

Zeitschrift: Bulletin der Schweizerischen Akademie der Medizinischen Wissenschaften = Bulletin de l'Académie suisse des sciences médicales = Bollettino dell' Accademia svizzera delle scienze mediche

Herausgeber: Schweizerische Akademie der Medizinischen Wissenschaften

Band: 12 (1956)

Heft: 5

Artikel: La mesure absolue de la radioactivité

Autor: Lerch, Pierre

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-307272>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 06.02.2025

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

Centre Anticancéreux Romand, Lausanne

La mesure absolue de la radioactivité

Par Pierre Lerch, Lausanne

1. Introduction

Dans un grand nombre d'applications des radioéléments, il n'est pas nécessaire de connaître l'*activité absolue* des substances radioactives utilisées. Des mesures de l'*activité relative* suffisent à la résolution des problèmes posés; ainsi, lorsque le radio-isotope est utilisé comme agent marquant ou traceur.

Par contre, la valeur absolue de la radioactivité doit être connue:

1. Lorsque le radioélément est utilisé comme source de radiations.
2. Lorsque l'emploi d'un produit radioactif en quantité importante peut faire courir un risque non négligeable aux personnes qui l'utilisent (problème de protection contre les radiations).

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

La *précision* avec laquelle l'activité absolue doit être connue dépend elle-même de plusieurs circonstances. Les problèmes posés par la protection contre les radiations sont certainement ceux qui nécessitent le moins d'exactitude; une précision de 10 à 20% est bien suffisante; ainsi la plupart des normes qui concernent la protection, en particulier, celles établies en Suisse, expriment indifféremment les doses de tolérance en Röntgen ou en Rad, unités qui diffèrent d'environ 7% l'une de l'autre.

D'autre part, lors d'un certain nombre d'applications industrielles, où les substances radioactives sont utilisées comme sources de radiations, la connaissance de l'activité absolue avec une précision de 10 à 20% est largement suffisante.

Dans d'autres cas par contre, il est nécessaire de connaître l'activité avec plus de précision. Ainsi, en thérapeutique, l'erreur devrait être de l'ordre de 5 à 10% au maximum.

2. Méthodes de mesure absolue de la radioactivité

a) Généralités

Une étude exhaustive et détaillée des différentes méthodes de mesure absolue de la radioactivité sort du cadre de cette réunion; c'est pourquoi, nous ne donnerons qu'une description sommaire des méthodes utilisées, en portant plus d'attention à celles qui nous paraissent se prêter le mieux à un contrôle de l'activité absolue des substances radioactives utilisées en thérapeutique.

La mesure absolue de l'activité d'une source radioactive peut être effectuée:

a) par *microcalorimétrie* (1 à 3), c'est-à-dire, par mesure calorimétrique de l'énergie du rayonnement, qui est dissipée en chaleur dans la matière entourant la source;

b) par *réaction radiochimique* (4, 5), ou détermination chimique de la quantité d'énergie libérée par le rayonnement dans un milieu où elle donne lieu à une réaction radiochimique connue;

c) par mesure directe de la charge électrique des particules émises par la source radioactive (6 à 8);

d) par *ionométrie* (9, 10) ou mesure de la charge électrique totale des ions créés par le rayonnement dans la matière qui entoure la source;

e) par comptage des particules émises par la source sous un angle solide inférieur à 4π , au moyen d'un compteur de Geiger-Müller ou d'un compteur à scintillation (11 à 17);

f) par comptage des particules émises par la source sous un angle solide égal à 4π , au moyen d'un compteur de Geiger-Müller ou d'un compteur à scintillation (18 à 21);

g) par la méthode des coïncidences β - γ , au moyen de deux détecteurs, dont on mesure les taux de comptage individuels et les coïncidences (22 à 24).

Les quatre premières méthodes sont particulièrement délicates; elles ne peuvent être réalisées que dans des laboratoires très bien équipés, car elles exigent l'emploi de techniques spéciales (microcalorimétrie aux basses températures dans le premier cas, par exemple). Nous n'en parlerons pas davantage.

