

# PROJET DE NORME INTERNATIONALE

## ISO/DIS 18589-3

ISO/TC 85/SC 2

Secrétariat: AFNOR

Début de vote:  
2022-04-29

Vote clos le:  
2022-07-22

---

---

## Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Sol —

### Partie 3: Méthode d'essai des radionucléides émetteurs gamma par spectrométrie gamma

*Measurement of radioactivity in the environment — Soil —*

*Part 3: Test method of gamma-emitting radionuclides using gamma-ray spectrometry*

iTeh STANDARD PREVIEW

ICS: 17.240; 13.080.01

(standards.iteh.ai)

[ISO/FDIS 18589-3](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/647e4cbe-c63d-42c9-adf7-81218c49ff48/iso-fdis-18589-3)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/647e4cbe-c63d-42c9-adf7-81218c49ff48/iso-fdis-18589-3>

CE DOCUMENT EST UN PROJET DIFFUSÉ POUR OBSERVATIONS ET APPROBATION. IL EST DONC SUSCEPTIBLE DE MODIFICATION ET NE PEUT ÊTRE CITÉ COMME NORME INTERNATIONALE AVANT SA PUBLICATION EN TANT QUE TELLE.

OUTRE LE FAIT D'ÊTRE EXAMINÉS POUR ÉTABLIR S'ILS SONT ACCEPTABLES À DES FINS INDUSTRIELLES, TECHNOLOGIQUES ET COMMERCIALES, AINSI QUE DU POINT DE VUE DES UTILISATEURS, LES PROJETS DE NORMES INTERNATIONALES DOIVENT PARFOIS ÊTRE CONSIDÉRÉS DU POINT DE VUE DE LEUR POSSIBILITÉ DE DEVENIR DES NORMES POUVANT SERVIR DE RÉFÉRENCE DANS LA RÉGLEMENTATION NATIONALE.

LES DESTINATAIRES DU PRÉSENT PROJET SONT INVITÉS À PRÉSENTER, AVEC LEURS OBSERVATIONS, NOTIFICATION DES DROITS DE PROPRIÉTÉ DONT ILS AURAIENT ÉVENTUELLEMENT CONNAISSANCE ET À FOURNIR UNE DOCUMENTATION EXPLICATIVE.

Le présent document est distribué tel qu'il est parvenu du secrétariat du comité.



Numéro de référence  
ISO/DIS 18589-3:2022(F)

© ISO 2022

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO/FDIS 18589-3

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/647e4cbe-e63d-42c9-adf7-81218c49ff48/iso-fdis-18589-3>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2022

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

Avant-propos.....	v
Introduction.....	vi
<b>1</b> <b>Domaine d'application.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b> <b>Références normatives.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b> <b>Termes, définitions et symboles .....</b>	<b>2</b>
<b>3.1</b> <b>Termes et définitions .....</b>	<b>2</b>
<b>3.2</b> <b>Symboles.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b> <b>Principe .....</b>	<b>4</b>
<b>5</b> <b>Sources de référence .....</b>	<b>5</b>
<b>5.1</b> <b>Source(s) utilisée(s) pour l'étalonnage en énergie.....</b>	<b>5</b>
<b>5.2</b> <b>Source(s) de référence pour l'étalonnage en rendement .....</b>	<b>5</b>
<b>5.2.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>5</b>
<b>5.2.2</b> <b>Sources de référence pour les chaînes de laboratoire.....</b>	<b>5</b>
<b>5.2.3</b> <b>Sources de référence utilisées avec des méthodes numériques .....</b>	<b>6</b>
<b>6</b> <b>Équipement de spectrométrie gamma.....</b>	<b>6</b>
<b>6.1</b> <b>Description générale.....</b>	<b>6</b>
<b>6.2</b> <b>Types de détecteurs.....</b>	<b>7</b>
<b>6.3</b> <b>Alimentation haute tension .....</b>	<b>7</b>
<b>6.4</b> <b>Préamplificateur.....</b>	<b>7</b>
<b>6.5</b> <b>Cryostat ou refroidisseur électrique .....</b>	<b>7</b>
<b>6.6</b> <b>Blindage .....</b>	<b>8</b>
<b>6.7</b> <b>Électronique d'acquisition analogique ou numérique.....</b>	<b>8</b>
<b>6.7.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>8</b>
<b>6.7.2</b> <b>Électronique analogique .....</b>	<b>8</b>
<b>6.7.3</b> <b>Système électronique numérique de traitement des signaux (DSP) .....</b>	<b>9</b>
<b>6.8</b> <b>Ordinateur avec logiciels et matériels périphériques associés.....</b>	<b>9</b>
<b>7</b> <b>Données relatives à la décroissance nucléaire.....</b>	<b>10</b>
<b>8</b> <b>Conteneur d'échantillon.....</b>	<b>10</b>
<b>9</b> <b>Mode opératoire.....</b>	<b>10</b>
<b>9.1</b> <b>Conditionnement des échantillons pour les besoins du mesurage.....</b>	<b>10</b>
<b>9.2</b> <b>Niveau de bruit de fond du laboratoire .....</b>	<b>11</b>
<b>9.3</b> <b>Étalonnage.....</b>	<b>12</b>
<b>9.3.1</b> <b>Étalonnage en énergie.....</b>	<b>12</b>
<b>9.3.2</b> <b>Étalonnage en rendement .....</b>	<b>12</b>
<b>9.4</b> <b>Corrections requises pour les mesurages des radionucléides naturels.....</b>	<b>14</b>
<b>10</b> <b>Expression des résultats .....</b>	<b>14</b>
<b>10.1</b> <b>Calcul de l'activité massique.....</b>	<b>14</b>
<b>10.1.1</b> <b>Généralités .....</b>	<b>14</b>
<b>10.1.2</b> <b>Corrections du temps mort et des empilements (voir l'ISO 20042) .....</b>	<b>15</b>
<b>10.1.3</b> <b>Corrections de décroissance.....</b>	<b>16</b>
<b>10.1.4</b> <b>Correction de l'effet d'auto-absorption .....</b>	<b>16</b>
<b>10.1.5</b> <b>Sommation des coïncidences vraies .....</b>	<b>17</b>
<b>10.2</b> <b>Incertitude-type .....</b>	<b>18</b>
<b>10.3</b> <b>Seuil de décision.....</b>	<b>19</b>

10.4	Limite de détection.....	20
10.5	Limites de l'intervalle élargi .....	20
10.5.1	Limites de l'intervalle élargi probabilistiquement symétrique.....	20
10.5.2	Intervalle élargi le plus court .....	21
10.6	Corrections relatives aux contributions d'autres radionucléides et du bruit de fond .....	21
10.6.1	Généralités.....	21
10.6.2	Contribution des autres radionucléides .....	22
10.6.3	Contribution du bruit de fond .....	22
11	Rapport d'essai .....	23
Annexe A (informative)	Analyse par spectrométrie gamma de radionucléides naturels présents dans des échantillons de sol .....	25
Annexe B (informative)	Correction de l'auto-atténuation <sup>[19]</sup> .....	31
Annexe C (informative)	Sommation des coïncidences vraies .....	33
Annexe D (informative)	Calcul de l'activité massique à partir d'un spectre de rayonnement gamma par soustraction d'un bruit de fond linéaire .....	36
Bibliographie	.....	38

iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO/FDIS 18589-3](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/647e4cbe-e63d-42c9-adf7-81218c49ff48/iso-fdis-18589-3)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/647e4cbe-e63d-42c9-adf7-81218c49ff48/iso-fdis-18589-3>

## 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 (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir [www.iso.org/brevets](http://www.iso.org/brevets)).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant : [www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html](http://www.iso.org/iso/fr/avant-propos.html).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire, technologies nucléaires et radioprotection*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition (ISO 18589-3:2015), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications apportées sont :

- correction de la Formule (4) ;
- etc.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 18589 se trouve sur le site Web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Tout individu est exposé à des rayonnements naturels. Les sources naturelles de rayonnement sont les rayons cosmiques et les substances radioactives naturellement présentes dans la terre, la faune et la flore, incluant le corps humain. Les activités anthropiques impliquant l'utilisation de rayonnements et de substances radioactives s'ajoutent à l'exposition aux rayonnements résultant de cette exposition naturelle. Certaines de ces activités, dont l'exploitation minière et l'utilisation de minerais contenant des matières radioactives naturelles (MRN) ainsi que la production d'énergie par combustion de charbon contenant ces substances, ne font qu'augmenter l'exposition des sources naturelles de rayonnement. Les centrales électriques nucléaires et autres installations nucléaires emploient des matières radioactives et génèrent des effluents et des déchets radioactifs dans le cadre de leur exploitation et leur déclassé. L'utilisation de matières radioactives dans les secteurs de l'industrie, de l'agriculture et de la recherche connaît un essor mondial.

