



# Technique

<b>Lexique</b> .....	p. 9.1
<b>Sécurité</b> .....	p. 9.2
<b>Définitions</b> .....	p. 9.3
<b>Technique</b> .....	p. 9.4
<b>Normes et règlements</b> .....	p. 9.5
<b>Radionucléides</b> .....	p. 9.6
<b>Radionucléides caractéristiques</b> .....	p. 9.7 - 9.8
<b>Tableau de Mendeleïev</b> .....	p. 9.9
<b>Index Radionucléides</b> .....	p. 9.10 - 9.11

# Lexique



## Sigles & abréviations

<b>ADR :</b>	Arrêté relatif au transport des marchandises dangereuses par route (dit : arrêté ADR).	<b>LNHB :</b>	Laboratoire National Henri Becquerel. Laboratoire qui est, depuis 1999, le LNM (Laboratoire National de Métrologie) dans le domaine des rayonnements ionisants, l'un des cinq laboratoires du BNM (Bureau National de Métrologie). Il est chargé de la définition, de l'amélioration et du transfert des références métrologiques nationales dans le domaine des rayonnements ionisants.
<b>AFNOR :</b>	Association Française de NORmalisation.	<b>LNE :</b>	Laboratoire National d'Essais.
<b>AFSSAPS :</b>	Agence Française de Sécurité Sanitaire des Produits de Santé.	<b>LNM :</b>	Laboratoire National de Métrologie.
<b>AIEA :</b>	Agence Internationale de l'Énergie Atomique, organisme dépendant de l'O.N.U.	<b>NIST :</b>	National Institute of Standards and Technology.
<b>ANDRA :</b>	Agence Nationale pour la gestion des Déchets RadioActifs.	<b>NPL :</b>	National Physical Laboratory.
<b>ASN :</b>	Autorité de la Sûreté Nucléaire	<b>OACI :</b>	Organisation de l'Aviation Civile Internationale.
<b>BIPM :</b>	Bureau International des Poids et Mesures.	<b>OMI :</b>	Organisation Maritime Internationale.
<b>BPRI :</b>	Bureau de Protection contre les Rayonnements Ionisants.	<b>PTB :</b>	Physikalische Technische Bundesanstalt.
<b>CEA :</b>	Commissariat à l'Énergie Atomique.	<b>REA :</b>	RadioÉlément Artificiel.
<b>CERCA :</b>	Compagnie pour l'Étude et la Réalisation de Combustibles Atomiques.	<b>RID :</b>	Accord Européen de Transport International par fer.
<b>CERCALEA :</b>	Laboratoire Étalons d'Activité.	<b>SAR :</b>	Service d'Applications des Radioéléments.
<b>CEREM :</b>	Centre d'Études et de Recherches sur les Matériaux.	<b>SI :</b>	Système International.
<b>CETAMA :</b>	Commission d'ÉTABlissement des Méthodes d'Analyse (CEA).	<b>SMH :</b>	Service de Métrologie Habilité.
<b>COFRAC :</b>	COMité FRançais d'Accréditation.	<b>TEP :</b>	Tomographie par Émission de Positons.
<b>CPA :</b>	Conditions Particulières d'Autorisation, élaborées par l'IRSN.	<b>TIG :</b>	Tungstene Inert Gas (procédé de soudage).
<b>DETECS :</b>	Département des Technologies du Capteur et du Signal.	<b>TPN :</b>	Température Pression Normale.
<b>DRIRE :</b>	Direction Régionale de l'Industrie de la Recherche et de l'Environnement.	<b>VIM :</b>	Vocabulaire International de Métrologie.
<b>IATA :</b>	International Air Transport Association.		
<b>ICPE :</b>	Installation Classée pour la Protection de l'Environnement.		
<b>ICRU :</b>	International Commission on Radiation Units and measurements.		
<b>IMDG :</b>	Code du transport maritime, loi du 05/07/83 (Code de sécurité des navires).		
<b>IRSN :</b>	Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire.		
<b>ISO :</b>	International Organization for Standardization.		
<b>LEA :</b>	Laboratoire Étalons d'Activité.		
<b>LETI :</b>	Laboratoire d'Électronique, de Technologie et d'Instrumentation.		

# Sécurité

## ➤ Règles de radioprotection et conseils généraux d'utilisation

Tout travail en milieu ionisant impose le port d'une tenue vestimentaire spécifique destinée à protéger les travailleurs contre les risques d'une contamination corporelle. Il est donc vivement conseillé de porter une blouse et de mettre des gants de protection.



Les étalons doivent être manipulés avec beaucoup de précaution. Quand ils ne sont plus utilisés, ils doivent être stockés dans leur **emballage d'origine** ou dans un emballage adapté pour la radioprotection.

L'objectif est d'éviter toute exposition externe et interne, qui résulte de l'incorporation de radio-nucléides par inhalation, ingestion ou blessure.

## ➤ Que faire en cas d'incident ?

Toute manipulation ou utilisation de sources radio-actives doit toujours s'effectuer sous la surveillance d'une Personne Compétente en Radioprotection, PCR, (décret n° 2003-296 du 31 mars 2003).

En cas d'incident, il est indispensable de contacter la PCR de l'établissement. Celle-ci prendra toutes les dispositions nécessaires pour assurer la prévention (alerter) et prendre les mesures quant à la contamination.

## ➤ Conseils d'utilisation spécifiques

### Pour les solutions

Dans les conditions normales de température et de pression d'un laboratoire, les **solutions** restent **stables dans leurs ampoules d'origine** pour une durée minimale de 2 ans. Les solutions sont prévues pour être transvasées de leurs ampoules à un autre récipient.

Les solutions peuvent être diluées. Mais le diluant utilisé doit comporter la même composition chimique et la même concentration de matière non radioactive que la solution étalon.

Si la composition chimique est destinée à la préparation d'une source, il faut s'assurer que les composants volatiles ne se perdent pas au cours des différentes manipulations.

### Pour la médecine nucléaire

La durée d'utilisation recommandée d'une source est généralement limitée à deux ans.