Par contre, nous décrirons brièvement les trois dernières méthodes, qui nous semblent être plus utiles et mieux adaptées au but à atteindre.

b) Mesure absolue par comptage des particules sous un angle solide inférieur à 4π

Cette méthode de mesure exige la connaissance précise d'un certain nombre de facteurs qu'il est difficile de déterminer avec exactitude. Ce sont :

a) L'efficacité du détecteur aux radiations reçues E , ou rapport du nombre des particules détectées au nombre total des particules qui ont traversé le volume sensible du détecteur.

b) Le facteur géométrique G (ou la géométrie $4\pi G$). C'est le rapport du nombre des particules sortant de la source dans la direction du volume sensible du détecteur au nombre total des particules quittant la source, dans toutes les directions.

c) Le facteur d'absorption T qui tient compte des particules, qui sont absorbées entre la source et le volume sensible du détecteur, par l'air, la fenêtre du détecteur et le gaz qui y est contenu et sont ainsi soustraites au comptage.

d) Le facteur de diffusion Q qui corrige le taux de comptage pour les particules qui échappent au détecteur par diffusion dans l'air ou la fenêtre du détecteur et celles qui, par le même phénomène, parviennent au détecteur alors qu'elles ne lui étaient pas destinées.

e) Le facteur de rétrodiffusion R , qui tient compte des particules rétrodiffusées par le support de la source et qui atteignent le détecteur bien qu'elles soient sorties de la source dans une direction opposée.

f) Le facteur d'auto-absorption S , ou rapport du nombre des particules qui ont échappé à l'auto-absorption dans la source, au nombre total de celles qui y sont émises.

Lorsque tous ces facteurs sont connus, l'activité absolue D se déduit de l'activité mesurée A (corrigée pour le background et la perte d'impulsions due au temps de résolution du détecteur), par la relation:

$$D = \frac{A}{E \cdot G \cdot T \cdot Q \cdot R \cdot S} \quad (1)$$

La plupart des auteurs qui ont étudié cette méthode ont utilisé le tube de Geiger-Müller comme détecteur (11 à 17). Dans ce cas, les radioéléments qui émettent seulement un rayonnement β sont les plus aisés à mesurer; la détermination de l'activité absolue des émetteurs de rayonnements β et γ est d'autant plus difficile que le rapport des énergies maxima des particules β et γ est plus faible, à cause des corrections nécessaires pour soustraire la contribution des particules γ au comptage.

c) Mesure absolue par comptage des particules sous un angle solide égal à 4π

Le principe de cette méthode de mesure est particulièrement simple. La source radioactive dont l'activité doit être mesurée est placée dans le détecteur, à l'intérieur de son volume sensible. Ainsi, toute particule émise par la source doit traverser une partie au moins de la région sensible du détecteur.

Pour calculer l'activité absolue D , il suffit donc de connaître l'efficacité E du détecteur aux radiations, et, si la source est épaisse, le facteur d'auto-absorption S ; les autres facteurs intervenant dans la relation (I) sont devenus égaux à l'unité:

$$D = \frac{A}{E \cdot S} \quad (\text{II})$$

Généralement, le détecteur utilisé est un tube de Geiger-Müller ou un compteur proportionnel (18 à 21). Sa cathode est cylindrique, il comprend deux anodes excentrées qui laissent la place, au centre, pour la source et son support. Ce dernier est essentiellement constitué par un film de résine synthétique assez mince pour que les facteurs T et R restent égaux à l'unité. Avec ces détecteurs, le facteur E est sensiblement égal à l'unité pour les rayons β .

Certains auteurs ont utilisé un compteur à scintillation où le scintilla-teur est liquide, à la place du tube de Geiger-Müller ou du compteur proportionnel (25).

d) Mesure absolue par la méthode des coïncidences β - γ

Soit un compteur de Geiger-Müller, à fenêtre mince, très sensible aux rayons β et un autre compteur de Geiger-Müller, à parois épaisses, ne détectant que les rayons γ . Plaçons entre eux la source radioactive dont l'activité absolue doit être mesurée. Soit A_β et A_γ , les taux de comptage mesurés au détecteur à fenêtre mince et au détecteur à parois épaisses, respectivement. Soit encore A_c , le taux de comptage des coïncidences, c'est-à-dire, des impulsions qui parviennent en même temps aux deux détecteurs. Ces coïncidences se mesurent à l'aide d'un montage décrit par *Rossi* (26). La relation (I), appliquée deux fois, donne:

$$\text{Compteur sensible aux rayons } \beta: D = \frac{A_\beta}{E_\beta \cdot G_\beta \cdot T_\beta \cdot Q_\beta \cdot R_\beta \cdot S_\beta} = \frac{A_\beta}{\varepsilon_\beta}$$

$$\text{Compteur sensible aux rayons } \gamma: D = \frac{A_\gamma}{E_\gamma \cdot G_\gamma \cdot T_\gamma \cdot Q_\gamma \cdot R_\gamma \cdot S_\gamma} = \frac{A_\gamma}{\varepsilon_\gamma}$$

