

---

---

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

**Partie 6:  
Méthode de mesure ponctuelle de  
l'activité volumique**

*Measurement of radioactivity in the environment — Air: radon-222 —  
Part 6: Spot measurement method of the activity concentration*  
iTeh STANDARD PREVIEW  
(standards.iteh.ai)

ISO 11665-6:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f440277-3fdd-4f2b-b3cd-0e016a3b788a/iso-11665-6-2012>



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

ISO 11665-6:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f440277-3fdd-4f2b-b3cd-0e016a3b788a/iso-11665-6-2012>



### 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> .....	1
4 <b>Principe</b> .....	2
5 <b>Équipement</b> .....	2
6 <b>Prélèvement</b> .....	3
6.1 <b>Objectif du prélèvement</b> .....	3
6.2 <b>Caractéristiques du prélèvement</b> .....	3
6.3 <b>Conditions de prélèvement</b> .....	3
7 <b>Détection</b> .....	3
8 <b>Mesurage</b> .....	4
8.1 <b>Mode opératoire</b> .....	4
8.2 <b>Grandeurs d'influence</b> .....	4
8.3 <b>Étalonnage</b> .....	4
9 <b>Expression des résultats</b> .....	4
9.1 <b>Activité volumique du radon</b> .....	4
9.2 <b>Incertitude type</b> .....	5
9.3 <b>Seuil de décision et limite de détection</b> .....	5
9.4 <b>Limites de l'intervalle de confiance</b> .....	5
10 <b>Rapport d'essai</b> .....	5
<b>Annexe A (informative) Méthode de mesure utilisant des foies scintillantes</b> .....	7
<b>Bibliographie</b> .....	13

## 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 11665-6 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 % à 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 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 confinement et des conditions météorologiques des lieux où sont exposées les personnes.

Les valeurs communément rencontrées dans un environnement continental sont généralement comprises entre quelques becquerels par mètre cube et plusieurs milliers de becquerels par mètre cube. Des activités volumiques d'un becquerel par mètre cube ou moins peuvent être observées dans l'environnement océanique. À l'intérieur des bâtiments, les activités volumiques du radon peuvent varier entre quelques dizaines de becquerels par mètre cube et plusieurs centaines de becquerels par mètre cube<sup>[3]</sup>. Les activités volumiques peuvent atteindre plusieurs milliers de becquerels par mètre cube dans des espaces très confinés.

L'activité volumique du radon 222 dans l'atmosphère peut être mesurée par des méthodes de mesure ponctuelle, en continu et intégrée avec prélèvement d'air actif ou passif (voir ISO 11665-1). La présente partie de l'ISO 11665 traite des méthodes de mesure ponctuelle du radon 222.

**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 11665-6:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/0f440277-3fdd-4f2b-b3cd-0e016a3b788a/iso-11665-6-2012>

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

## Partie 6: Méthode de mesure ponctuelle de l'activité volumique

### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11665 décrit les méthodes de mesure ponctuelle du radon 222. Elle donne des indications pour le mesure ponctuel, à l'échelle de quelques minutes et en un point donné, de l'activité volumique du radon dans des atmosphères libres et confinées.

Cette méthode de mesure est appliquée pour une évaluation rapide de l'activité volumique du radon dans l'air. Le résultat ne peut pas être extrapolé à une estimation annuelle de l'activité volumique du radon. Par conséquent, ce type de mesure n'est pas applicable à l'évaluation de l'exposition annuelle.

La méthode de mesure décrite s'applique aux échantillons d'air dont l'activité volumique du radon est supérieure à 50 Bq/m<sup>3</sup>.

NOTE À titre d'exemple, le mesurage ponctuel de l'activité volumique du radon dans le sol et au niveau de l'interface entre un matériau et l'atmosphère peut être réalisée en utilisant un dispositif approprié (voir ISO 11665-7).

### 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 11929, *Détermination des limites caractéristiques (seuil de décision, limite de détection et extrémités de l'intervalle de confiance) pour mesurages de rayonnements ionisants — Principes fondamentaux et applications*

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*

### 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 décrits dans l'ISO 11665-1 et les suivants s'appliquent.

$C$	activité volumique, en becquerels par mètre cube
$C^*$	seuil de décision de l'activité volumique, en becquerels par mètre cube
$C^\#$	limite de détection de l'activité volumique, en becquerels par mètre cube Niveau de bruit de fond
$C^{\triangleleft}$	limite basse de l'intervalle de confiance de l'activité volumique, en becquerels par mètre cube
$C^{\triangleright}$	limite haute de l'intervalle de confiance de l'activité volumique, en becquerels par mètre cube
$U$	incertitude élargie calculée par $U = k \cdot u( )$ avec $k = 2$
$u( )$	incertitude type associée au résultat du mesurage
$u_{rel}( )$	incertitude standard relative
$\mu$	quantité à mesurer
$\mu_0$	limite de détection de l'activité volumique, en becquerels par mètre cube
$\omega$	facteur de correction lié au facteur d'étalonnage