En supplément, il faudra la recalibrer à intervalles réguliers.

### Pour les sources scellées

Les sources doivent être manipulées avec des gants et avec des pinces (toutes les sources en coffret sont fournies avec une pince dans leur boîte de rangement) pour éviter de laisser une pellicule de gras sur leur surface et risquer de les endommager.

Pour les sources spéciales à forte activité, des règles de radioprotection doivent être appliquées dans le respect de la réglementation sur la protection des personnes.

Les **sources  $\gamma$**  peuvent être nettoyées à l'aide d'un linge humidifié avec de l'alcool car elles possèdent un film plastique. En effet, l'abrasion de la surface supérieure modifiera son niveau d'activité avec risque de fuite.

Au contraire, les **sources  $\alpha$  et  $\beta$**  ne doivent pas être nettoyées (elles ne possèdent pas de feuille de plastique).

Les détergents ou les solutions abrasives ne doivent en aucun cas être utilisés.

Pour éviter l'évaporation du **carbone 14** causée par le contact avec l'atmosphère, ces sources doivent être gardées dans leur boîte de rangement, et laissées dans un endroit sec et à l'abri de la lumière.

## ➤ Disparition d'une source

En France, en cas de perte, vol, disparition d'une source radioactive ainsi que les faits susceptibles d'engendrer une dissémination radioactive, le chef d'établissement, le titulaire de l'autorisation ou la Personne Compétente en Radioprotection devra avertir immédiatement :

(article R133-51 du code de la Santé Publique )

- le Préfet et la DRIRE du Département du lieu de survenance de la perte ou du vol,

- l'ASN / SD 1

10 Route du Panorama

BP 83 - 92266 FONTENAY-AUX-ROSES

- l'IRSN

BP 35 - 78116 LE VESINET CEDEX

En cas d'incident radiologique,  
numéro vert d'urgence :

0800 804 135

# Définitions



## Étalon pour la radioactivité

L'unité de radioactivité adoptée par le SI est le becquerel (Bq). Cette unité correspond à la transformation d'un noyau avec émission d'un rayonnement ionisant. C'est ce qu'on appelle une désintégration.

Ainsi, l'activité d'un corps radioactif se quantifie par le nombre de désintégrations de ses atomes en une seconde. Elle se mesure en becquerels.

Un becquerel (Bq) correspond à une désintégration par seconde. C'est une très petite unité de mesure.

1 Bq = nombre de désintégrations d'un noyau par seconde.

### Échelle de grandeur

Becquerels	
$37 \times 10^9$	1 g de radium 226
7 à $8 \times 10^9$	1 tonne de granit
$37 \times 10^6$	1 scintigraphie thyroïdienne
100 000	50 g d'engrais phosphaté
10 000	1 homme de 70 kg
150	1 kg de pommes de terre
10	1 litre d'eau minérale
0,3 à 1	1 litre d'eau de pluie

L'autre unité, toujours utilisée, est le curie (Ci) qui correspond au nombre de noyaux qui se désintègrent dans un gramme de radium par seconde (ancien système).

1 Ci =  $3,7 \times 10^{10}$  Bq, soit 37 milliards de désintégrations/seconde

1 Bq	≈ 27 pCi	1 Ci	≈ 37 GBq
1 kBq	≈ 27 nCi	1 mCi	≈ 37 MBq
1 MBq	≈ 27 μCi	1 μCi	≈ 37 kBq
1 GBq	≈ 27 mCi	1 nCi	≈ 37 Bq
1 TBq	≈ 27 Ci	1 pCi	≈ 37 mBq

### Tableau de conversion Becquerel/Curie

T = téra ( $10^{12}$ )	m = milli ( $10^{-3}$ )
G = giga ( $10^9$ )	μ = micro ( $10^{-6}$ )
M = méga ( $10^6$ )	n = nano ( $10^{-9}$ )
k = kilo ( $10^3$ )	p = pico ( $10^{-12}$ )



## Étalon

La mesure d'une grandeur se détermine par comparaison à un **étalon de référence** qui est désigné ou largement reconnu comme présentant les plus hautes qualités métrologiques, et dont la valeur est établie sans se référer à d'autres étalons de la même grandeur.

Toute mesure pour la fabrication ou le contrôle des produits LEA est évaluée par comparaison avec cet étalon. Enfin les étalons que fabrique le LEA sont destinés à l'étalonnage des appareils de ses clients.

L'ensemble des unités de mesure forme le Système International (SI) qui est reconnu et adopté universellement comme système de référence et de communication scientifique.



## Pureté radioactive

Les étalons présentés dans ce catalogue sont élaborés à partir de produits de base contenant le minimum d'impuretés radioactives et leur fabrication fait l'objet de précautions particulières.

Les impuretés présentes dans les produits finis sont identifiées et dosées par spectrométrie α ou γ systématiquement et, dans certains cas, par spectrométrie de masse.

Les **teneurs en impuretés** sont données **dans le certificat d'étalonnage**, exprimées en pourcentage de l'activité du radionucléide principal, à la date de référence. Lorsque aucune impureté n'a été décelée, une limite de détection est également indiquée.



## Incertitudes

L'incertitude représente l'estimation d'une variation possible entre le niveau de l'activité certifiée par le LEA et l'activité réelle. Elle est généralement inférieure à  $\pm 5\%$ . ( $k=2$ ).

Selon la norme NFX 07-001 l'incertitude d'une mesure est définie comme l'écart entre le résultat d'un mesurage et la valeur vraie du mesurande (grandeur mesurée ou à mesurer).

Deux types d'incertitudes apparaissent en fonction du mode d'évaluation. Lors du calcul de l'incertitude de mesure, il est indispensable d'identifier la totalité des paramètres  $X_i$  qui ont une incidence sur le résultat du mesurage et de quantifier leur incertitude type.