De plus, on peut encore écrire:

$$D = \frac{A_c}{\varepsilon_\beta \cdot \varepsilon_\gamma}$$

Des trois expressions précédentes, on tire:

$$D = \frac{A_\beta \cdot A_\gamma}{A_c} \quad (\text{III})$$

Le calcul de l'activité absolue D ne fait plus intervenir les facteurs, dont dépendait la détermination par la méthode du comptage sous un angle solide inférieur à 4π .

Toutefois, il est nécessaire de corriger l'activité A_β pour la contribution au comptage due au rayonnement γ . Pour obtenir une précision suffisante, les valeurs de A_β , A_γ et plus particulièrement A_c doivent être mesurées avec une grande exactitude; de longs comptages peuvent être nécessaires. Les corrections pour le background, pour les coïncidences fortuites, pour les temps de résolution des détecteurs, pour la sensibilité aux rayons γ du détecteur à fenêtre mince, peuvent entraîner des erreurs considérables si elles ne sont pas effectuées avec beaucoup de soin.

Le schéma de désintégration du radioélément dont l'activité est mesurée, ainsi que la présence éventuelle d'une corrélation angulaire doivent être connus. Une variante de la méthode précédente permet d'ailleurs d'effectuer des mesures absolues par comptage de coïncidences γ - γ , pour certains radioéléments.

Enfin, les détecteurs de Geiger-Müller sont avantageusement remplacés, dans certains cas, par d'autres détecteurs (compteurs à scintillation notamment).

3. Mesure de l'activité absolue par comparaison à une source standard

A l'aide d'une source standard d'activité absolue connue, il est possible de déterminer l'activité absolue d'une source inconnue, par comparaison des activités. Toutefois, cette comparaison ne peut s'effectuer que de deux manières précises:

1. La source standard et la source à mesurer sont toutes deux préparées avec le même radioélément. En outre, la forme chimique et la masse des deux sources sont les mêmes; le produit est réparti de manière uniforme sur des supports semblables (mêmes diamètres, épaisseurs et nature).

Alors, la comparaison des activités, effectuée dans n'importe quelles conditions, reste valable et permet, en particulier, d'obtenir une valeur absolue de l'activité de la source à mesurer.

2. La comparaison des activités de la source standard et de la source à mesurer se fait dans des conditions *rigoureusement identiques* à celles qui ont été réalisées, lors de la calibration de la source standard (même détecteur, même dispositif de mesures).

Alors, la comparaison des activités mesurées est valable, même lorsque la source comparée est faite d'un radioélément différent que celui qui compose la source à mesurer. Pour obtenir la valeur absolue de l'activité de cette source, il suffit que le standard ait été calibré avec un radioélément identique et sous la même forme que celui qui compose la source à mesurer.

Malheureusement, en pratique, ces deux cas ne se présentent pas. En effet, les périodes relativement courtes des principaux radio-isotopes utilisés en médecine (iode-131, 8 jours; phosphore-32, 14,3 jours; or-198, 2,7 jours) ne permettent pas d'utiliser un standard absolu conforme aux exigences de la première manière pendant une longue durée (un à deux mois au maximum); après quoi, l'activité du standard devient trop faible. D'autre part, les exigences de la seconde manière sont trop aiguës: il suffit d'un vieillissement du détecteur qui modifie sa sensibilité, par exemple, pour ne plus se trouver dans des conditions de comparaison valables.

Pour éviter le remplacement continu des standards absolus, coûteux et peu élégant, et pour élargir les exigences aiguës qui interviennent lorsque le standard est formé d'un radioélément différent, on a recours aux *sources standards simulées de longue vie*. Ces standards simulés sont construits à l'aide de radioéléments de longue période dont le spectre β se rapproche beaucoup de celui du radio-isotope de courte période à mesurer. Avec une filtration convenable du rayonnement obtenue à l'aide d'écrans adéquats, le rayonnement sortant du standard reproduit sensiblement celui du rayonnement de courte période.

