

---

---

**Mesurage de la radioactivité dans  
l'environnement — Air: radon 222 —**

Partie 3:

**Méthode de mesure ponctuelle de  
l'énergie alpha potentielle volumique de  
ses descendants à vie courte**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

*Measurement of radioactivity in the environment — Air: radon-222 —*

*Part 3: Spot measurement method of the potential alpha energy  
concentration of its short-lived decay products*

ISO 11665-3:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883a7c15-1c84-460d-a289-819d787638d3/iso-11665-3-2012>



## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 11665-3:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883a7c15-1c84-460d-a289-819d787638d3/iso-11665-3-2012>



### DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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 et les microfilms, sans l'accord écrit de l'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20  
Tel. + 41 22 749 01 11  
Fax + 41 22 749 09 47  
E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

|   |    |
|---|----|
| Avant-propos.....   | iv |
| Introduction.....   | v  |
| 1 <b>Domaine d'application</b> .....  | 1  |
| 2 <b>Références normatives</b> .....  | 1  |
| 3 <b>Termes, définitions et symboles</b> .....  | 1  |
| 3.1 <b>Termes et définitions</b> .....  | 1  |
| 3.2 <b>Symboles</b> .....   | 2  |
| 4 <b>Principe de la méthode de mesure</b> .....   | 3  |
| 5 <b>Équipement</b> .....   | 3  |
| 6 <b>Prélèvement</b> .....  | 4  |
| 6.1 <b>Généralités</b> .....  | 4  |
| 6.2 <b>Objectif du prélèvement</b> .....  | 4  |
| 6.3 <b>Caractéristiques du prélèvement</b> .....  | 4  |
| 6.4 <b>Conditions de prélèvement</b> .....  | 5  |
| 7 <b>Méthode de détection</b> .....   | 5  |
| 8 <b>Mesurage</b> .....   | 5  |
| 8.1 <b>Mode opératoire</b> .....  | 5  |
| 8.2 <b>Grandeurs d'influence</b> .....  | 6  |
| 8.3 <b>Étalonnage</b> .....   | 6  |
| 9 <b>Expression des résultats</b> .....   | 7  |
| 9.1 <b>Généralités</b> .....  | 7  |
| 9.2 <b>Énergie alpha potentielle volumique</b> .....  | 7  |
| 9.3 <b>Incertitude type</b> .....   | 7  |
| 9.4 <b>Seuil de décision</b> .....  | 8  |
| 9.5 <b>Limite de détection</b> .....  | 8  |
| 9.6 <b>Limites de l'intervalle de confiance</b> .....   | 9  |
| 10 <b>Rapport d'essai</b> .....   | 9  |
| <b>Annexe A (informative) Exemple de protocoles de comptage alpha global</b> .....  | 11 |
| <b>Annexe B (informative) Calcul des coefficients <math>k_{218\text{Po},j}</math>, <math>k_{214\text{Pb},j}</math> et <math>k_{214\text{Bi},j}</math></b> ..... | 12 |
| <b>Annexe C (informative) Méthode de mesure utilisant un comptage alpha global selon la méthode de Thomas</b> .....   | 16 |
| <b>Bibliographie</b> .....  | 19 |

## Avant-propos

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

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée 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.

L'ISO 11665-3 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 85, *Énergie nucléaire, technologies nucléaires et radioprotection*, sous-comité SC 2, *Radioprotection*.

L'ISO 11665 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222*:

- *Partie 1: Origine du radon et de ses descendants à vie courte et méthodes de mesure associées*
- *Partie 2: Méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'énergie alpha potentielle volumique moyenne de ses descendants à vie courte*
- *Partie 3: Méthode de mesure ponctuelle de l'énergie alpha potentielle volumique de ses descendants à vie courte*
- *Partie 4: Méthode de mesure intégrée pour la détermination de l'activité volumique moyenne du radon avec un prélèvement passif et une analyse en différé*
- *Partie 5: Méthode de mesure en continu de l'activité volumique*
- *Partie 6: Méthode de mesure ponctuelle de l'activité volumique*
- *Partie 7: Méthode d'estimation du flux surfacique d'exhalation par la méthode d'accumulation*
- *Partie 8: Méthodologies appliquées aux investigations initiales et complémentaires dans les bâtiments*

Les parties suivantes sont en cours d'élaboration:

- *Partie 9: Méthode de détermination du flux d'exhalation des matériaux de construction*
- *Partie 10: Détermination du coefficient de diffusion du radon des matériaux imperméables par mesurage de l'activité volumique du radon*

## Introduction

Les isotopes 222, 220 et 219 du radon sont des gaz radioactifs produits par la désintégration des isotopes 226, 224 et 223 du radium, lesquels sont respectivement des descendants de l'uranium 238, du thorium 232 et de l'uranium 235 et sont tous présents dans l'écorce terrestre. Des éléments solides, eux aussi radioactifs, suivis par du plomb stable sont produits par la désintégration du radon<sup>[1]</sup>.