Pour évaluer la valeur numérique des incertitudes types associées à chacune des composantes de l'incertitude, deux méthodes peuvent être employées :

- **type A** : les incertitudes sont estimées en appliquant des méthodes statistiques à des séries de mesures répétées. Cette méthode est principalement utilisée pour quantifier les incertitudes de répétabilité de mesurage.
- **type B** : la méthode recouvre tout ce qui n'est pas statistique (spécification, constructeur, certificats d'étalonnage, facteur d'influence...).

Les conditions normales de mesure sont :

- température : 20° C
- pression atmosphérique : 101 325 Pa (1013,25 mbar)
- hygrométrie : 55 %



# Technique

Enfin l'incertitude élargie U est obtenue en multipliant l'écart type composé par un facteur d'élargissement k. La **valeur du facteur d'élargissement** est liée à la probabilité souhaitée (niveau de confiance) :

- 68 % pour k = 1
- 95 % pour k = 2
- 99 % pour k = 3.

Ces pourcentages correspondent à l'application de la Loi Normale du fait de la multiplicité des facteurs d'incertitude.

La valeur de k utilisée par le LEA est égale à 2 (k = 2). Finalement l'incertitude est définie de la façon suivante :  $I = U(y) = k \cdot \sqrt{u_c(y)}$ .



## Tolérances

Les solutions étalons sont caractérisées en activité massique, exprimée en  $\text{kBq.g}^{-1}$ , à l'exception des solutions étalons multigamma qui sont caractérisées en flux d'émission.

L'**activité** indiquée est celle **du radionucléide principal**, à l'exclusion des descendants dans les cas de filiation et des impuretés identifiées. Les activités massiques nominales disponibles sont définies pour chaque radionucléide.

D'autres radionucléides et des niveaux d'activité peuvent être délivrés sur demande.

D'une manière générale, et sauf demande spécifique, l'activité livrée peut varier par rapport à l'activité nominale indiquée dans le catalogue. Le niveau d'activité et l'incertitude de mesure sont notés dans le certificat d'étalonnage fourni avec la source. Cette variation peut être plus grande pour les radionucléides à vie courte.

Type de produit	Variation par rapport à l'activité nominale catalogue
Solutions nominales	$\pm 30 \%$
Étalons, sources scellées, ou solution étalonnée.	$\pm 30 \%$
Produits médicaux : flood sources, stylos marqueurs, sources gamma de référence pour activimètres.	- 15 % + 30 %



## Grandeurs et unités

Les définitions qui suivent sont extraites de la norme NF ISO 31-10 :

### • Activité

L'activité A, d'une quantité d'un radionucléide dans un état d'énergie défini, à un instant donné, est le quotient  $dN$  par  $dt$ , où  $dN$  est l'espérance mathématique du nombre de transitions nucléaires spontanées à partir de cet état d'énergie dans l'intervalle de temps  $dt$ .

$A = dN/dt$  • Unité : Bq (Becquerel).  $1\text{Bq} = 1\text{s}^{-1}$ .

### • Constante radioactive

La constante radioactive (ou de décroissance),  $\lambda$ ,

d'un radionucléide dans un état d'énergie défini est le quotient de  $dP$  par  $dt$ , où  $dP$  est la probabilité qu'un noyau donné de subir une transition nucléaire spontanée à partir de cet état d'énergie, dans l'intervalle de temps  $dt$ .

$\lambda = dP/dt$   
Unité :  $\text{s}^{-1}$ .

### • Période radioactive

La période radioactive,  $T_{1/2}$ , d'un radionucléide est l'intervalle de temps nécessaire pour que l'activité d'une quantité de ce radionucléide soit réduite de la moitié de sa valeur initiale. Elle est reliée à la constante radioactive  $\lambda$ , par la relation :

$T_{1/2} = (\ln 2)/\lambda$   
Unité : s.

### • Activité massique

L'activité massique,  $A_m$  d'un radionucléide présent dans une masse  $m$  de matière est le quotient de l'activité A du radionucléide par  $m$ .

$A_m = A/m$   
Unité :  $\text{Bq.g}^{-1}$ .

### • Activité volumique

L'activité volumique,  $A_v$ , d'un radionucléide présent dans un volume V de matière, est le quotient de l'activité A du radionucléide par V.

$A_v = A/V$   
Unité :  $\text{Bq.cm}^{-3}$ .

Remarque : cette grandeur est principalement utilisée pour caractériser les étalons gazeux ; elle est alors considérée dans les **conditions de référence TPN** ( $T = 273,16\text{K}$  et  $P = 101,325\text{kPa}$ ).

### • Flux de particules

Le flux de particules,  $\Phi$ , est le quotient de  $dN$  par  $dt$ , où  $dN$  est l'accroissement du nombre de particules émises, dans l'intervalle de temps  $dt$  :

$\Phi = dN/dt$   
Unité :  $\text{s}^{-1}$ .

Remarque : cette grandeur est identique à celle dénommée « taux d'émission ».

Les particules considérées doivent être spécifiées.

L'angle solide dans lequel l'émission est considérée doit également être donné.

Exemple : Flux de particules  $\beta$  dans  $2\pi$  sr :  
 $\Phi = 3,5 \times 10^3 \text{ s}^{-1}$ .

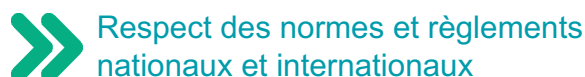
### • Flux massique de particules

Unité :  $\text{s}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ ,  $\text{s}^{-1}.\text{g}^{-1}$ .

Remarques :

- Cette grandeur est identique à celle dénommée « taux d'émission massique ».
- Les particules considérées doivent être spécifiées.
- L'angle solide dans lequel l'émission est considérée est égal à  $4\pi$  sr :  
 $\Phi_m = 2,5 \times 10^4 \text{ s}^{-1}.\text{g}^{-1}$ .