Il est très difficile d'obtenir une reproduction parfaite. Nous avons construit des standards simulés, qui cherchent à reproduire au mieux le spectre du radioélément à mesurer et nous avons déterminé de quelle manière le changement des conditions de mesure, lors de la comparaison des activités, influence la valeur trouvée pour l'activité absolue (27). La position de la source par rapport au détecteur, la présence d'écrans entre source et détecteur (fenêtre du détecteur notamment), ont une certaine importance.

Nous avons déterminé des conditions de mesure optima telles qu'un standard simulé, ne reproduisant qu'imparfaitement le spectre β du radioélément qui lui est comparé, peut être valablement utilisé. Un faible changement des conditions de mesure n'entraîne alors qu'une erreur faible sur la valeur de l'activité absolue (ainsi, le remplacement d'un détecteur par un tube du même type n'entraîne qu'une erreur négligeable).

4. Comparaison entre les différentes méthodes de mesure absolue

Actuellement, les différentes méthodes de mesure absolue de la radio-activité donnent des résultats dont la précision varie entre un et plusieurs pourcents. Les quatre premières méthodes sont très précises. Employées conjointement, l'indépendance de chacune d'elles permet d'obtenir des valeurs très sûres par recoupement. Leur précision est d'autant plus élevée que les sources mesurées sont plus actives; ces méthodes sont

difficilement applicables à des sources dont l'activité est inférieure à une dizaine de millicuries, à l'exception de la quatrième, toutefois (activités mesurables: jusqu'à $10 \mu\text{C}$).

Les autres méthodes s'appliquent au contraire avec succès à la mesure des sources dont l'activité est beaucoup plus faible, du millimicrocurie au microcurie. Dans ce domaine, la précision dépend peu de la valeur même de l'activité absolue. Les méthodes de mesure par comptage en géométrie 4π pour les radio-isotopes qui émettent un seul rayonnement β et par comptage des coïncidences pour ceux qui émettent des radiations β et γ sont les plus précises et les plus sûres. La méthode de comptage des particules sous un angle solide inférieur à 4π l'est beaucoup moins. La mesure de l'activité absolue par comparaison à un standard absolu donne une précision, qui dépend de l'exactitude avec laquelle le standard lui-même a été calibré et varie donc beaucoup, suivant les cas. Avec les standards simulés, on peut obtenir une précision meilleure que 5% environ.

La précision n'est pas le seul critère qui entre en ligne de compte, lors du choix d'une méthode de mesure absolue. La rapidité avec laquelle la mesure peut être faite et la facilité avec laquelle la méthode envisagée peut être banalisée, jouent un rôle certain. En effet, les applications thérapeutiques des radio-isotopes demandent des contrôles fréquents, où une précision moyenne est généralement suffisante. À ce point de vue, les quatre premières méthodes ne sont pas utiles, sauf dans des cas exceptionnels. Parmi les trois autres, c'est la méthode de comptage sous un angle solide inférieur à 4π , qui se prête le mieux à une banalisation en vue de contrôles systématiques fréquents et relativement rapides. Les déterminations par comptage sous un angle solide égal à 4π sont lentes, car le compteur doit être régénéré après chaque mesure; il en va de même pour la méthode de comptage des coïncidences β - γ , lorsque l'on désire des résultats sûrs. Enfin, la méthode de mesure de l'activité absolue par comparaison à des sources standards simulées est celle qu'il est le plus facile de banaliser.

L'importance du matériel mis en œuvre ne peut être négligée. Alors que les quatre premières méthodes demandent des laboratoires spécialement équipés, les méthodes de comptage dans une géométrie égale à 4π ou de mesure des coïncidences β - γ utilisent des instruments plus courants dans un laboratoire de radioactivité. Ce dernier matériel est néanmoins bien plus considérable que celui qui est nécessaire pour le comptage dans une géométrie inférieure à 4π , ou la comparaison de l'activité de la source à mesurer à celle d'un standard simulé calibré en valeur absolue.