Lorsqu'il se désintègre, le radon émet des particules alpha et génère des descendants solides qui sont eux aussi radioactifs (polonium, bismuth, plomb, etc.). Les effets potentiels du radon sur la santé humaine sont liés aux descendants plutôt qu'au gaz lui-même. Qu'ils soient ou non attachés à des aérosols atmosphériques, les descendants du radon peuvent être inhalés et déposés dans l'arbre broncho-pulmonaire à différentes profondeurs, suivant leur taille.

Le radon est aujourd'hui considéré comme la principale source d'exposition de l'homme au rayonnement naturel. Le rapport de l'UNSCEAR (2006)<sup>[2]</sup> suggère qu'au niveau mondial, le radon intervient pour environ 52 % de l'exposition moyenne globale au rayonnement naturel. L'impact radiologique de l'isotope 222 (48 %) est nettement plus important que celui de l'isotope 220 (4 %), l'isotope 219 est quant à lui considéré comme négligeable. Pour cette raison, le terme radon dans la présente partie de l'ISO 11665 désignera exclusivement le radon 222.

L'activité volumique du radon peut varier d'un à plusieurs ordres de grandeur dans le temps et l'espace. L'exposition au radon et à ses descendants varie considérablement d'un lieu à l'autre. Elle dépend tout d'abord de la quantité de radon émise par le sol et les matériaux de construction en ces lieux et, ensuite, du degré de contamination et des conditions météorologiques des lieux où sont exposées les personnes.

Des variations de quelques nanojoules par mètre cube à plusieurs milliers de nanojoules par mètre cube sont observées pour l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon.

L'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon 222 dans l'atmosphère peut être mesurée en utilisant des méthodes de mesure ponctuelle et intégrée (voir ISO 11665-1 et ISO 11665-2). Un mesurage ponctuel de l'énergie alpha potentielle volumique se rapporte à l'instant auquel le mesurage est effectué et n'est pas significatif de l'exposition annuelle. Par conséquent, ce type de mesurage n'est pas applicable à l'évaluation de l'exposition annuelle.

**NOTE** L'origine du radon 222 et de ses descendants à vie courte dans l'environnement atmosphérique ainsi que d'autres méthodes de mesure sont décrites de manière générale dans l'ISO 11665-1.

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 11665-3:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883a7c15-1c84-460d-a289-819d787638d3/iso-11665-3-2012>

# Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222 —

## Partie 3:

## Méthode de mesure ponctuelle de l'énergie alpha potentielle volumique de ses descendants à vie courte

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11665 décrit la méthode de mesure ponctuelle destinée à déterminer l'activité volumique des descendants à vie courte du radon 222 dans l'air et à calculer de l'énergie alpha potentielle volumique.

La présente partie de l'ISO 11665 fournit des indications pour réaliser un mesurage ponctuel de l'énergie alpha potentielle volumique avec un prélèvement effectué en un lieu donné pendant plusieurs minutes, et sur les conditions d'utilisation des dispositifs de mesure.

Cette méthode de mesure s'applique pour une évaluation rapide de l'énergie alpha potentielle volumique. Le résultat obtenu ne peut pas être extrapolé à une estimation annuelle de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon 222. Par conséquent, ce type de mesure n'est pas applicable à l'évaluation de l'exposition annuelle.

Cette méthode de mesure s'applique à des échantillons d'air ayant une énergie alpha potentielle volumique supérieure à 5 nJ/m<sup>3</sup>.

NOTE La présente partie de l'ISO 11665 ne couvre pas la contribution potentielle des descendants du radon 220.