# Normes et règlements



La qualité est réalisée grâce aux respects des normes et règlements internationaux et nationaux récapitulés dans le tableau ci-après :

<b>Réglementation</b>	<b>Objet</b>	<b>Niveau</b>
Code de la Santé publique Décret 2003 - 462 du 21 mai 2003	Lois, décrets et textes réglementaires	National
Décret n° 2002-460 du 04/04/2002	Relatif à la protection générale des personnes contre les dangers des rayonnements ionisants	National
ISO 17025	Prescriptions concernant les compétences des laboratoires d'étalonnage et d'essais	International
COFRAC COmité FRançais d'ACcréditation	Étalonnage en rayonnement ionisant	National
ISO 9001	Conception, fabrication & mesure	International
93/42/CEE	Homologation CE pour dispositifs médicaux	International
EN 13485	Complément ISO 9001 pour dispositifs médicaux	International
NF M61-002	Définition des sources scellées	National
ISO 2919	Définition des sources scellées	International
ISO 8769	Calibrage	International
NF ISO 9978 (indice de classement M61-003)	Étanchéité des sources scellées	International
ISO 1677	Généralités certificat sources scellées	International
ADR restructuré	Accord européen relatif au transport international des marchandises dangereuses par route	Européen
AIEA - prescriptions n° ST - 1 Agence Internationale de l'Énergie Atomique	Règlement de transport des matières radioactives	International
OACI Règlement international de transport par air	Instructions techniques pour la sécurité du transport aérien des marchandises dangereuses	International

# Radionucléides

Radionucléide et Période	Composition chimique	Énergie des rayonnements (MeV)			Xk
		$\alpha$	$\beta_{\max}$	$\gamma$	
<b><math>^{110}\text{Ag}^m + ^{110}\text{Ag}</math></b> <i>2,50 x 10<sup>2</sup> jours</i>	NH <sub>4</sub> OH 0,1 N		2,235 2,892	0,658 0,706 0,764 0,885 0,937 1,384 1,505	
<b><math>^{241}\text{Am}</math></b> <i>4,33 x 10<sup>2</sup> ans</i>	HNO <sub>3</sub> 1 N	5,388 5,443 5,486		0,060	
<b><math>^{133}\text{Ba}</math></b> <i>1,05 x 10<sup>1</sup> ans</i>	HCl 1 N			0,081 0,161 0,223 0,276 0,302 0,356 0,384	0,031 0,035
<b><math>^{207}\text{Bi}</math></b> <i>3,28 x 10<sup>1</sup> ans</i>	HCl 1 N			0,570 1,063 1,770	0,075
<b><math>^{14}\text{C}</math></b> <i>5,73 x 10<sup>3</sup> ans</i>	triazol ou glucose + formaldéhyde en H <sub>2</sub> O		0,156		
<b><math>^{45}\text{Ca}</math></b> <i>1,63 x 10<sup>2</sup> jours</i>	HCl 0,1 N		0,257		
<b><math>^{109}\text{Cd} + ^{109}\text{Ag}^m</math></b> <i>4,63 x 10<sup>2</sup> jours</i>	HCl 1 N			0,088	0,022 0,026
<b><math>^{139}\text{Ce}</math></b> <i>1,38 x 10<sup>2</sup> jours</i>	HCl 0,1 N			0,166	0,033
<b><math>^{141}\text{Ce}</math></b> <i>3,25 x 10<sup>1</sup> jours</i>	HCl 0,1 N		0,435 0,580	0,145	0,036
<b><math>^{252}\text{Cf}</math></b> <i>9,67 x 10<sup>2</sup> jours</i>	Cf <sub>2</sub> O <sub>3</sub> + Pd	6,075 6,118		0,043 0,100	
<b><math>^{36}\text{Cl}</math></b> <i>3,01 x 10<sup>5</sup> ans</i>	NaCl en H <sub>2</sub> O		0,709		
<b><math>^{244}\text{Cm}</math></b> <i>1,81 x 10<sup>1</sup> ans</i>	HNO <sub>3</sub> 1 N	5,763 5,805			
<b><math>^{57}\text{Co}</math></b> <i>2,72 x 10<sup>2</sup> jours</i>	HCl 0,1 N			0,014 0,122 0,136	0,006
<b><math>^{58}\text{Co}</math></b> <i>7,08 x 10<sup>1</sup> jours</i>	HCl 0,1 N		0,475	0,811 0,864 1,675	0,006
<b><math>^{60}\text{Co}</math></b> <i>1,93 x 10<sup>3</sup> jours</i>	HCl 0,1 N		0,318	1,173 1,333	
<b><math>^{51}\text{Cr}</math></b> <i>2,77 x 10<sup>1</sup> jours</i>	HCl 0,1 N			0,320	0,005
<b><math>^{134}\text{Cs}</math></b> <i>7,55 x 10<sup>2</sup> jours</i>	HCl 0,1 N		0,089 0,415 0,658	0,563 0,569 0,604 0,796 0,802 1,168 1,365	0,032
<b><math>^{137}\text{Cs} + ^{137}\text{Ba}^m</math></b> <i>3,02 x 10<sup>1</sup> ans</i>	HCl 0,1 N		0,511 1,173	0,662	0,032