Toutes ces activités anthropiques provoquent des expositions aux rayonnements qui ne représentent qu'une petite fraction du niveau moyen mondial d'exposition naturelle. Dans les pays développés, l'utilisation des rayonnements à des fins médicales représente la plus importante source anthropique d'exposition aux rayonnements et qui, de plus, ne cesse d'augmenter. Ces applications médicales englobent la radiologie diagnostique, la radiothérapie, la médecine nucléaire et la radiologie interventionnelle.

L'exposition aux rayonnements découle également d'activités professionnelles. Elle est subie par les employés des secteurs de l'industrie, de la médecine et de la recherche qui utilisent des rayonnements ou des substances radioactives, ainsi que par les passagers et le personnel navigant pendant les voyages aériens. Le niveau moyen des expositions professionnelles est généralement inférieur au niveau moyen mondial des expositions naturelles aux rayonnements (voir référence [1]).

Du fait de l'utilisation croissante des rayonnements, le risque pour la santé et les préoccupations du public augmentent. Par conséquent, toutes ces expositions sont régulièrement évaluées afin :

- de mieux connaître les niveaux mondiaux et les tendances temporelles de l'exposition du public et des salariés ;
- d'évaluer les composantes de l'exposition et de chiffrer leur importance relative ;
- d'identifier de nouvelles problématiques qui peuvent mériter une plus grande attention et une surveillance. Alors que les doses reçues par les travailleurs sont le plus souvent mesurées directement, celles reçues par le public sont habituellement évaluées par des méthodes indirectes qui consistent à exploiter les résultats des mesurages de la radioactivité de déchets, effluents et/ou échantillons environnementaux.

Afin de garantir que les données obtenues dans le cadre de programmes de surveillance de la radioactivité permettent de répondre à l'objectif de l'évaluation, il est primordial que les parties prenantes (par exemple, les exploitants de site nucléaire, les organismes de réglementation et les autorités locales) conviennent des méthodes et modes opératoires appropriés pour obtenir des échantillons représentatifs ainsi que pour la manipulation, le stockage, la préparation et le mesurage des échantillons pour essai. Il est également nécessaire de procéder systématiquement à une évaluation de l'incertitude globale de mesure. Pour toute décision en matière de santé publique s'appuyant sur des mesures de la radioactivité, il est capital que les données soient fiables, comparables et adéquates par rapport à l'objectif de l'évaluation ; c'est pourquoi les normes internationales spécifiant des méthodes d'essai des radionucléides qui ont été vérifiées par des essais et validées sont un outil important dans l'obtention de tels résultats de mesure. L'application de normes permet également de garantir la comparabilité des résultats d'essai dans le temps et entre différents laboratoires d'essai. Les laboratoires les appliquent pour démontrer leurs compétences techniques et pour passer les essais d'aptitude lors d'e comparaisons interlaboratoires, deux conditions préalables à l'obtention d'une accréditation nationale.

À l'heure actuelle, plus d'une centaine de Normes internationales sont à la disposition des laboratoires d'essai pour leur permettre de mesurer les radionucléides dans différentes matrices.

Les normes générales aident les laboratoires d'essai à maîtriser le processus de mesure en définissant les exigences et méthodes générales d'étalonnage des appareils et de validation des techniques. Ces normes viennent à l'appui de normes spécifiques qui décrivent les méthodes d'essai à mettre en œuvre par le personnel, par exemple pour différents types d'échantillons. Les normes spécifiques couvrent les méthodes d'essai relatives aux :