## 4 Principe

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)

Le mesurage ponctuel de l'activité volumique moyenne du radon est fondée sur

- le prélèvement ponctuel actif d'un volume d'air préalablement filtré et représentatif de l'atmosphère étudiée à l'instant  $t$ , cet échantillon préfiltré est introduit dans la chambre de détection;
- le mesurage de la grandeur physique (photons, nombre d'impulsions et amplitude, ...) lié au rayonnement émis par le radon et/ou ses descendants présents dans la chambre de détection après le prélèvement.

Plusieurs méthodes de mesure satisfont aux exigences de la présente partie de l'ISO 11665. Elles se distinguent essentiellement par la nature et la mesure de la grandeur physique. Cette grandeur physique et sa mesure associée peuvent être, par exemple:

- les photons émis par un milieu scintillant, comme le ZnS(Ag), lorsqu'il est excité par une particule alpha (voir l'Annexe A);
- les taux d'émissions gamma des descendants  $^{214}\text{Pb}$  et  $^{214}\text{Bi}$  produits par le radon présent dans le volume d'air prélevé.

Les résultats de la mesure peuvent être disponibles immédiatement ou après une période donnée. Du fait de la variation importante dans le temps et dans l'espace de l'activité volumique du radon, le résultat de la mesure n'est représentatif que de l'activité volumique du radon au moment et à l'endroit du prélèvement.

## 5 Équipement

L'appareil doit comprendre les éléments suivants:

- Dispositif de prélèvement, incluant un milieu filtrant pour introduire l'échantillon d'air dans la chambre de détection. Le rôle du milieu filtrant est d'arrêter les aérosols présents dans l'air au moment du prélèvement, notamment les descendants solides du radon.
- Dispositif pour pomper l'air destiné au prélèvement, si un prélèvement actif est nécessaire.
- Chambre de détection.

d) Système de mesure adapté pour la grandeur physique.

L'équipement nécessaire pour une méthode de mesure spécifique est décrit dans l'Annexe A.

## 6 Prélèvement

### 6.1 Objectif du prélèvement

L'objectif du prélèvement est d'introduire un échantillon d'air ambiant dans la chambre de détection du dispositif pendant une période courte, inférieure à 1 h.

### 6.2 Caractéristiques du prélèvement

Le prélèvement est actif et peut être réalisé par pompage ou aspiration dans une chambre de détection mise en dépression.

Le prélèvement ponctuel est représentatif de l'activité volumique du radon à un moment donné et en un point donné. Un échantillon d'air adapté à la chambre de détection du dispositif de mesure utilisé est prélevé directement dans l'atmosphère par pompage et filtration.

Le milieu filtrant doit arrêter les aérosols présents dans l'air au moment du prélèvement, notamment les descendants du radon.

Le dispositif de prélèvement ne doit pas contenir de composants qui piègent le radon (déshydratants, etc.).

### 6.3 Conditions de prélèvement

#### 6.3.1 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.

#### 6.3.2 Emplacement du point de prélèvement

Le prélèvement ponctuel peut être effectué dans l'atmosphère, à l'intérieur d'un bâtiment, dans le sol ou au niveau de l'interface entre un matériau et l'atmosphère, etc.

Le choix de l'emplacement de chaque prélèvement dépend des objectifs recherchés (par exemple vérification de l'homogénéité des activités volumiques dans un environnement ou recherche d'anomalies, etc.).

#### 6.3.3 Durée du prélèvement

Le prélèvement est effectué sur une courte période. La durée du prélèvement doit être inférieure à 1 h.

#### 6.3.4 Volume d'air prélevé

Le volume d'air prélevé doit être déterminé avec précision à l'aide d'un débitmètre avec correction des variations de température et de pression (exprimées en mètres cubes à pression et température standards, 1,013 hPa et 0 °C) ou déduit à partir d'une mesure de pression lorsque le prélèvement est réalisé par aspiration (voir Annexe A).

## 7 Détection

La détection doit être réalisée en utilisant la scintillation du sulfure de zinc activé à l'argent ZnS(Ag) et la spectrométrie gamma comme décrit dans l'ISO 11665-1.