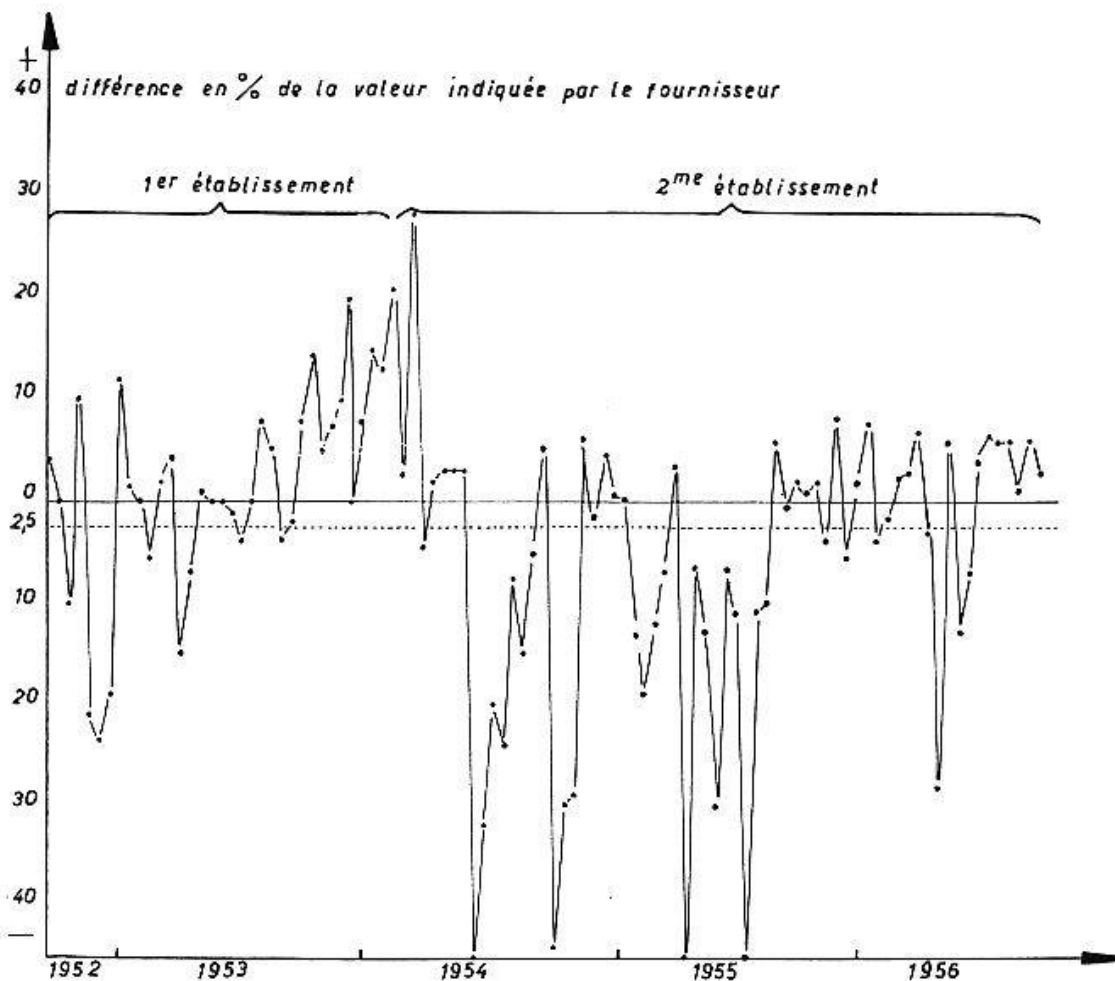


Fig. 1. Contrôles de l'activité absolue d'envois de iode-131.

Pour les contrôles fréquents d'activités absolues, ces deux méthodes nous ont donné entière satisfaction. La calibration de nos sources standards simulées a été effectuée une première fois, en 1952, à l'aide de sources faites avec des solutions standardisées provenant de l'Atomic Energy Research Establishment à Harwell (Grande-Bretagne). Dans le cas de l'iode-131, nous l'avons répétée cette année, à l'aide d'autres solutions calibrées, l'une par le National Physical Laboratory à Londres, et l'autre par le National Bureau of Standards à Washington. Les résultats de cette dernière comparaison ont été particulièrement concordants: on a trouvé une différence inférieure à 0,5% entre nos sources simulées calibrées en 1952 et les sources faites à partir de la solution anglaise, et une différence de -1,5% entre nos sources simulées et celles qui ont été préparées à partir de la solution américaine.

Nous donnons ci-dessous deux graphiques, qui indiquent les différences rencontrées entre les valeurs absolues mesurées dans notre laboratoire par la méthode de comparaison à un standard simulé et les valeurs données par l'établissement qui nous livre les solutions radioactives. Il faut

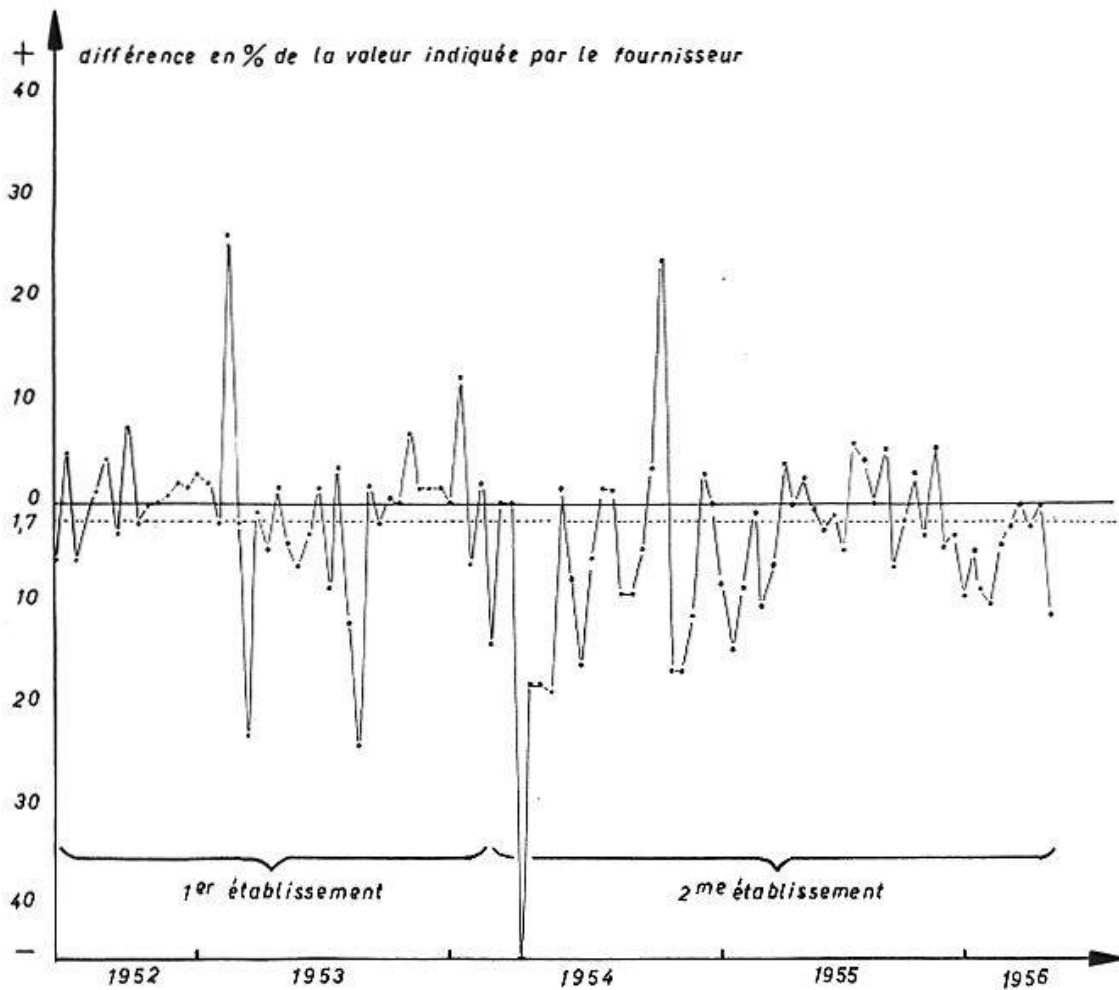


Fig. 2. Contrôles de l'activité absolue d'envois de phosphore-32.

préciser que ces solutions ne sont pas dosées individuellement par l'expéditeur, mais prélevées sur des solutions dosées.

On remarquera, surtout dans le cas de l'iode-131, des différences assez importantes, qui justifient pleinement la nécessité d'un contrôle de l'activité absolue. Dans 29% des cas pour l'iode-131, et dans 18% des cas pour le phosphore-32, l'activité absolue mesurée diffère de plus de $\pm 10\%$ de la valeur indiquée. Le fait que la moyenne des différences se situe à $-2,5\%$ pour l'iode-131 et à $-1,7\%$ pour le phosphore-32 est plus rassurant.

5. Conclusions

Le contrôle de l'activité absolue, avec une précision de l'ordre de 5%, est possible lorsque l'on emploie certaines sources standards simulées de longue vie, dans des conditions de mesure optima que nous avons déterminées dans le cas de l'iode-131 et du phosphore-32. Cette manière simple de procéder, met à la disposition des laboratoires de radioactivité une méthode simple mais valable de contrôle de l'activité absolue, dont la

précision correspond à celle qu'il est nécessaire d'obtenir pour les emplois thérapeutiques des radio-isotopes.

Les contrôles de l'activité absolue des autres radio-isotopes, pour lesquels des standards simulés de longue vie ne sont pas encore au point, s'effectue par le comptage sous un angle solide inférieur à 4π . Cette méthode se prête également bien à des mesures systématiques et donne une précision meilleure que 5%, pour autant que les valeurs des facteurs de correction intervenant dans la relation (1) soient déterminées avec soin.

Enfin, il est *utile* de contrôler périodiquement la validité des mesures systématiques effectuées à l'aide des méthodes précédentes. Ces contrôles seront effectués, pour les radio-isotopes qui émettent un rayonnement β pur, par comptage dans une géométrie égale à 4π , et pour ceux qui émettent des radiations β et γ , par comptage des coïncidences. En outre, il nous paraît souhaitable d'établir un contrôle supplémentaire à l'aide de solutions radioactives dont l'activité absolue est déterminée dans des centres de mesure importants (National Bureau of Standards, National Physical Laboratory).

Résumé

La mesure de l'activité absolue de préparations radioactives est nécessaire dans un certain nombre d'applications des radioéléments, et notamment, lors de l'utilisation thérapeutique des radio-isotopes.

Plusieurs méthodes de mesure absolue sont actuellement au point; elles permettent d'atteindre une précision variable, à l'aide de techniques plus ou moins délicates. On discute du choix d'une méthode qui, tout en donnant une précision suffisante, permette des mesures systématiques et relativement rapides.

L'emploi de standards simulés de longue vie, d'une part, la méthode de comptage des particules dans une géométrie inférieure à 4π , d'autre part, permettent d'atteindre ce but, pour autant que ces méthodes soient mises au point avec soin dans le laboratoire où elles sont utilisées.

Des méthodes plus délicates, comme le comptage des particules dans une géométrie égale à 4π pour les radioéléments émetteurs d'un rayonnement β pur, ou le comptage en coïncidences pour les radio-isotopes qui émettent des radiations β et γ , sont très utiles pour contrôler périodiquement les résultats obtenus, car elles sont plus sûres et plus précises.

Zusammenfassung

Die Messung der absoluten Aktivität radioaktiver Präparate hat sich in manchen Fällen der Anwendung von Radioelementen und besonders bei der therapeutischen Verwendung von Radioisotopen als notwendig

erwiesen. Mehrere Methoden der absoluten Messung sind jetzt ausgearbeitet. Die erreichbare Genauigkeit hängt von der Empfindlichkeit der angewandten Technik ab. Es wird die Wahl einer Methode besprochen, die bei genügender Präzision zugleich systematische und relativ rasche Messungen erlaubt. Die Verwendung von «Simulated standards» langer Halbwertszeit einerseits und die Zählung der Teilchen in einem Raumwinkel kleiner als 4π andererseits führen zum Ziel, falls diese Methoden im Laboratorium, in dem sie verwendet werden sollen, mit Sorgfalt durchgeführt werden. Empfindlichere Methoden wie die Zählung der Teilchen in einem Raumwinkel gleich 4π bei radioaktiven Elementen, die reine β -Strahler sind, oder die Anwendung der Koinzidenzmethode bei radioaktiven Isotopen, die sowohl β - als auch γ -Strahlen entsenden, sind zur Kontrolle der erhaltenen Resultate sehr nützlich, denn diese Methoden sind sicherer und präziser.