### 2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

ISO 11665-1, *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement — Air: radon 222 — Partie 1: Origine du radon et de ses descendants à vie courte et méthodes de mesure associées*

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

CEI 61577-1, *Instrumentation pour la radioprotection — Instruments de mesure du radon et des descendants du radon — Partie 1: Règles générales*

CEI 61577-3, *Instrumentation pour la radioprotection — Instrument de mesure du radon et des descendants du radon — Partie 3: Exigences spécifiques concernant les instruments de mesure des descendants du radon*

### 3 Termes, définitions et symboles

#### 3.1 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 11665-1 s'appliquent.

### 3.2 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles suivants ainsi que ceux donnés dans l'ISO 11665 s'appliquent.

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| $C_i$                         | activité volumique du nucléide $i$ , en becquerels par mètre cube   |
| $E_{AE,i}$                    | énergie de la particule alpha produite par la désintégration du nucléide $i$ , en joules  |
| $E_{AEt,i}$                   | énergie totale des particules alpha potentiellement produites par le nucléide $i$ , en joules   |
| $E_{PAE,i}$                   | énergie alpha potentielle du nucléide $i$ , en joules   |
| $E_{PAEC,i}$                  | énergie alpha potentielle volumique du nucléide $i$ , en joules par mètre cube  |
| $E_{PAEC,i}^*$                | seuil de décision de l'énergie alpha potentielle volumique du nucléide $i$ , en joules par mètre cube   |
| $E_{PAEC,i}^\#$               | limite de détection de l'énergie alpha potentielle volumique du nucléide $i$ , en joules par mètre cube   |
| $E_{PAEC,i}^{\triangleleft}$  | limite basse de l'intervalle de confiance de l'énergie alpha potentielle volumique du nucléide $i$ , en joules par mètre cube   |
| $E_{PAEC,i}^{\triangleright}$ | limite haute de l'intervalle de confiance de l'énergie alpha potentielle volumique du nucléide $i$ , en joules par mètre cube   |
| $I_j$                         | nombre de coups bruts obtenu lors du $j^{\text{ème}}$ comptage entre les instants $t_j$ et $t_{Cj}$   |
| $I_{0j}$                      | nombre de coups, dus au bruit de fond, obtenu lors du $j^{\text{ème}}$ comptage entre les instants $t_j$ et $t_{Cj}$  |
| $k_{i,j}$                     | coefficient relatif au nombre de coups bruts du descendant du radon $i$ , obtenu lors du $j^{\text{ème}}$ comptage, et dépendant des constantes de désintégration des descendants du radon, de la durée du prélèvement $t_s$ et des instants $t_j$ et $t_{Cj}$ , par seconde au carré |
| $N_i$                         | nombre d'atomes du nucléide $i$   |
| $n$                           | nombre de comptages en fonction du protocole de comptage alpha global utilisé   |
| $Q$                           | débit de prélèvement, en mètre cube par seconde   |
| $t_{Cj}$                      | instant de fin du comptage $j$ , en secondes  |
| $t_j$                         | instant du début du comptage $j$ , en secondes  |
| $t_s$                         | durée du prélèvement, en secondes   |
| $U$                           | incertitude élargie calculée par $U = k \cdot u(\ )$ avec $k = 2$   |
| $u(\ )$                       | incertitude type associée au résultat du mesurage   |
| $u_{rel}(\ )$                 | incertitude standard relative   |
| $V$                           | volume échantillonné, en mètres cubes   |
| $\varepsilon_C$               | efficacité de comptage, en impulsions par désintégration  |
| $\lambda_i$                   | constante de désintégration du nucléide $i$ , par seconde   |

## 4 Principe de la méthode de mesure

Le mesurage ponctuel de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon est fondé sur

- le prélèvement ponctuel, à un instant  $t$ , des descendants à vie courte du radon contenus dans un volume d'air représentatif de l'atmosphère étudiée en utilisant une membrane à haute efficacité de collection,
- des comptages alpha globaux, répétés, des descendants collectés en utilisant un détecteur sensible aux particules alpha. L'étape de comptage démarre après l'arrêt du prélèvement, et
- le calcul de l'activité volumique des descendants du radon en appliquant les lois de désintégration radioactive et les résultats de comptages réalisés sur une durée prédéfinie et répétés à différents instants.