## 8 Mesurage

### 8.1 Mode opératoire

Le mesurage doit être effectué comme suit:

- a) détermination du niveau de bruit de fond de la chambre de détection;
- b) choix et localisation de l'emplacement de mesure;
- c) prélèvement ponctuel d'un échantillon d'air représentatif de l'atmosphère étudiée;
- d) notification du lieu et du moment (date, heure et minutes) du prélèvement;
- e) attente de l'équilibre entre les descendants à vie courte et le radon dans la chambre de détection (3 h);
- f) mesurage de la grandeur physique émise dans la chambre de détection avec une chaîne de mesure appropriée;
- g) notification du moment (date, heure et minutes) de la mesure;
- h) détermination de l'activité volumique par calcul.

Le mode opératoire de mesure pour la méthode par scintillation est décrit en détail dans l'Annexe A.

### 8.2 Grandeurs d'influence

Différentes grandeurs peuvent influencer le mesurage au point de donner lieu à des résultats non représentatifs. Suivant la méthode de mesure et la maîtrise des grandeurs d'influence habituelles citées dans la CEI 61577-1 et l'ISO 11665-1, il faut notamment tenir compte des grandeurs suivantes:

- a) le bruit de fond des instruments;
- b) la présence d'autres radionucléides gazeux émettant des rayonnements alpha ou gamma dans la chambre de détection, y compris les autres isotopes du radon et leurs descendants.

Les recommandations données par le fabricant dans les notices d'utilisation des dispositifs de mesure doivent être respectées.

### 8.3 Étalonnage

L'instrument de mesure doit être étalonné dans sa totalité (système de prélèvement, détecteur et électronique associée) selon les conditions définies dans l'ISO 11665-1.

La relation entre la grandeur physique mesurée par le dispositif de détection (fréquence de comptage, etc.) et l'activité volumique du radon dans l'air doit être établie en se fondant sur le mesurage d'une atmosphère de référence contenant du radon 222. L'activité volumique du radon 222 dans ces atmosphères de référence doit pouvoir être raccordée à un étalon de gaz radon 222 primaire.

Le résultat de l'étalonnage d'un instrument doit permettre la traçabilité du résultat de mesure par rapport à un étalon primaire.

## 9 Expression des résultats

### 9.1 Activité volumique du radon

L'activité volumique du radon doit être calculée d'après l'Équation (1):

$$C = (\mu - \mu_0) \cdot \omega \quad (1)$$

## 9.2 Incertitude type

Conformément au Guide ISO/CEI 98-3, l'incertitude type sur  $C$  est calculée comme indiqué par l'Équation (2):

$$u(C) = \sqrt{\omega^2 \cdot [u^2(\mu) + u^2(\mu_0)] + C^2 \cdot u_{\text{rel}}^2(\omega)} \quad (2)$$

## 9.3 Seuil de décision et limite de détection

Les limites des caractéristiques associées au mesurande doivent être calculées conformément à l'ISO 11929. L'Annexe A donne en détail un exemple de calcul des incertitudes et des limites des caractéristiques pour une méthode de mesure spécifique.

## 9.4 Limites de l'intervalle de confiance

Les limites basse,  $C^{\leftarrow}$ , et haute,  $C^{\rightarrow}$ , de l'intervalle de confiance sont calculées en utilisant les Équations (3) et (4) ci-après (voir l'ISO 11929):

(3)

$$C^{\rightarrow} = C + k_q \cdot u(C); \quad q = 1 - \omega \cdot \gamma/2 \quad (4)$$

où

$\omega = \Phi[y/u(y)]$  avec  $\Phi$  désignant la fonction de distribution de la distribution normale standardisée.

$\omega = 1$  peut être défini si  $C \geq 4 \cdot u(C)$ . Dans ce cas:

$$C^{\leftarrow} = C \pm k_{1-\gamma/2} \cdot u(C) \quad (5)$$

$\gamma = 0,005$  avec  $k_{1-\gamma/2} = 1,96$  sont souvent choisis par défaut.

## 10 Rapport d'essai

**10.1** Le rapport d'essai doit être conforme aux exigences de l'ISO/CEI 17025 et doit contenir les informations suivantes:

- la référence à la présente partie de l'ISO 11665, c'est-à-dire l'ISO 11665-6:2012;
- la méthode de mesure (ponctuelle);
- l'identification de l'échantillon;
- les caractéristiques de prélèvement (actif);
- le moment du prélèvement (date et heure);
- la durée du prélèvement;
- le lieu du prélèvement;
- les unités dans lesquelles les résultats sont exprimés;
- le résultat de l'essai,  $C \pm u(C)$  ou  $C \pm U$ , avec la valeur  $k$  associée.

**10.2** Des informations complémentaires peuvent être fournies telles que: