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

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**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

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

*Part 4: Integrated measurement method for determining average activity
concentration using passive sampling and delayed analysis*

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/071879f-c905-4441-b6a4-7358c6c726ae/iso-11665-4-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 11665-4:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6571879f-c905-4441-bba4-7358c6c726ae/iso-11665-4-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6571879f-c905-4441-bba4-7358c6c726ae/iso-11665-4-2012>



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
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes, définitions et symboles	1
3.1 Termes et définitions	1
3.2 Symboles	1
4 Principe	2
5 Équipement	3
6 Prélèvement	3
6.1 Objectif du prélèvement	3
6.2 Caractéristiques du prélèvement	3
6.3 Conditions de prélèvement	3
7 Détection	4
8 Mesurage	5
8.1 Mode opératoire	5
8.2 Grandeurs d'influence	5
8.3 Étalonnage	5
9 Expression des résultats	5
9.1 Activité volumique moyenne du radon	5
9.2 Incertitude type	5
9.3 Seuil de décision et limite de détection	5
9.4 Limites de l'intervalle de confiance	6
10 Rapport d'essai	6
Annexe A (normative) Méthode de mesure utilisant un détecteur solide de traces nucléaires (DSTN)	8
Annexe B (normative) Méthode de mesure utilisant un détecteur à électret	14
Annexe C (normative) Méthode de mesure utilisant du charbon actif	22
Bibliographie	31

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 11665-4 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^[1].

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)^[2] 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 ainsi 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. L'exposition de l'homme au radon est principalement liée à l'habitat et au poste de travail. Les méthodes de mesure intégrée de longue durée peuvent être utilisées pour évaluer l'exposition de l'homme au rayonnement^[3]. Pour des raisons de coût et de facilité d'utilisation, les mesures de longue durée (sur une période de plusieurs mois) sont uniquement réalisées avec un prélèvement passif^{[4][5]}.

Les valeurs habituellement rencontrées dans l'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 des valeurs moyennes du radon peuvent varier entre quelques dizaines de becquerels par mètre cube et plusieurs centaines de becquerels par mètre cube^[2]. 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 intégrée du radon 222 avec prélèvement passif.

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 11665-4:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6571879f-c905-4441-bba4-7358c6c726ae/iso-11665-4-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6571879f-c905-4441-bba4-7358c6c726ae/iso-11665-4-2012>

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

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

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 11665 décrit uniquement les méthodes de mesure intégrée du radon 222 avec prélèvement passif. Elle fournit des indications pour déterminer l'activité volumique moyenne du radon 222 dans l'air à partir de mesurages effectués par prélèvement passif, de mise en œuvre facile peu coûteuse, ainsi que sur les conditions d'utilisation des capteurs.

La présente partie de l'ISO 11665 traite des échantillons prélevés sans interruption sur des périodes allant de quelques semaines à un an.

Cette méthode de mesure s'applique aux échantillons d'air dont l'activité volumique du radon est supérieure à 5 Bq/m³.

2 Références normatives

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sis/6571879f-c905-4441-bba4-7258c6c726ae/iso-11665-4-2012>

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.

\bar{C} activité volumique moyenne, en becquerels par mètre cube

\bar{C}^*	seuil de décision de l'activité volumique moyenne, en becquerels par mètre cube
$\bar{C}^\#$	limite de détection de l'activité volumique moyenne, en becquerels par mètre cube
$\bar{C}^<$	limite basse de l'intervalle de confiance de l'activité volumique moyenne en becquerels par mètre cube
$\bar{C}^>$	limite haute de l'intervalle de confiance de l'activité volumique moyenne en becquerels par mètre cube
t	durée du prélèvement, en heures
U	incertitude élargie calculée par $U = k \cdot u(\)$ avec $k = 2$
$u(\)$	incertitude type associée au résultat du mesurage
$u_{\text{rel}}(\)$	incertitude standard relative
μ	quantité à mesurer
μ_0	niveau de bruit de fond
ω	facteur de correction lié au facteur d'étalonnage et à la durée du prélèvement

ITC STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

4 Principe

Le mesurage intégré de l'activité volumique moyenne du radon est fondé sur les éléments suivants:

- le prélèvement passif ininterrompu d'un échantillon d'air représentatif de l'atmosphère étudiée, par convection libre et par diffusion naturelle dans le cas d'un détecteur en configuration ouverte (à l'air libre) ou par diffusion naturelle dans le cas d'un détecteur en configuration fermée (avec une chambre d'accumulation);
- l'accumulation simultanée d'une grandeur physique mesurable (traces révélées, charges électriques, atomes radioactifs, etc.) sur un capteur approprié;
- le mesurage de la grandeur physique cumulée ayant un lien direct avec l'activité volumique moyenne du radon sur la durée de prélèvement concernée.

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

- des «traces latentes» produites dans un polymère (détecteur solide de traces nucléaires ou DSTN) par ionisation par les particules alpha du radon et de ses descendants; ces traces latentes sont détectées et comptées (voir Annexe A);
- des charges produites dans un solide (milieu semi-conducteur, par exemple le silicium) par ionisation par les particules alpha du radon et de ses descendants; elles sont détectées par des circuits électroniques correspondants;
- la décharge d'un électret (élément chargé positivement et non rechargeable) par ionisation de l'air due à la désintégration radioactive du radon et de ses descendants; la chute de potentiel correspondant à cette décharge est mesurée (voir Annexe B);
- les atomes de ^{222}Rn adsorbés sur du charbon. Les taux d'émissions gamma des descendants ^{214}Pb et ^{214}Bi sont mesurés avec un spectromètre gamma (voir Annexe C).

NOTE L'analyse de la grandeur physique peut ne pas être immédiate et nécessiter des opérations effectuées en laboratoire.

Le résultat de mesure intégrée est l'exposition d'un capteur au radon pendant la durée de prélèvement considérée. L'activité volumique moyenne du radon est calculée en divisant le résultat de l'exposition par la durée du prélèvement.

5 Équipement

L'appareil doit comprendre ce qui suit:

- a) un capteur qui collecte la grandeur physique (DSTN, détecteur au silicium, détecteur à électret, charbon actif, etc.), associé ou non avec une chambre d'accumulation en matériau plastique conducteur et de volume de détection connu; dans une configuration fermée, le capteur est placé dans une chambre d'accumulation fermée avec un filtre et dans une configuration ouverte, le capteur est en contact direct avec l'atmosphère (pas de chambre d'accumulation);
- b) un système de détection adapté pour la grandeur physique accumulée.

L'équipement nécessaire pour chaque méthode de mesure est décrit dans les Annexes A, B et C, respectivement.

6 Prélèvement

6.1 Objectif du prélèvement

L'objectif du prélèvement est de mettre en contact sans interruption un échantillon d'air représentatif du milieu atmosphérique étudié avec le capteur (DSTN, détecteur au silicium, détecteur à électret, charbon actif, etc.).

6.2 Caractéristiques du prélèvement

Le prélèvement est passif. <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6571879f-c905-4441-bba4-7358c6c726ae/iso-11665-4-2012>

Dans le cas d'une configuration fermée, le prélèvement est effectué à travers un milieu filtrant, ainsi seules les particules alpha du radon sont détectées par le capteur (voir Article 5). Le prélèvement doit être effectué dans des conditions n'induisant pas de colmatage du milieu filtrant, ce qui conduirait à une modification des conditions de mesure. En cas de colmatage pendant le prélèvement, l'air dans la chambre d'accumulation risque de ne pas pouvoir se renouveler.

Dans le cas d'une configuration ouverte, le capteur enregistre simultanément les émissions alpha du radon et de ses descendants à proximité de sa surface. Il enregistre également tout émetteur alpha présent dans l'atmosphère analysée dans la gamme d'énergie spécifiée par le fabricant. Cette configuration doit être utilisée dans des conditions n'induisant pas d'encrassement (atmosphère chargée de poussières, dépôts de graisse, etc.) du capteur qui conduirait à une modification des conditions de mesure.

6.3 Conditions de prélèvement

6.3.1 Généralités

Le prélèvement doit être effectué comme spécifié dans l'ISO 11665-1.

6.3.2 Installation du capteur

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

Dans le cas spécifique du mesurage à l'intérieur d'un bâtiment, il convient de placer le capteur sur une surface dégagée entre 1 m et 2 m au-dessus du sol et dans les conditions suivantes:

- a) il convient de laisser un espace dégagé dans un rayon minimum de 20 cm autour du capteur pour éviter l'influence de l'exhalation de thoron des murs;

- b) il convient d'éloigner le capteur des sources de chaleur (radiateur, cheminée, équipement électrique, télévision, rayonnement solaire direct, etc.) ou des zones de passage, des portes et fenêtres, des murs et des sources de ventilation naturelles;
- c) il convient que les conditions d'installation ne soient pas perturbées pendant le mesurage (chute de livres, travaux, curiosité, etc.). Il convient de donner des recommandations aux occupants afin d'éviter toute modification des conditions de prélèvement;
- d) il convient de protéger le capteur pendant le mesurage afin d'éviter tout dommage.

6.3.3 Durée du prélèvement

La durée du prélèvement est égale à l'intervalle de temps entre la pose et la dépose du capteur au point de prélèvement.

Les moments de pose et de dépose du capteur doivent être consignés (date et heure).

La durée du prélèvement est ajustée en fonction du phénomène étudié, de la radioactivité présumée et des caractéristiques du capteur (voir Tableau 1).

Tableau 1 — Exemples de caractéristiques de prélèvement des différentes méthodes de mesure qui satisfont aux exigences de la présente partie de l'ISO 11665

Capteur	Annexe (normative)	Point de prélèvement	Durée du prélèvement Durée d'exposition
Détecteur solide de traces nucléaires (configuration ouverte)	A	Intérieur	Une semaine à plusieurs mois
Détecteur solide de traces nucléaires (configuration fermée)			
Détecteur à électret	B	Extérieur ou intérieur	Quelques jours à plusieurs mois
Charbon actif	C		

La durée du prélèvement doit être déterminée sur la base de l'objectif de mesure.

À titre d'exemple, les concentrations à l'intérieur d'un bâtiment varient non seulement au cours d'une journée, mais également d'un jour à l'autre en raison des variations du mode d'occupation. Dans ce cas, il est recommandé d'effectuer le prélèvement sur une semaine complète afin d'inclure ces variations.

NOTE Afin d'approcher la valeur moyenne annuelle de l'activité volumique du radon dans les bâtiments et ne pas la sous-évaluer, il est recommandé d'effectuer les mesurages pendant au moins deux mois (voir ISO 11665-8).

Il convient que les utilisateurs connaissent les caractéristiques de leurs capteurs et qu'ils adaptent la durée du prélèvement de manière à éviter tout risque de saturation.

6.3.4 Volume d'air prélevé

Le mesurage direct du volume d'air prélevé n'est pas nécessaire pour le prélèvement passif, car un facteur d'étalonnage, en activité par unité de volume, est utilisé.

7 Détection

Suivant le capteur utilisé, la détection est effectuée en utilisant des détecteurs solides de traces nucléaires (DSTN), la décharge de la surface polarisée à l'intérieur d'une chambre d'ionisation, la spectrométrie gamma et la scintillation liquide conformément à l'ISO 11665-1.

8 Mesurage

8.1 Mode opératoire

Le mode opératoire de mesure pour chaque méthode de mesure est décrit dans les Annexes A, B et C, respectivement.

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, les grandeurs d'influence qui sont particulièrement importantes pour chaque méthode de mesure décrite dans la présente partie de l'ISO 11665 sont décrites dans les Annexes A, B et C, respectivement.

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

8.3 Étalonnage

Le système de mesure (capteur et système de détection) doit être étalonné selon les conditions définies dans l'ISO 11665-1. Les exigences supplémentaires applicables aux dispositifs utilisés pour chacune des méthodes sont spécifiées dans les annexes concernées (voir Annexes A, B et C).

La relation entre la grandeur physique enregistrée par le capteur (nombre de traces révélées, nombre de charges électriques, comptage des impulsions et amplitudes, etc.) et l'activité volumique du radon dans l'air doit être établie en utilisant 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.

En plus de l'étalonnage, il convient de prendre en considération des essais réguliers pour s'assurer que les mesures restent adéquates pour l'utilisation. Il convient que les essais incluent des essais internes à l'aveugle et des compétences externes, une validation ou des comparaisons interlaboratoires.

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/6571879f-c905-4441-bba4-7358c6c726ae/iso-11665-4-2012>

9 Expression des résultats

9.1 Activité volumique moyenne du radon

L'activité volumique moyenne du radon est calculée d'après l'Équation (1):

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

9.2 Incertitude type

Conformément au Guide ISO/CEI 98-3, l'incertitude type de \bar{C} doit être calculée comme indiqué par l'Équation (2):

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

9.3 Seuil de décision et limite de détection

Les limites des caractéristiques associées au mesurage seront calculées conformément à l'ISO 11929. Des exemples de calcul des incertitudes et des limites des caractéristiques sont détaillées dans les Annexes A, B et C pour chaque méthode de mesure décrite.

9.4 Limites de l'intervalle de confiance

Les limites basse, \bar{C}^{\triangleleft} , et haute, \bar{C}^{\triangleright} , de l'intervalle de confiance sont calculées en utilisant les Équations (3) et (4) (voir ISO 11929):

$$\bar{C}^{\triangleleft} = \bar{C} - k_p \cdot u(\bar{C}); p = \omega \cdot (1 - \gamma/2) \tag{3}$$

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

où

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

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

$$\bar{C}^{\triangleleft\triangleright} = \bar{C} \pm k_{1-\gamma/2} \cdot u(\bar{C}) \tag{5}$$

$\gamma = 0,05$ avec $k_{1-\gamma/2} = 1,96$ sont souvent choisis par défaut.

10 Rapport d'essai

iTeh STANDARD PREVIEW

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

- a) la référence à la présente partie de l'ISO 11665, c'est-à-dire l'ISO 11665-4:2012;
- b) la méthode de mesure (intégrée);
- c) l'identification du type de capteur;
- d) l'identification de l'échantillon;
- e) les caractéristiques de prélèvement (passif);
- f) les moments du prélèvement : instants de début et de fin (date et heure);
- g) la durée du prélèvement;
- h) le lieu du prélèvement;
- i) les unités dans lesquelles les résultats sont exprimés;
- j) le résultat de l'essai, $\bar{C} \pm u(\bar{C})$ ou $\bar{C} \pm U$, avec la valeur k associée.

10.2 Des informations complémentaires peuvent être fournies telles que:

- a) l'objectif de la mesure;
- b) les probabilités α , β et $(1 - \gamma)$;