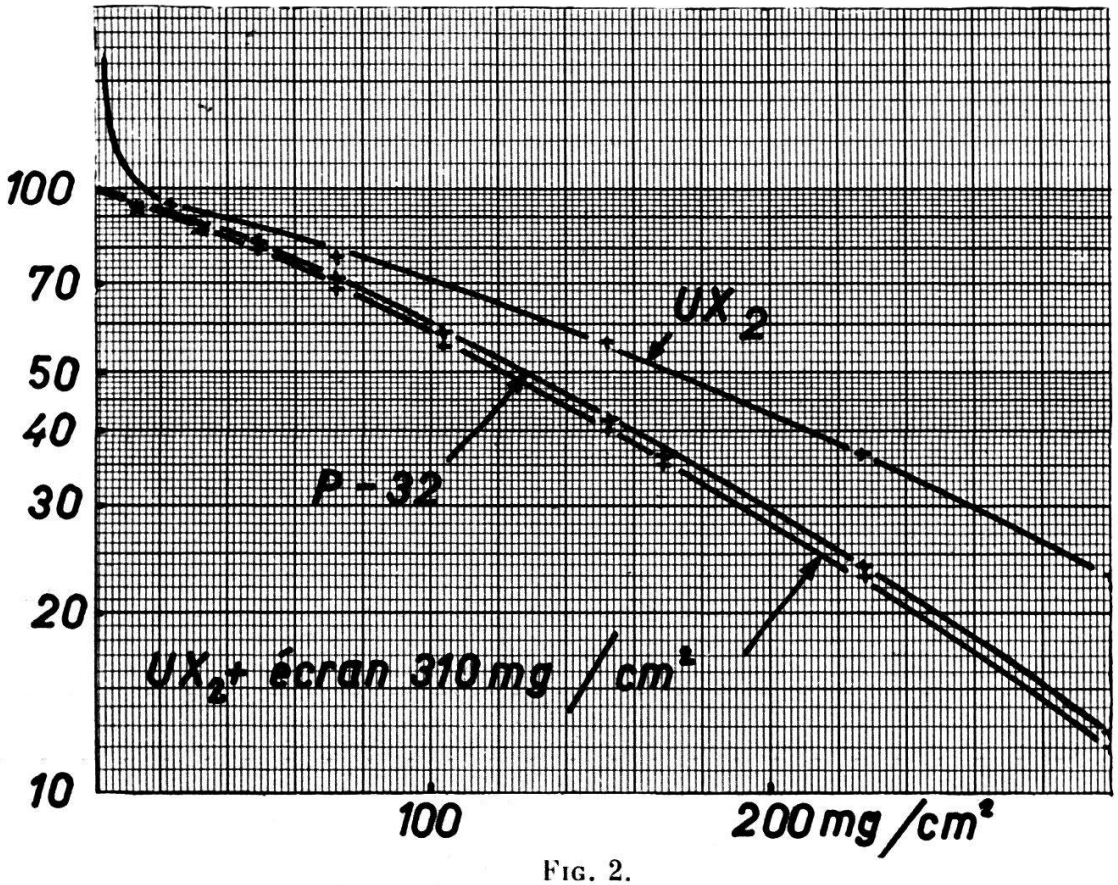

Fig. 2.

La figure 2 montre trois courbes d'absorption :

a) celle du rayonnement d'une source de UX_2 épaisse de 24,6 mg/cm², de U_3O_8, déposée sur un support de cuivre de 0,3 mm d'épaisseur, où la saturation de la rétrodiffusion du rayonnement β est atteinte ;

b) celle d'une source de phosphore-32 mince, déposée sur un même support ;

c) celle d'une source de UX_2 épaisse comme la précédente, déposée sur un support identique, mais dont le rayonnement a été préalablement filtré par un écran d'aluminium de 310 mg/cm².

Les courbes d'absorption précédentes ont été faites pour une distance source - fenêtre du détecteur égale à 12 mm.

Comme il est facile de le constater, l'épaisseur de 310 mg/cm² choisie donne un spectre qui, dans les conditions expérimentales où nous sommes placés, est assez proche de celui du phosphore-32.