Riassunto

Si rende necessaria una misura dell'attività di preparati radioattivi in un certo numero di applicazioni dei radioelementi e specialmente nell'impiego terapeutico dei radio-isotopi. Diversi metodi di misura assoluta vengono attualmente impiegati, essi permettono di raggiungere un grado di precisione variabile grazie a tecniche più o meno delicate. Si discute la scelta di un metodo che permetta l'effettuazione di misure sistematiche relativamente rapide e nello stesso tempo sufficientemente precise. L'impiego delle sorgenti simulate di lunga durata da una parte, il metodo del conteggio delle particelle in una geometria inferiore a 4π d'altra parte permettono di raggiungere questo scopo, semprechè questi metodi siano perfezionati nel laboratorio che poi li utilizzerà.

Dei metodi più delicati, come il conteggio delle particelle in una geometria uguale a 4π per i radioelementi che emettono una radiazione β pura, od il conteggio in coincidenza per i radioisotopi che emettono delle radiazioni β e γ sono molto utili per controllare periodicamente i risultati ottenuti, essendo tali metodi più sicuri e precisi.

Summary

The measure of the absolute activity of radioactive preparations is necessary in a certain number of applications of radio-elements, notably for the therapeutic use of radioisotopes.

Several methods of absolute measure are actually available which give a varying degree of precision to the use of techniques which are more or less delicate. The choice of a method is discussed which provides systematic and relatively rapid measurements while retaining an adequate degree of precision.

The use of simulated standards of long life on the one hand and the method of counting particles in a geometry less than 4π on the other hand, make it possible to attain this aim, provided that these methods are set up in the laboratory in which they will be used.

More delicate methods, like counting particles in a 4π -geometry for the radioelements emitting a pure β -radiation, or counting coincidences for radioisotopes which emit β and γ radiations, are very useful for controlling periodically the results obtained, since they are more certain and more precise.

1. Curie, P., et Laborde, A.: C. R. Acad. Sci. (Paris) **136**, 673 (1903). – 2. Zumwalt, L. R., Cannon, C. V., Jenks, G. H., Peacock, W. C., und Gunning, L. M.: Manhattan Distr. Declass. Code **1947**, 1433. – 3. Mann, W. B.: J. Res. Nat. Bur. Stand. (Washington) **52**, 117 (1954); **53**, 277 (1954). – 4. Fricke: Amer. J. Roentgenol. **18**, 430 (1927). – 5. Minder, W.: Helv. Physica Acta **26**, 407 (1953). – 6. Wien, W.: Physikal. Z. **4**, 624 (1903). – 7. Clarke, R. K.: Rev. sci. Instrum. **21**, 753 (1950). – 8. Gross, W., and Failla, S. A.: Phys. Rev. **79**, 209 (1950). – 9. Gray, L. H.: Proc. roy. Soc. A **156**, 578 (1936). – 10. Gray, L. H.: Brit. J. Radiol. **22**, 677 (1949). – 11. Burt, B. P.: Nucleonics **5** (2), 28 (1949). – 12. Zumwalt, L. R.: Manhattan Distr. Declass. Code **1947**, 1346. – 13. Putman, J. L.: Brit. J. Radiol. **23**, 46 (1950). – 14. Yaffe, L., and Justus, K.: J. Chem. Soc. Suppl. **2**, 341 (1949). – 15. Lerch, P.: Publication à l'occasion du Centenaire de l'Ecole Polytechnique de l'Université de Lausanne 1953. – 16. Lerch, P.: Helv. Physica Acta **26**, 663 (1953). – 17. Grimberg, B., et le Gallic, Y.: J. Phys. Radium. **17**, 35 A (1956). – 18. Simpson, J. A. jr.: Rev. sci. Instrum. **15**, 119 (1944). – 19. Haxel, O., et Houtermans, F. G.: Z. Physik **124**, 705 (1948). – 20. Cohen, R.: C. R. Acad. Sci. (Paris) **229**, 356 (1949). – 21. Pate, B. D., and Yaffe, L.: Canad. J. Chem. **33**, 610 (1955); **33**, 929 (1955); **33**, 1656 (1955). – 22. Bothe, W., et v. Bayer, H.: Göttinger Nachrichten **1**, 195 (1935). – 23. Dunworth, J. V.: Rev. sci. Instrum. **11**, 167 (1940). – 24. Wiedenbeck, M. L.: Phys. Review **72**, 974 (1947). – 25. Belcher, E. H.: Rev. sci. Instrum. **30**, 286 (1953). – 26. Rossi, B.: Nature (Lond.) **125**, 636 (1930). – 27. Lerch, P., Péguiron, L., et Wittgenstein, M.: A paraître prochainement.