- radionucléides naturels (le  $^{40}\text{K}$ , le  $^3\text{H}$ , le  $^{14}\text{C}$  et les radionucléides des familles radioactives du thorium et de l'uranium, notamment le  $^{226}\text{Ra}$ , le  $^{228}\text{Ra}$ , le  $^{234}\text{U}$ , le  $^{238}\text{U}$  et le  $^{210}\text{Pb}$ ) qui peuvent être retrouvés dans des matériaux issus de sources naturelles ou qui peuvent être émis par des procédés technologiques impliquant des matières radioactives naturelles (par exemple l'exploitation minière et le traitement des sables minéraux ou la production et l'utilisation d'engrais phosphatés) ;
- radionucléides anthropiques, tels que les éléments transuraniens (américium, plutonium, neptunium, curium), le  $^3\text{H}$ , le  $^{14}\text{C}$ , le  $^{90}\text{Sr}$  et les radionucléides émetteurs gamma retrouvés dans les déchets, les effluents liquides et gazeux, dans les matrices environnementales (telles que l'eau, l'air, le sol, le biote), dans l'alimentation et dans les aliments pour animaux à la suite de rejets autorisés dans l'environnement, d'une contamination par des retombées radioactives engendrées par l'explosion dans l'atmosphère de dispositifs nucléaires et d'une contamination par des retombées radioactives résultant d'accidents tels que ceux qui se sont produits à Tchernobyl et à Fukushima.

La fraction du débit de dose d'exposition au rayonnement bruit de fond, due aux rayonnements environnementaux, principalement aux rayonnements gamma, qu'une personne reçoit est très variable et dépend de plusieurs facteurs tels que la radioactivité de la roche locale et du sol local, la nature des matériaux de construction et la construction des bâtiments dans lesquels les personnes vivent ou travaillent.

Une détermination fiable de l'activité massique des radionucléides émetteurs gamma dans différentes matrices est nécessaire pour évaluer le niveau potentiel d'exposition des êtres humains, vérifier la conformité à la législation en matière d'environnement et de radioprotection ou donner des recommandations visant à limiter les risques sur la santé. Les radionucléides émetteurs gamma sont également utilisés en tant que traceurs en biologie, médecine, physique, chimie et ingénierie. Un mesurage précis de l'activité des radionucléides est également nécessaire pour la sécurité intérieure et dans le cadre du traité de non-prolifération (T.N.P.).

## ISO/DIS 18589-3:2022(F)

Le présent document doit être utilisé dans le cadre d'un système de management de l'assurance qualité (ISO/IEC 17025).

L'ISO 18589 est publiée en plusieurs parties, à utiliser ensemble ou séparément selon les besoins. Elles sont complémentaires entre elles et s'adressent aux personnes chargées de déterminer la radioactivité présente dans les sols, les socles rocheux et le minerai (MRN ou MRNAT). Les deux premières parties sont générales et décrivent la définition des programmes et des techniques d'échantillonnage, des méthodes de traitement général d'échantillons dans le laboratoire (ISO 18589-1), ainsi que la stratégie d'échantillonnage et la technique d'échantillonnage des échantillons de sol, la manipulation et la préparation des échantillons de sol (ISO 18589-2). L'ISO 18589-3, l'ISO 18589-4 et l'ISO 18589-5 traitent de méthodes d'essai propres à un nucléide pour quantifier l'activité massique des radionucléides émetteurs gamma (ISO 18589-3 et ISO 20042), des isotopes de plutonium (ISO 18589-4) et  $^{90}\text{Sr}$  (ISO 18589-5) des échantillons de sol. L'ISO 18589-6 traite des mesurages non spécifiques pour quantifier rapidement des activités alpha globale ou bêta globale et l'ISO 18589-7 décrit un mesurage in situ de radionucléides émetteurs gamma.

Les méthodes d'essai décrites dans les normes ISO 18589-3 à ISO 18589-6 peuvent également être utilisées pour mesurer les radionucléides dans une boue, dans un sédiment, dans un matériau de construction et dans des produits de construction en suivant un mode opératoire d'échantillonnage approprié.

Le présent document fait partie d'un ensemble de Normes internationales traitant du mesurage de la radioactivité dans l'environnement.

iteh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

[ISO/FDIS 18589-3](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/647e4cbe-e63d-42c9-adf7-81218c49ff48/iso-fdis-18589-3)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/647e4cbe-e63d-42c9-adf7-81218c49ff48/iso-fdis-18589-3>

# Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Sol — Partie 3 : Méthode d'essai des radionucléides émetteurs gamma par spectrométrie gamma

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie l'identification et le mesurage de l'activité d'un grand nombre de radionucléides émetteurs gamma, dans des sols, par spectrométrie gamma. Cette méthode non destructive applicable à des échantillons de grand volume (jusqu'à 3 l) permet de déterminer, par un seul mesurage, tous les émetteurs  $\gamma$  présents dont l'énergie des photons est comprise entre 5 keV et 3 MeV.

La méthode d'essai générique et les principes fondamentaux d'utilisation de la spectrométrie gamma sont décrits dans l'ISO 20042.

Le présent document peut être utilisé par les laboratoires d'essai réalisant des mesures de radioactivité en routine, car la majorité des radionucléides émetteurs gamma est caractérisée par des raies d'émission gamma entre 40 keV et 2 MeV.

Cette méthode peut être mise en œuvre en utilisant un germanium ou un autre type de détecteur d'une résolution supérieure à 5 keV.

Le présent document s'adresse aux personnes chargées de déterminer l'activité des radionucléides émetteurs gamma présents dans les sols, comprenant les roches provenant du socle rocheux et le minerai, les matériaux et produits de construction, les poteries, etc. utilisant des MRN ou résultant de procédés technologiques impliquant des matières radioactives naturelles améliorées technologiquement (MRNAT), par exemple l'exploitation minière et le traitement des sables minéraux ou la production et l'utilisation d'engrais phosphatés, ainsi que les boues et les sédiments, dans un but de radioprotection. Elle est parfaitement adaptée à la surveillance de l'environnement et à l'inspection d'un site et permet, en cas d'accidents, une évaluation rapide du niveau de radioactivité gamma. Elle peut concerner les sols de jardins ou des terres agricoles, les sols de sites urbains ou industriels pouvant contenir des débris de matériaux de construction, ainsi que les sols qui n'ont pas été modifiés par des activités humaines.

Lorsque la caractérisation radiologique d'un matériau tamisé supérieur à 200  $\mu\text{m}$  ou à 250  $\mu\text{m}$ , de nature pétrographique ou d'origine anthropogénique, tels que des débris de matériaux de construction, est nécessaire, ce matériau peut être broyé afin d'obtenir un échantillon homogène pour les essais décrits dans l'ISO 18589-2.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 20042:2019, *Mesurage de la radioactivité — Radionucléides émetteurs gamma — Méthode d'essai générique par spectrométrie gamma.*

ISO 10703, *Qualité de l'eau — Radionucléides émetteurs gamma — Méthode d'essai par spectrométrie gamma à haute résolution.*

ISO 11074, *Qualité du sol — Vocabulaire.*

ISO 11929-1, *Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle élargi) pour mesurages de rayonnements ionisants — Principes fondamentaux et applications — Partie 1 : Applications élémentaires.*

ISO 11929-2, *Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle élargi) pour mesurages de rayonnements ionisants — Principes fondamentaux et applications — Partie 2 : Applications avancées.*

ISO 11929-3, *Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle élargi) pour mesurages de rayonnements ionisants — Principes fondamentaux et applications — Partie 3 : Application aux méthodes de déconvolution.*

ISO 18589-1, *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Sol — Partie 1 : Lignes directrices générales et définitions.*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/647e4cbe-e63d-42c9-adf7-81218c49ff48/iso-18589-2>, *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Sol — Partie 2 : Lignes directrices pour la sélection de la stratégie d'échantillonnage, l'échantillonnage et le prétraitement des échantillons.*

ISO 80000-10, *Grandeurs et unités — Partie 10 : Physique atomique et nucléaire.*

IEC 61452, *Instrumentation nucléaire — Mesure des taux d'émission gamma de radionucléides — Étalonnage et utilisation des spectromètres germanium.*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais.*

## 3 Termes, définitions et symboles

### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'ISO 10703, l'ISO 11074, l'ISO 18589-1, l'ISO 20042 et l'ISO 80000-10 s'appliquent.