# Radionucléides caractéristiques

Radionucléide et Période	Composition chimique	$\alpha$	Énergie des rayonnements (MeV)		Xk
			$\beta_{max}$	$\gamma$	
<b><sup>152</sup>Eu</b> 1,35 x 10 <sup>1</sup> ans	HCl 1N		0,387 0,698 1,475	0,122 0,245 0,296 0,344 0,411 0,444 0,689 0,779 0,867 0,964 1,086 1,112 1,213 1,299 1,408	
<b><sup>55</sup>Fe</b> 9,79 x 10 <sup>2</sup> jours	HCl 0,1 N				0,006 0,007
<b><sup>59</sup>Fe</b> 4,45 x 10 <sup>1</sup> jours	HCl 0,1 N		0,273 0,466	0,192 0,335 1,099 1,291	
<b><sup>3</sup>H</b> 1,23 x 10 <sup>1</sup> ans	H <sub>2</sub> O tritiated		0,018		
<b><sup>125</sup>I</b> 5,99 x 10 <sup>1</sup> jours	NaI + Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> en H <sub>2</sub> O			0,035	0,027
<b><sup>129</sup>I</b> 1,57 x 10 <sup>7</sup> ans	NaI + Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> en H <sub>2</sub> O		0,151	0,039	0,030
<b><sup>131</sup>I</b> 8,02 jours	NaI + Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> en H <sub>2</sub> O		0,334 0,606	0,080 0,284 0,364 0,637 0,722	
<b><sup>85</sup>Kr</b> 1,07 x 10 <sup>1</sup> ans	gaseous state		0,173 0,687	0,514	
<b><sup>54</sup>Mn</b> 3,12 x 10 <sup>2</sup> jours	HCl 0,1 N			0,835	0,005
<b><sup>22</sup>Na</b> 9,50 x 10 <sup>2</sup> jours	HCl 0,1 N		0,545	0,511 1,275	
<b><sup>63</sup>Ni</b> 1,00 x 10 <sup>2</sup> ans	HCl 0,1 N		0,066		
<b><sup>237</sup>Np + <sup>233</sup>Pa</b> 2,14 x 10 <sup>6</sup> ans	HCl + C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> O <sub>4</sub> 6 N	4,766 4,771 4,788	0,156 0,174 0,232 0,260 0,572	0,030 0,087 0,143 0,195 0,312 0,340	0,098
<b><sup>32</sup>P</b> 1,43 x 10 <sup>1</sup> jours	HCl 0,1 N		1,710		
<b><sup>210</sup>Pb</b> 2,22 x 10 <sup>1</sup> ans	HNO <sub>3</sub> 3 N			0,047	
<b><sup>147</sup>Pm</b> 9,58 x 10 <sup>2</sup> jours	HCl 0,1 N		0,225		
<b><sup>238</sup>Pu</b> 8,77 x 10 <sup>1</sup> ans	HNO <sub>3</sub> 1 N	5,456 5,499			
<b><sup>239</sup>Pu</b> 2,41 x 10 <sup>4</sup> ans	HNO <sub>3</sub> 1 N	5,105 5,143 5,156			
<b><sup>103</sup>Ru + <sup>103</sup>Rh<sup>m</sup></b> 3,93 x 10 <sup>1</sup> jours	HCl 0,1 N		0,113 0,226	0,040 0,497 0,610	



# Radionucléides caractéristiques

Radionucléide et Période	Composition chimique	Énergie des rayonnements (MeV)			
		$\alpha$	$\beta_{\max}$	$\gamma$	Xk
<b><sup>35</sup>S</b> 8,74 x 10 <sup>1</sup> jours	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> en H <sub>2</sub> O		0,167		
<b><sup>75</sup>Se</b> 1,20 x 10 <sup>2</sup> jours	Na <sub>2</sub> SeO <sub>3</sub> en NaOH 0,5 N			0,121 0,136 0,265 0,280 0,401	0,010
<b><sup>113</sup>Sn + <sup>113m</sup>In</b> 1,15 x 10 <sup>2</sup> jours	HCl 6 N			0,255 0,392	0,024
<b><sup>85</sup>Sr</b> 6,49 x 10 <sup>1</sup> jours	HCl 0,1 N			0,514	0,013 0,015
<b><sup>89</sup>Sr</b> 5,06 x 10 <sup>1</sup> jours	HNO <sub>3</sub> 1 N		1,492		
<b><sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y</b> 2,82 x 10 <sup>1</sup> ans	HCl 0,1 N		0,546 2,284		
<b><sup>99</sup>Tc</b> 2,14 x 10 <sup>5</sup> ans	NH <sub>4</sub> OH 0,1 N		0,294		
<b><sup>228</sup>Th + descendants (1)</b> 6,99 x 10 <sup>2</sup> jours	HNO <sub>3</sub> 1 N	5,340 5,423		0,084 0,132 0,216	
<b><sup>204</sup>Tl</b> 1,38 x 10 <sup>3</sup> jours	HCl 0,1 N		0,763		
<b><sup>232</sup>U + descendants (1)</b> 6,98 x 10 <sup>1</sup> ans	HNO <sub>3</sub> 0,1 N	5,263 5,320		0,058	
<b><sup>233</sup>U</b> 1,59 x 10 <sup>5</sup> ans	HNO <sub>3</sub> 1 N	4,783 4,824		0,042 0,054 0,097 0,146 0,164 0,291 0,317	0,029
<b><sup>127</sup>Xe</b> 3,64 x 10 <sup>1</sup> jours	État gazeux			0,057 0,145 0,172 0,203 0,375	0,028 0,029 0,032 0,033
<b><sup>133</sup>Xe</b> 5,24 jours	État gazeux		0,346	0,081	0,031
<b><sup>88</sup>Y</b> 1,07 x 10 <sup>2</sup> jours	HCl 0,1 N		0,755	0,898 1,836	0,014
<b><sup>65</sup>Zn</b> 2,44 x 10 <sup>2</sup> jours	HCl 0,1 N		0,330	1,115	0,008 0,009
<b><sup>95</sup>Zr + <sup>95</sup>Nb (2)</b> 6,40 x 10 <sup>1</sup> jours	HNO <sub>3</sub> 1 N		0,366 0,399	0,724 0,756 0,766	