3. Standard simulé pour l'iode-131.

L'iode-131 est, comme le phosphore-32, très utilisé en médecine. Son schéma de désintégration est très compliqué et a fait l'objet d'un grand nombre de travaux ces dernières années. Nous reproduisons ci-dessous un des schémas de désintégration parmi les plus récents proposés (J.-R. Haskins, J.-D. Kurbatov, *Phys. Rev.* *88*, 884, 1953) (fig. 3) :

Avec un tube de Geiger-Müller, le rôle des rayons γ est faible comparé à celui des rayons β et c'est la reconstitution du spectre β qui importe. Nous avons choisi le chlore-36, un radio-isotope de vie

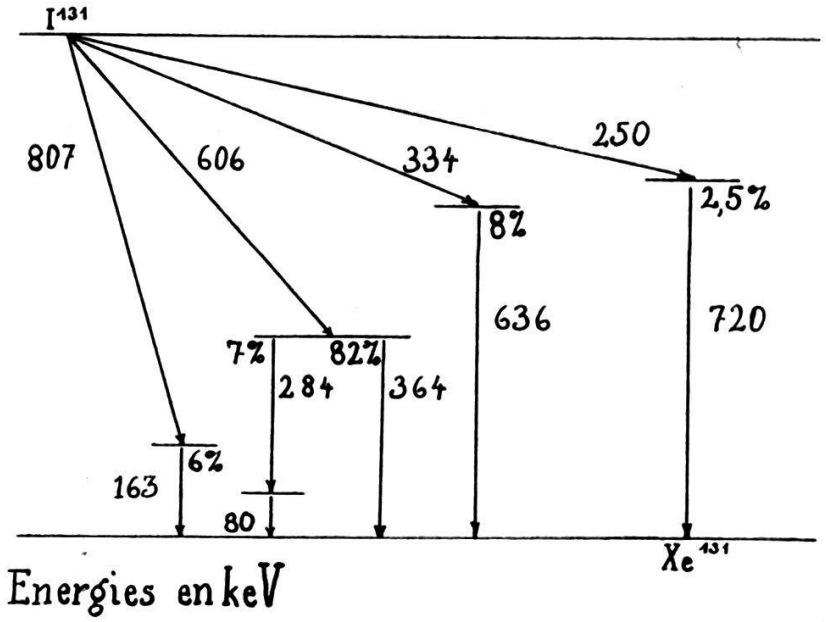

Fig. 3.

très longue ($3{,}08.10^5$ ans). L'énergie maximum de son rayonnement β est 0,714 MeV ; il n'émet pas de photons.

Ce radio-isotope est utilisé sous la forme de chlorure de sodium déposé en couche mince.

La figure 4 montre trois courbes d'absorption :

a) celle du rayonnement d'une source de chlore-36, déposée sur support de cuivre de 0,3 mm d'épaisseur, où la saturation de la rétrodiffusion du rayonnement β est atteinte ;

b) celle d'une source d'iode-131 mince, déposée sur un même support ;

c) celle d'une source de chlore-36 déposée sur un même support et dont le rayonnement est préalablement filtré par un écran d'aluminimum de 120 mg/cm².

Les courbes d'absorption précédentes ont été faites pour une distance source-fenêtre du détecteur égale à 12 mm.

Nous remarquerons que la coïncidence des deux spectres n'est pas aussi bonne que dans le cas précédent. Cependant, dans le domaine compris entre 20 et 30 mg/cm², les courbes *b*) et *c*) sont assez parallèles; nous avons choisi de travailler dans ce domaine et pour cela ajoutons au-dessus des sources, lors de toutes les mesures, un écran d'aluminium de 38 mg/cm²