La méthode de comptage alpha global quantifie les particules alpha émises par les descendants à vie courte du radon. La chaîne du descendant  $^{222}\text{Rn}$  montre que 99,98 % des désintégrations du  $^{218}\text{Po}$  donnent lieu à l'émission de particules alpha, il peut donc être considéré comme un émetteur alpha pur. Le  $^{214}\text{Pb}$  et le  $^{214}\text{Bi}$  ne sont pas des émetteurs alpha, mais ils contribuent à l'apparition de particules alpha provenant de la désintégration du  $^{214}\text{Po}$ .

Après avoir prélevé l'échantillon d'air, l'activité alpha globale est mesurée pendant différentes périodes de comptage. Du fait de la désintégration rapide des descendants du radon, la composition isotopique d'un échantillon change rapidement pendant le prélèvement, mais aussi pendant les périodes de comptage. Des mesurages répétés de l'activité alpha globale sont nécessaires pour décrire la désintégration de l'échantillon afin de calculer les quantités des différents descendants initialement collectés dans l'échantillon d'air.

NOTE Bien que le  $^{222}\text{Rn}$  et ses descendants se trouvent généralement dans des quantités plus élevées, les échantillons de l'atmosphère ambiante peuvent également contenir une activité importante de radionucléides de la chaîne de désintégration du  $^{220}\text{Rn}$  ainsi que d'autres radionucléides à vie longue transportés dans l'air. Dans ces cas, il convient d'adapter les formules et les modes opératoires indiqués dans la présente partie de l'ISO 11665 pour tenir compte de ces radionucléides supplémentaires.

[ISO 11665-3:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883a7c15-1c84-460d-a289-819d787638d3/iso-11665-3-2012)

## 5 Équipement <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883a7c15-1c84-460d-a289-819d787638d3/iso-11665-3-2012>

L'appareil doit comprendre un système de prélèvement et un système de détection composé d'un détecteur relié à un système de comptage (voir Figure 1). Le dispositif de mesure utilisé doit être conforme à la CEI 61577-1 et la CEI 61577-3.

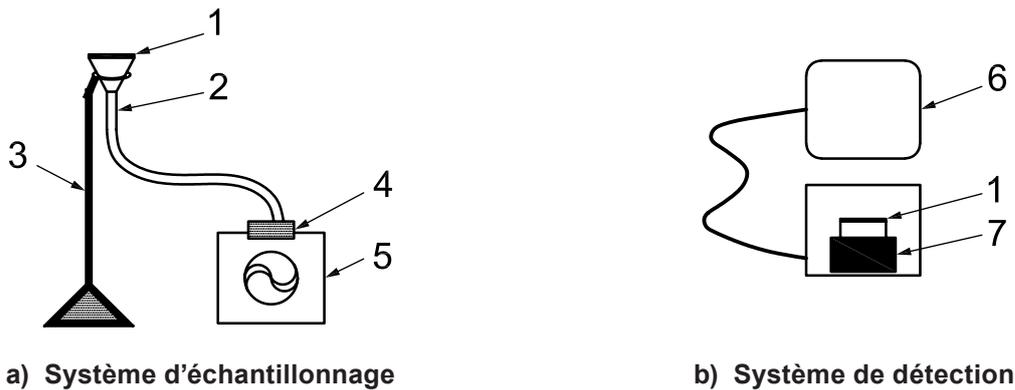
Le système de prélèvement doit comprendre les composants suivants:

- un porte-filtre ouvert qui permet un retrait rapide et aisé du filtre après le prélèvement;
- une pompe;
- un filtre à air à haute efficacité de collection (filtre HEPA avec un rendement minimal de 99,97 % pour une taille de particules de 0,3  $\mu\text{m}$ );
- un débitmètre et un chronomètre;

Des exemples de détecteurs possibles comprennent:

- un photomultiplicateur associé avec une surface sensible scintillante [par exemple en  $\text{ZnS}(\text{Ag})$ ];
- un semi-conducteur au silicium sensible aux particules alpha.

Le détecteur est connecté à un système de comptage des impulsions et doit présenter une surface sensible de détection de diamètre au moins égal à celui de la membrane filtrante.



**Légende**

- 1 membrane filtrante
- 2 porte-filtre
- 3 support
- 4 débitmètre et chronomètre
- 5 pompe
- 6 système de comptage
- 7 détecteur

Figure 1 — Schéma fonctionnel d'un système de mesure ponctuelle de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon  
(standards.iteh.ai)

**6 Prélèvement**

ISO 11665-3:2012  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883a7c15-1c84-460d-a289-819d787638d3/iso-11665-3-2012>

**6.1 Généralités**

Le prélèvement ponctuel est représentatif de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon 222 à un instant et à un endroit donnés.