## Légende :

(1) Pas nécessairement à l'équilibre

(2) Pas à l'équilibre

## Tableau de Mendeleïev

1 <b>H</b> Hydrogène 1,008																	2 <b>He</b> Hélium 4,003	
3 <b>Li</b> Lithium 6,941	4 <b>Be</b> Béryllium 9,012																	5 <b>B</b> Bore 10,81
11 <b>Na</b> Sodium 22,990	12 <b>Mg</b> Magnésium 24,305																	13 <b>Al</b> Aluminium 26,982
19 <b>K</b> Potassium 39,099	20 <b>Ca</b> Calcium 40,078	21 <b>Sc</b> Scandium 44,956	22 <b>Ti</b> Titane 47,88	23 <b>V</b> Vanadium 50,942	24 <b>Cr</b> Chrome 51,996	25 <b>Mn</b> Manganèse 54,938	26 <b>Fe</b> Fer 55,847	27 <b>Co</b> Cobalt 58,933	28 <b>Ni</b> Nickel 58,693	29 <b>Cu</b> Cuivre 63,546	30 <b>Zn</b> Zinc 65,39	31 <b>Ga</b> Gallium 69,723	32 <b>Ge</b> Germanium 72,61	33 <b>As</b> Arsenic 74,922	34 <b>Se</b> Sélénium 78,96	35 <b>Br</b> Brome 79,904	36 <b>Kr</b> Krypton 83,80	
37 <b>Rb</b> Rubidium 85,468	38 <b>Sr</b> Strontium 87,62	39 <b>Y</b> Yttrium 88,906	40 <b>Zr</b> Zirconium 91,224	41 <b>Nb</b> Niobium 92,906	42 <b>Mo</b> Molybdène 95,94	43 <b>Tc</b> Technetium (98)	44 <b>Ru</b> Ruthénium 101,07	45 <b>Rh</b> Rhodium 102,906	46 <b>Pd</b> Paladium 106,42	47 <b>Ag</b> Argent 107,868	48 <b>Cd</b> Cadmium 112,419	49 <b>In</b> Indium 114,82	50 <b>Sn</b> Étain 118,710	51 <b>Sb</b> Antimoine 121,757	52 <b>Te</b> Tellure 127,60	53 <b>I</b> Iode 126,904	54 <b>Xe</b> Xénon 131,29	
55 <b>Cs</b> Césium 132,905	56 <b>Ba</b> Baryum 137,327	57 <b>La</b> Lanthane 138,906	58 <b>Ce</b> Cérium 140,115	59 <b>Pr</b> Praseodyme 140,908	60 <b>Nd</b> Néodyme 144,24	61 <b>Pm</b> Prométhium (145)	62 <b>Sm</b> Samarium 150,36	63 <b>Eu</b> Europium 151,965	64 <b>Gd</b> Gadolinium 157,25	65 <b>Tb</b> Terbium 158,925	66 <b>Dy</b> Dysprosium 162,50	67 <b>Ho</b> Holmium 164,930	68 <b>Er</b> Erbium 167,26	69 <b>Tm</b> Thulium 168,934	70 <b>Yb</b> Ytterbium 173,04	71 <b>Lu</b> Lutécium 174,967		
87 <b>Fr</b> Francium (223)	88 <b>Ra</b> Radium 226,025	89 <b>Ac</b> Actinium (227)	90 <b>Th</b> Thorium 232,038	91 <b>Pa</b> Protactinium 231,036	92 <b>U</b> Uranium 238,029	93 <b>Np</b> Neptunium 237,048	94 <b>Pu</b> Plutonium 244	95 <b>Am</b> Americium 243	96 <b>Cm</b> Curium 247	97 <b>Bk</b> Berkélium 247	98 <b>Cf</b> Californium 251	99 <b>E</b> Einsteinium 252	100 <b>Fm</b> Fermium 257	101 <b>Mv</b> Mendelevium 258	102 <b>No</b> Nobelium 259	103 <b>Lw</b> Lawrencium 260	86 <b>Rn</b> Radon (222)	
			72 <b>Hf</b> Hafnium 178,49	73 <b>Ta</b> Tantale 180,948	74 <b>W</b> Tungstène 183,85	75 <b>Re</b> Rhenium 186,207	76 <b>Os</b> Osmium 190,2	77 <b>Ir</b> Iridium 192,22	78 <b>Pt</b> Platine 195,08	79 <b>Au</b> Or 196,967	80 <b>Hg</b> Mercure 200,59	81 <b>Tl</b> Thallium 204,387	82 <b>Pb</b> Plomb 207,2	83 <b>Bi</b> Bismuth 208,980	84 <b>Po</b> Polonium (209)	85 <b>At</b> Astatine (210)		

Légende :

1	<b>H</b>	numéro atomique
	Hydrogène	SYMBÔLE
	1,008	masse atomique
		NOH

# Index par radionucléides

## Américium 241 (<sup>241</sup>Am)

### Sources ponctuelles & étendues

Alpha & multi-alpha	p. 2.1 - 2.2
Radioprotection	p. 2.8
Sources ponctuelles gamma	p. 2.12

### Solutions

Références	p. 3.2
------------	--------

### Spectrométrie

Résines (mélange)	p. 5.2 - p. 5.4
Solutions (mélange)	p. 5.5
Coffrets gamma	p. 5.6
Sources ponctuelles multigamma (mélange)	p. 5.7
Cartouches étalons gamma de charbon actif (mélange)	p. 5.8

### Sources spéciales

Sources de neutrons ( <sup>241</sup> Am/Béryllium)	p. 8.2
Sources gamma	p. 8.4 - 8.5

## Argent 110 m (<sup>110</sup>Ag<sup>m</sup>)

### Solutions

Références ( <sup>110</sup> Ag <sup>m</sup> + <sup>110</sup> Ag)	p. 3.2
--	--------

## Baryum 133 (<sup>133</sup>Ba)

### Sources ponctuelles & étendues

Sources ponctuelles gamma	p. 2.12
---------------------------	---------

### Solutions

Références	p. 3.2
------------	--------

### Spectrométrie

Résines (mélange)	p. 5.2 - p. 5.4
Solutions (mélange)	p. 5.5
Sources ponctuelles multigamma (mélange)	p. 5.7
Cartouches étalons gamma de charbon actif	p. 5.8

### Médecine nucléaire

Sources gamma de référence pour activimètres	p. 7.1
Gamma ponctuelles	p. 7.2
Sources pour T.E.P.	p. 7.3

## Cadmium 109 (<sup>109</sup>Cd)

### Sources ponctuelles & étendues

Sources ponctuelles gamma	p. 2.12
Sources X ( <sup>109</sup> Cd + <sup>109</sup> Ag <sup>m</sup> )	p. 2.14