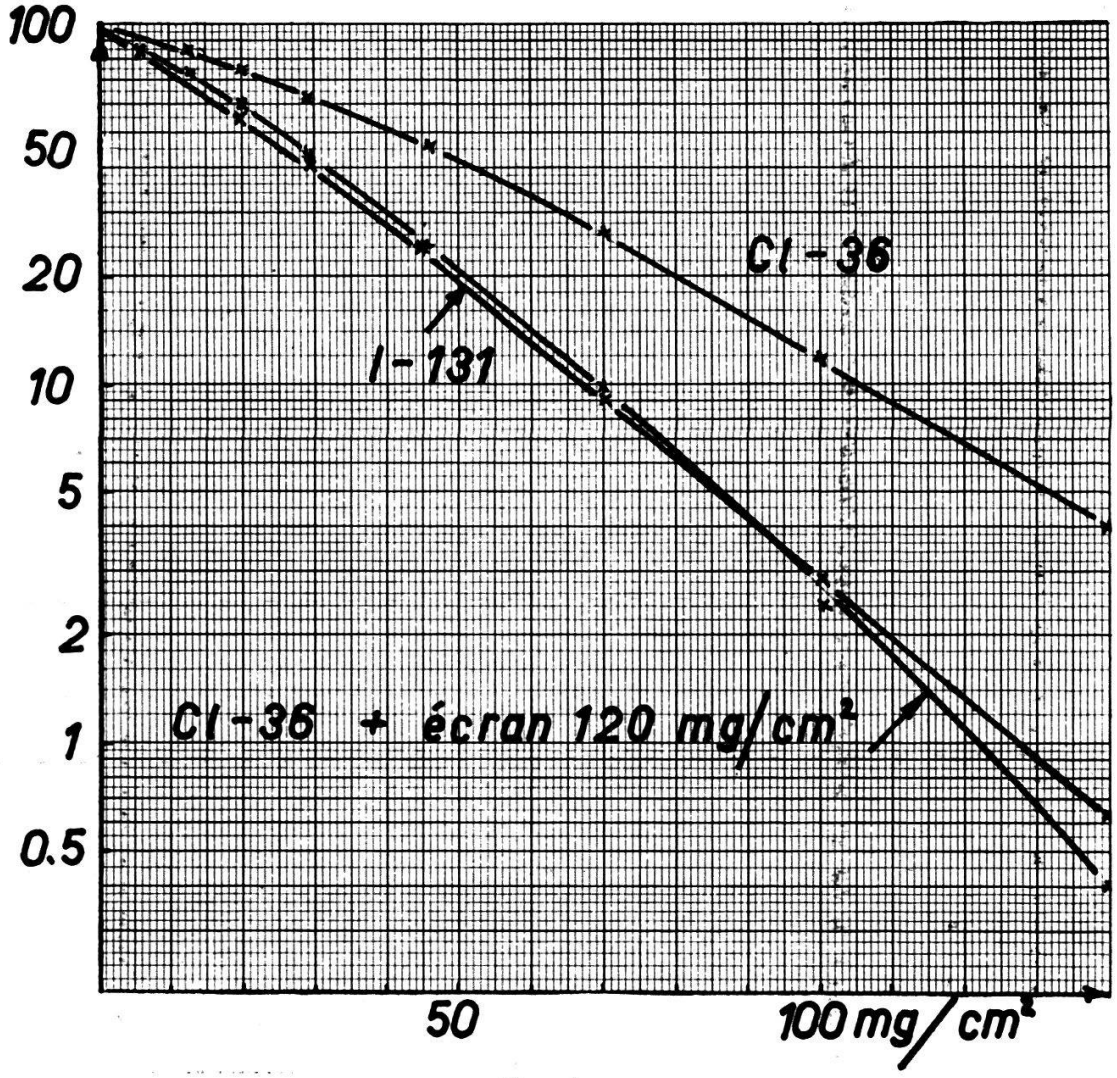

FIG. 4.

4. CONDITIONS D'EMPLOI DE CES STANDARDS.

Les comparaisons à l'aide de nos standards exigent la réalisation des conditions suivantes :

a) Le détecteur est un tube de Geiger-Müller, à fenêtre mince.

b) Le dispositif de mesures est doublé intérieurement de plexiglas; il est largement dimensionné pour diminuer les phénomènes de diffusion aux parois.

c) Les supports des sources sont en cuivre, d'une épaisseur telle que la saturation de la rétrodiffusion soit atteinte, environ 0,3 mm dans les deux cas.

Nous voulons maintenant préciser entre quelles limites ces conditions peuvent varier, sans pour autant entraîner des variations inadmissibles.

La géométrie de la mesure présente une grande importance, et les conditions sont d'autant plus critiques que l'étalonnage du standard simulé a été fait plus près du détecteur.

Pour le phosphore-32, nous avons observé que lorsque la distance entre source et fenêtre du détecteur est supérieure à 20 mm, les variations de distance n'ont plus d'influence notable, à $\pm$ 3 % près. Pour l'établir, nous avons comparé les étalonnages de 12 standards simulés à UX_2, effectués chacun pour 4 distances différentes. Lorsque les mesures sont effectuées à 12 mm de la fenêtre par contre, une différence moyenne de 8 % en moins pour les standards a été observée.

Cet effet de géométrie est atténué lorsque des écrans supplémentaires sont placés sur les deux sources à comparer; ainsi, pour un écran de 30 mg/cm², les variations de distance n'ont d'influence notable, à $\pm$ 6 % près, que pour des distances inférieures à 12 mm seulement.

Dans le cas de l'iode-131, l'effet de la géométrie est plus considérable. En l'absence d'écran entre la source et le détecteur, une variation de distance de $\pm$ 1 mm équivaut, à 12 mm de la fenêtre du détecteur, à une variation de $\pm$ 5 % de l'étalonnage. A 50 mm de cette fenêtre, et pour provoquer une telle variation dans l'étalonnage, il faut faire varier la distance de $\pm$ 20 mm.

Fort heureusement, l'interposition d'écrans de quelques dizaines de mg/cm² atténue cet effet. Ainsi, avec un écran de 38 mg/cm², les variations de distance n'ont plus d'influence notable, à $\pm$ 5 % près, pour toutes les distances source-fenêtre supérieures à 12 mm. Pour établir ce chiffre, nous avons comparé les étalonnages de 14 standards de chlore-36 effectués chacun pour 5 distances différentes comprises entre 12 mm et 56 mm.

Ce résultat se retrouve pour des écrans plus épais, jusqu'à 100 mg/cm². Il faut encore noter que l'atténuation de l'effet de géométrie est maximum lorsque les écrans sont placés sur la source, et non contre le détecteur.

Si l'interposition d'écrans diminue l'effet de géométrie, il modifie lui-même le résultat de l'étalonnage. A titre d'exemple, dans le cas du phosphore-32, et pour des distances source-fenêtre supérieures à 20 mm, une différence de — 18 % se produit pour un écran de 29 mg/cm² et — 7 % pour 7 mg/cm². Ceci nous indique que lors du

remplacement d'un tube de Geiger-Müller usagé par un neuf du même type et si les épaisseurs massiques des fenêtres ne diffèrent que de 1 à 2 mg/cm^2, cela n'apporte pas un grand changement à l'étalonnage.

En résumé, nous voulons tirer les conclusions suivantes :

a) Lors de l'étalonnage d'un standard simulé, il est indispensable de noter les conditions approximatives dans lesquelles l'opération a eu lieu, en particulier la géométrie et l'épaisseur des écrans absorbants éventuels.

b) Les deux cas particuliers étudiés montrent l'intérêt d'utiliser une faible géométrie pour que l'étalonnage n'en dépende que peu.

c) Pour atténuer cette dépendance, des écrans supplémentaires pourront être utilisés.

Résultats :

Au cours des cinq dernières années, 145 envois d'iode-131 ont fait l'objet d'une mesure semi-absolue à l'aide de standards simulés de Cl-36. Il est intéressant de noter que si des différences relativement importantes ont été observées dans quelques cas (jusqu'à plus de 40 %), la moyenne des différences entre nos valeurs et celles données par le fournisseur n'est que de + 1,0 %, la déviation standard étant de 13,2 %.

124 envois de phosphore-32 ont été également dosés à l'aide de standards simulés à UX_2. De nouveau, la moyenne des différences est très faible, égale à + 1,5 % par rapport à notre standard. La déviation standard est 5,8 %.

Plusieurs mesures de contrôle d'étalonnage ont été réalisées, à l'aide de solutions étalons fournies par le National Physical Laboratory à Teddington (GB) et par le National Bureau of Standards à Washington (USA). A l'exception d'un contrôle qui a donné une valeur en défaut de l'ordre de 10 %, tous les autres contrôles, aussi bien dans le cas de l'iode-131 que dans celui du phosphore-32, ont donné des différences inférieures à 5 %.

Manuscrit reçu le 26 avril 1958.