## 3.2 Symboles

$m$	Masse de la prise d'essai	kg
$A$	Activité de chaque radionucléide présent dans la source d'étalonnage, au moment de l'étalonnage	Bq
$a, a_c$	Activité massique de chaque radionucléide, sans et avec correction	Bq·kg <sup>-1</sup>
$t_g$	Temps de comptage du spectre de l'échantillon pour essai	s
$t_0$	Temps de comptage du spectre du bruit de fond	s
$t_i$	Laps de temps compris entre le temps de référence et le début de la mesure	s
$t_s$	Temps de comptage du spectre d'étalonnage	s
$n_{N,E}, n_{N0,E}, n_{Ns,E}$	Nombre de coups dans l'aire nette du pic, à l'énergie $E$ , respectivement dans le spectre de l'échantillon pour essai, le spectre du bruit de fond et le spectre d'étalonnage	
$n_{g,E}, n_{g0,E}, n_{gs,E}$	Nombre de coups dans l'aire brute du pic, à l'énergie $E$ , respectivement dans le spectre de l'échantillon pour essai, le spectre du bruit de fond et le spectre d'étalonnage	
$n_{b,E}, n_{b0,E}, n_{bs,E}$	Nombre de coups du fond continu sous le pic, à l'énergie $E$ , respectivement dans le spectre de l'échantillon pour essai, le spectre du bruit continu et le spectre d'étalonnage	
$\varepsilon_E$	Efficacité du détecteur à l'énergie $E$ , avec la géométrie de mesure utilisée	
$f_E$	Facteur de correction incluant toutes les corrections nécessaires	
$f_{att}(E)$	Facteur de correction de l'auto-atténuation à l'énergie photonique $E$	
$F_{att}(E)$	Facteur d'atténuation à l'énergie photonique $E$	
$f_d$	Facteur de correction de la décroissance pour une date de référence	
$f_{cl,E}$	Facteur de correction des pertes de comptage par coïncidence (effets de sommation)	
$f_{su,E}$	Facteur de correction des pics sommes	
$f_{dt pu,E}$	Facteur de correction du temps mort et de l'empilement	
$P_E$	Probabilité d'émission d'un rayon gamma d'énergie $E$ de chaque radionucléide, par décroissance	
$\mu(E)$	Coefficient d'atténuation linéique à l'énergie photonique $E$	cm <sup>-1</sup>
$\mu_m(E)$	Coefficient d'atténuation massique à l'énergie photonique $E$	cm <sup>2</sup> .g <sup>-1</sup>
$h$	Hauteur de l'échantillon dans le conteneur	cm
$w_i$	Fraction massique de l'élément $i$ (pas d'unité)	

$\rho$	Masse volumique apparente de l'échantillon, en grammes par centimètre cube	$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$
$\lambda$	Constante de désintégration de chaque radionucléide	$\text{s}^{-1}$
$u(a), u(a_c)$	Incertitude-type associée au résultat du mesurage (sans et avec corrections)	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$
$U$	Incertitude élargie calculée avec $k = 2$	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$
$a^*, a_c^*$	Seuil de décision, sans et avec corrections	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$
$a^\#, a_c^\#$	Limite de détection, sans et avec corrections	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$
$a^<, a^>$	Limites basse et haute de l'intervalle élargi probabilistiquement symétrique	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$
$a^{<}, a^{>}$	Limites basse et haute de l'intervalle élargi le plus court	$\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$

#### 4 Principe

Les rayons gamma produisent des paires électron-trou lors de leur interaction avec la matière. Lorsqu'une tension est appliquée à un détecteur semi-conducteur, ces paires électron-trou sont, après une amplification adaptée, détectées sous forme d'impulsions de courant. La hauteur de l'impulsion est liée à l'énergie absorbée par les gamma-photons ou les photons pendant le temps de résolution du détecteur et de l'électronique. Une différenciation de la hauteur des impulsions permet d'obtenir un spectre de hauteur d'impulsion des rayons gamma. Après l'analyse de ce spectre, les différents pics sont rattachés aux radionucléides qui ont émis les rayons gamma correspondants, en utilisant une courbe de réponse établie d'étalonnage en énergie du détecteur.

L'activité des radionucléides émetteurs gamma présents dans les échantillons de sol est calculée en utilisant la courbe établie de rendement du détecteur en fonction de l'énergie. Ces techniques permettent l'identification et la quantification des radionucléides<sup>[2][3]</sup>.

La nature et la géométrie des détecteurs et des échantillons nécessitent des étalonnages adéquats en énergie et en rendement<sup>[2][3]</sup>. Les effets de coïncidence et de sommation aléatoire doivent être pris en considération, en particulier avec les conteneurs reposant directement sur le détecteur et les conteneurs de type Marinelli, à des niveaux d'activité élevés, ou avec les détecteurs puits utilisés pour la mesure d'échantillons de faible masse (voir 8.1.4).