### Solutions

Références ( <sup>109</sup> Cd + <sup>109</sup> Ag <sup>m</sup> )	p. 3.3
---	--------

### Spectrométrie

Résines (mélange)	p. 5.2 - p. 5.4
Solutions (mélange)	p. 5.5
Coffrets gamma pour mesures de rendement	p. 5.6
Multigamma (mélange)	p. 5.7
Cartouches étalons gamma de charbon actif (mélange)	p. 5.8

## Calcium 45 (<sup>45</sup>Ca)

### Solutions

Références	p. 3.3
------------	--------

## Californium 252 (<sup>252</sup>Cf)

### Solutions

Références	p. 3.5
------------	--------

### Sources spéciales

Sources de neutrons	p. 7.3
---------------------	--------

## Carbone 14 (<sup>14</sup>C)

### Sources ponctuelles & étendues

Sources ponctuelles Bêta (étalonnages de détecteurs bêta)	p. 2.4 - p. 2.5
Sources surfaciques (Radioprotection)	p. 2.8

### Solutions

Références	p. 3.3
------------	--------

## Cérium 139 (<sup>139</sup>Ce)

### Sources ponctuelles & étendues

Sources ponctuelles gamma (étalonnages en activité et mesures de rendement)	p. 2.12
---	---------

### Solutions

Références	p. 3.3
------------	--------

### Spectrométrie

Résines (mélange)	p. 5.2 - p. 5.4
Solutions (mélange)	p. 5.5
Coffrets gamma	p. 5.6
Multigamma (mélange)	p. 5.7
Cartouches étalons gamma de charbon actif (mélange)	p. 5.8

## Césium 134 (<sup>134</sup>Cs)

### Sources ponctuelles

Bêta (étalonnages de détecteurs bêta)	p. 2.4 - p. 2.5
---------------------------------------	-----------------

### Solutions

Références	p. 3.3
------------	--------

## Césium 137 (<sup>137</sup>Cs + <sup>137</sup>Ba<sup>m</sup>)

### Sources ponctuelles & étendues

Bêta (étalonnages de détecteurs bêta)	p. 2.4 - p. 2.5
Radioprotection (alpha et bêta de référence)	p. 2.8
Sources gamma	p. 2.12

### Solutions

Références	p. 3.4
------------	--------

### Spectrométrie

Résines (mélange)	p. 5.2 - p. 5.4
Solutions (mélange)	p. 5.5
Coffrets gamma	p. 5.6
Sources ponctuelles multigamma (mélange 12ML01)	p. 5.7
Cartouches étalons gamma de charbon actif ( <sup>137</sup> Cs + <sup>137</sup> Ba <sup>m</sup> et mélange)	p. 5.8

### Médecine nucléaire

Sources gamma de référence pour activimètres ( <sup>137</sup> Cs + <sup>137</sup> Ba <sup>m</sup> )	p. 7.2
---	--------

### Sources spéciales

Sources gamma	p. 7.3
---------------	--------

## 36 (<sup>36</sup>Cl)

### Sources ponctuelles & étendues

Bêta (étalonnages de détecteurs bêta)	p. 2.4 - p. 2.5
Radioprotection (alpha et bêta de référence)	p. 2.8

### Solutions

Références	p. 3.3
------------	--------

## Chrome 51 (<sup>51</sup>Cr)

### Sources ponctuelles & étendues

Sources gamma	p. 2.12
---------------	---------

### Solutions

Références	p. 3.4
------------	--------

### Spectrométrie

Résines (mélange)	p. 5.2 - p. 5.4
Solutions (mélange)	p. 5.5
Coffrets gamma	p. 5.6
Sources ponctuelles multigamma (mélange 12ML01)	p. 5.7
Cartouches étalons gamma de charbon actif (mélange)	p. 5.8

## Cobalt 57 (<sup>57</sup>Co)

### Sources ponctuelles & étendues

Sources gamma	p. 2.12
---------------	---------

### Solutions

Références	p. 3.3
------------	--------

### Spectrométrie

Résines (mélange)	p. 5.2 - p. 5.4
Solutions (mélange)	p. 5.5
Coffrets gamma	p. 5.6
Sources ponctuelles multigamma (mélange 12ML01)	p. 5.7

### Médecine nucléaire

Sources étendues	p. 7.1
Stylo marqueur	p. 7.7
Sources gamma de référence pour activimètres	p. 7.2
Gamma ponctuelles	p. 7.2
Sources pour T.E.P.	p. 7.3

### Sources spéciales

Mössbauer	p. 8.8 - 8.9
-----------	--------------

## Cobalt 60 (<sup>60</sup>Co)

### Sources ponctuelles & étendues

Bêta (étalonnages de détecteurs bêta)	p. 2.5
Radioprotection (alpha et bêta de référence)	p. 2.8
Sources gamma	p. 2.12

### Solutions

Références	p. 3.3
------------	--------

### Spectrométrie

Résines (mélange)	p. 5.2 - p. 5.4
Solutions (mélange)	p. 5.5
Coffrets (gamma pour étalonnages en activité)	p. 5.6
Sources ponctuelles multigamma (mélange 12ML01)	p. 5.7
Cartouches étalons gamma de charbon actif (mélange)	p. 5.8

### Sources spéciales

Sources gamma	p. 8.6
---------------	--------

## Curium 244 (<sup>244</sup>Cm)

### Sources ponctuelles & étendues

Alpha & multi-alpha (mélange)	p. 2.2 - p. 2.3
-------------------------------	-----------------

### Solutions

Références	p. 3.3
------------	--------

## Étain 113 (<sup>113</sup>Sn)

### Sources ponctuelles & étendues

Sources gamma	p. 2.13
---------------	---------

### Solutions

Références ( <sup>113</sup> Sn + <sup>113</sup> In <sup>m</sup> )	p. 3.4
---	--------

### Spectrométrie

Résines (mélange)	p. 5.2 - p. 5.4
Solutions (mélange)	p. 5.5
Coffrets (gamma pour mesures de rendement)	p. 5.6
Sources ponctuelles multigamma (mélange 12ML01)	p. 5.7
Cartouches étalons gamma de charbon actif (mélange)	p. 5.8