**6.2 Objectif du prélèvement**

Le prélèvement a pour objectif de recueillir sans interruption tous les aérosols, quelle que soit leur taille (fractions non attachées et attachées), porteur des descendants à vie courte du radon contenus dans l'air ambiant sur une période d'échantillonnage donnée (inférieure à 1 h).

**6.3 Caractéristiques du prélèvement**

Les fractions non attachée et attachée des descendants à vie courte du radon sont prélevées sans interruption dans l'atmosphère étudiée par pompage et filtration d'un volume d'air connu à travers une membrane filtrante à haute efficacité de collection placée dans un porte-filtre ouvert. Le prélèvement d'air doit être omnidirectionnel.

Pour pouvoir réaliser un comptage correct des particules alpha émises, le système de prélèvement doit permettre un dépôt en surface des radionucléides sur le filtre et éviter l'enfouissement des aérosols.

Le système de prélèvement doit être utilisé dans des conditions qui évitent tout colmatage de la membrane filtrante, ce qui conduirait soit à une auto-absorption des émissions alpha des particules collectées sur le filtre soit à une diminution du débit d'aspiration au cours du temps.

## 6.4 Conditions de prélèvement

### 6.4.1 Généralités

Le prélèvement doit être effectué comme spécifié dans l'ISO 11665-1. Le lieu du prélèvement ainsi que la date et l'heure doivent être consignés.

### 6.4.2 Installation du système de prélèvement

L'installation du système de prélèvement doit être effectuée comme spécifié dans l'ISO 11665-1.

### 6.4.3 Durée du prélèvement

En raison des courtes périodes des descendants du radon 222, notamment du  $^{218}\text{Po}$ , la durée du prélèvement est généralement inférieure ou égale à 20 min. Un prélèvement plus long n'améliorerait par la limite de détection de la méthode.

### 6.4.4 Volume d'air prélevé

Le volume d'air prélevé doit être déterminé par un mesurage continu du débit pendant le prélèvement avec un système étalonné (par exemple une buse sonique) (voir CEI 61577-3).

## 7 Méthode de détection

La détection est effectuée par scintillation du sulfure de zinc activé à l'argent ZnS(Ag) ou en utilisant un semi-conducteur (détection alpha) conformément à l'ISO 11665-1.

## 8 Mesurage

ISO 11665-3:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/883a7c15-1c84-460d-a289-819d787638d3/iso-11665-3-2012>

### 8.1 Mode opératoire

Le mesurage doit être effectué comme suit.

- a) Choix de la durée du prélèvement,  $t_s$ .
- b) Planification de la phase de comptage avec  $n$  comptages, puis choix de l'instant de début  $t_j$  et de l'instant de fin  $t_{cj}$  du comptage pour chaque nombre de coups  $I_j$ . Les différentes séquences de comptage sont organisées pour  $j = 1$  à  $n$ . Un temps d'attente spécifique peut être nécessaire avant une séquence de comptage.

NOTE Des exemples de protocoles de comptage alpha global sont donnés dans l'Annexe A.

- c) Installation du système de détection (détecteur et système de comptage d'impulsions).
- d) Détermination du niveau de bruit de fond de la membrane filtrante. Avant de procéder au prélèvement, la membrane vierge est positionnée face au détecteur conformément aux recommandations du fabricant. La mesure de la membrane vierge est effectuée par  $n$  comptages alpha globaux successifs pendant les durées de comptage spécifiques  $t_{cj} - t_j$ , selon les phases de comptage suivantes:

- 1)  $t = 0$  à  $t = t_1$  attente, pas de comptage si  $t_1 > 0$ ;
- 2)  $t = t_1$  à  $t = t_{c1}$ : le comptage  $I_{0,1}$  est effectué;
- 3)  $t = t_{c1}$  à  $t = t_j$  attente, pas de comptage si  $t_j > t_{c1}$ ;
- 4)  $t = t_j$  à  $t = t_{cj}$ : le comptage  $I_{0,j}$  est effectué.

Si  $n > 1$ , répéter les étapes 3 et 4 jusqu'à ce que  $j = n$ .

- e) Enregistrement des valeurs de  $I_{0,j}$  pour  $j = 1$  à  $n$ .