Les principes fondamentaux de la spectrométrie gamma, les termes et définitions ainsi que la description générique des équipements de spectrométrie gamma sont résumés dans l'ISO 20042.

NOTE L'ISO 18589 traite exclusivement de la spectrométrie gamma mettant en œuvre des détecteurs semi-conducteurs.

## 5 Sources de référence

### 5.1 Source(s) utilisée(s) pour l'étalonnage en énergie

L'étalonnage en énergie du spectromètre doit être établi en utilisant une ou plusieurs sources contenant des radionucléides qui émettent des rayons gamma couvrant la plage des énergies d'intérêt. Les sources peuvent être de forme quelconque, mais le temps mort du spectromètre pour les mesurages doit être tel que la forme des pics d'absorption totale ne soit pas altérée et que l'empilement des impulsions soit évité.

Le nombre de pics (pics d'énergie totale) requis dépend du degré du polynôme nécessaire pour la courbe d'étalonnage en énergie en fonction des canaux ; en général, il convient que 5 à 10 pics suffisent. Les sources contenant des radionucléides à durée de vie longue (par exemple  $^{152}\text{Eu}$ ,  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{60}\text{Co}$  ou  $^{137}\text{Cs}$ ) sont recommandées à cette fin. Pour les contrôles périodiques de l'étalonnage en énergie, il est permis d'utiliser un plus petit nombre de pics d'énergie.

### 5.2 Source(s) de référence pour l'étalonnage en rendement

#### 5.2.1 Généralités

La méthode générale pour étalonner le spectromètre consiste à établir le rendement de détection en fonction de l'énergie, pour une géométrie et une plage d'énergies définies. Une ou plusieurs sources de référence contenant un seul ou plusieurs radionucléides peuvent être utilisées à cette fin. L'activité ou les taux d'émission des radionucléides dans la ou les sources de référence doivent assurer la traçabilité par rapport à des étalons nationaux ou internationaux.

Les énergies des rayons gamma émis doivent être réparties sur l'ensemble de la plage d'énergies d'intérêt, de manière à pouvoir déterminer le rendement du spectromètre en fonction de l'énergie, avec suffisamment de précision. Dans la majorité des cas, une précision suffisante est obtenue pour une plage d'énergies de 60 keV à 1 836 keV si une source à plusieurs radionucléides est utilisée, laquelle source contenant la totalité ou la majeure partie des radionucléides suivants :  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{109}\text{Cd}$ ,  $^{57}\text{Co}$ ,  $^{139}\text{Ce}$ ,  $^{203}\text{Hg}$ ,  $^{51}\text{Cr}$ ,  $^{113}\text{Sn}$ ,  $^{85}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$ ,  $^{54}\text{Mn}$ ,  $^{59}\text{Fe}$ ,  $^{60}\text{Co}$ ,  $^{65}\text{Zn}$  ou  $^{88}\text{Y}$ .

Pour déterminer l'activité des radionucléides émetteurs gamma ou X dans la région d'énergies inférieures à 60 keV, le système de spectrométrie peut être étalonné en utilisant une source de référence contenant les radionucléides d'intérêt.

Il peut être nécessaire de tenir compte des corrections de sommation des coïncidences vraies pour les radionucléides d'étalonnage (par exemple  $^{60}\text{Co}$  et  $^{88}\text{Y}$ ).

#### 5.2.2 Sources de référence pour les chaînes de laboratoire

Les sources de référence pour les chaînes de spectrométrie de laboratoire doivent correspondre, aussi étroitement que possible, à la géométrie, à la densité et à la composition de la matrice des échantillons à mesurer. Les sources de référence peuvent être préparées à partir de solutions normalisées ou être achetées sous forme de sources scellées. Seules des solutions normalisées ou des sources de référence traçables par rapport à des étalons de radioactivité primaires nationaux ou internationaux doivent être utilisées.

Si aucun matériau de référence adapté aux échantillons n'est disponible, des facteurs de correction doivent être calculés, documentés et appliqués aux résultats issus des mesurages afin de tenir compte des différences de rendement de détection dues aux effets de la géométrie, de la densité et de la matrice.