# Index par radionucléides

## Étain 119 (<sup>119</sup>Sn)

**Sources spéciales**  
Mössbauer p. 8.8 - 8.9

## Europium 152 (<sup>152</sup>Eu)

**Solutions**  
Références p. 3.3  
**Spectrométrie**  
Résines (mélange) p. 5.2 - p. 5.4  
Solutions (mélange) p. 5.5  
Sources ponctuelles p. 5.7  
Cartouches étalons gamma de charbon actif p. 5.8

## Fer 55 (<sup>55</sup>Fe)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Sources X p. 2.14  
**Solutions**  
Références p. 3.3

## Fer 59 (<sup>59</sup>Fe)

**Solutions**  
Références p. 3.3

## Germanium 68 (<sup>68</sup>Ge)

**Médecine nucléaire**  
Sources pour T.E.P. p. 6.7

## Iode 125 (<sup>125</sup>I)

**Solutions**  
Références p. 3.3

## Iode 129 (<sup>129</sup>I)

**Solutions**  
Références p. 3.3

## Iode 131 (<sup>131</sup>I)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Gamma (étalonnages en activité et mesures de rendement) p. 2.13  
**Solutions**  
Références p. 3.3

## Krypton 85 (<sup>85</sup>Kr)

**Gaz**  
Ampoules et bouteilles métalliques de gaz p. 4.1 - p. 4.2  
Étalons gazeux multigamma (mélange 9ML02) p. 4.3

## Manganèse 54 (<sup>54</sup>Mn)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Sources gamma p. 2.13  
**Solutions**  
Références p. 3.3  
**Spectrométrie**  
Coffrets gamma p. 5.6

## Neptunium 237 (<sup>237</sup>Np)

**Solutions**  
Références (<sup>237</sup>Np + <sup>233</sup>Pa) p. 3.3

## Nickel 63 (<sup>63</sup>Ni)

**Solutions**  
Références p. 3.3

## Phosphore 32 (<sup>32</sup>P)

**Solutions**  
Références p. 3.3

## Plutonium 238 (<sup>238</sup>Pu)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Alpha & multi-alpha p. 2.3  
**Solutions**  
Références p. 3.4

## Plutonium 239 (<sup>239</sup>Pu)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Alpha & multi-alpha (mélange 9ML04) p. 2.1 - p. 2.2  
Radioprotection (alpha et bêta de référence) p. 2.10  
**Solutions**  
Références p. 3.4

## Prométhéum 147 (<sup>147</sup>Pm)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Bêta (étalonnages de détecteurs bêta) p. 2.4 - p. 2.5  
Radioprotection (alpha et bêta de référence) p. 2.8  
**Solutions**  
Références p. 3.3

## Sodium 22 (<sup>22</sup>Na)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Bêta (étalonnages de détecteurs bêta) p. 2.4 - p. 2.5  
Sources gamma p. 2.13  
**Solutions**  
Références p. 3.3  
**Spectrométrie**  
Coffrets gamma p. 5.6

## Soufre 35 (<sup>35</sup>S)

**Solutions**  
Références p. 3.5

## Strontium 85 (<sup>85</sup>Sr)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Sources gamma p. 2.13  
Sources X p. 2.14  
**Solutions**  
Références p. 3.4  
**Spectrométrie**  
Résines (mélange) p. 5.2 - p. 5.4  
Solutions (mélange) p. 5.5  
Coffrets gamma p. 5.6  
Sources ponctuelles multigamma (mélange 12ML01) p. 5.7  
Cartouches étalons gamma de charbon actif (mélange) p. 5.8

## Strontium 89 (<sup>89</sup>Sr)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Bêta (étalonnages de détecteurs bêta) p. 2.4 - p. 2.5  
**Solutions**  
Références p. 3.3

## Strontium 90 (<sup>90</sup>Sr + <sup>90</sup>Y)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Bêta (étalonnages de détecteurs bêta) p. 2.4 - p. 2.5  
Sources étendues Alpha et Bêta de référence p. 2.8  
**Solutions**  
Références p. 3.3

## Technétium 99 (<sup>99</sup>Tc)

**Solutions**  
Références p. 3.4

## Thallium 204 (<sup>204</sup>Tl)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Bêta (étalonnages de détecteurs bêta) p. 2.4 - p. 2.5  
**Solutions**  
Références p. 3.3

## Tritium (<sup>3</sup>H)

**Solutions**  
Références p. 3.2

## Uranium 233 (<sup>233</sup>U)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Alpha p. 2.1 - p. 2.2  
**Solutions**  
Références p. 3.3

## Xénon 127 (<sup>127</sup>Xe)

**Spectrométrie**  
Étalons gazeux multigamma (mélange) p. 4.3

## Xénon 133 (<sup>133</sup>Xe)

**Gaz**  
Ampoules et bouteilles métalliques de gaz p. 4.1 - p. 4.2  
Étalons gazeux multigamma (mélange 9ML02) p. 4.3

## Yttrium 88 (<sup>88</sup>Y)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Gamma (étalonnages en activité et mesures de rendement) p. 2.13  
**Solutions**  
Références p. 3.4  
**Spectrométrie**  
Résines (mélange) p. 5.2 - p. 5.4  
Solutions (mélange) p. 5.5  
Coffrets (gamma pour étalonnages en activité) p. 5.6  
Sources ponctuelles multigamma (mélange 12ML01) p. 5.7  
Cartouches étalons gamma de charbon actif (mélange) p. 5.8

## Zinc 65 (<sup>65</sup>Zn)

**Sources ponctuelles & étendues**  
Sources gamma pour étalonnages p. 2.13  
Sources X p. 2.14  
**Solutions**  
Références p. 3.3  
**Spectrométrie**  
Coffrets (gamma pour mesures de rendement) p. 5.6

## Autres radionucléides disponibles

p. 3.4