
**Mesurage de la radioactivité dans
l'environnement — Air: radon 222 —
Partie 6:
Méthodes de mesure ponctuelle de
l'activité volumique**

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

[ISO 11665-6:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8037f240-83d6-410e-a9e2-c295a0a96132/iso-11665-6-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8037f240-83d6-410e-a9e2-c295a0a96132/iso-11665-6-2020>



iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11665-6:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8037f240-83d6-410e-a9e2-c295a0a96132/iso-11665-6-2020>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2020

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

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.....	2
4 Principe	2
5 Équipement	3
6 Prélèvement	3
6.1 Objectif du prélèvement.....	3
6.2 Caractéristiques du prélèvement.....	3
6.3 Conditions du prélèvement.....	3
6.3.1 Généralités.....	3
6.3.2 Emplacement du point de prélèvement.....	3
6.3.3 Durée du prélèvement.....	3
6.3.4 Volume d'air prélevé.....	4
7 Détection	4
8 Mesurage	4
8.1 Mode opératoire.....	4
8.2 Grandeurs d'influence.....	4
8.3 Étalonnage.....	4
9 Expression des résultats	5
9.1 Activité volumique 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.....	5
10 Rapport d'essai	5
Annexe A (informative) Méthode de mesure utilisant des fioles scintillantes	7
Bibliographie	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 (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).

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).

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.

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 deuxième édition annule et remplace la première édition (ISO 11665-6:2012), qui a fait l'objet d'une révision technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- l'Introduction a été mise à jour;
- la Bibliographie a été mise à jour.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 11665 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.

Introduction

Les isotopes 222, 219 et 220 du radon sont des gaz radioactifs produits par la désintégration des isotopes 226, 223 et 224 du radium, lesquels sont respectivement des descendants de l'uranium-238, de l'uranium-235 et du thorium-232, et sont tous présents dans l'écorce terrestre (voir ISO 11665-1:2019, Annexe A pour plus d'informations). 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 (par exemple 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^{[2][3][4][5]}.

Le radon est aujourd'hui considéré comme la principale source d'exposition de l'homme au rayonnement naturel. L'UNSCEAR^[6] 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 (voir ISO 11665-1:2019, Annexe A). Pour cette raison, les références au radon dans le présent document désignent 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 de la quantité de radon émise par le sol et des matériaux de construction en ces lieux, des conditions météorologiques et du degré de confinement dans les lieux où sont exposées les personnes.

Comme le radon a tendance à se concentrer dans les espaces clos tels que les maisons, la majeure partie de l'exposition de la population provient du radon présent dans l'atmosphère intérieure des bâtiments. Le gaz issu du sol est reconnu comme étant la plus importante source de radon résidentiel via des voies d'infiltration. D'autres sources sont décrites dans d'autres parties de l'ISO 11665 et dans la série ISO 13164 pour l'eau^[7].

Le radon pénètre dans les bâtiments par un mécanisme de diffusion dû à la différence permanente entre l'activité volumique du radon dans le sol sous-jacent et celle existant à l'intérieur du bâtiment, et par un mécanisme de convection généré par intermittence par une différence de pression entre l'air dans le bâtiment et celui contenu dans le sol sous-jacent. L'activité volumique du radon à l'intérieur des bâtiments dépend de l'activité volumique du radon dans le sol sous-jacent, de la structure du bâtiment, des équipements (cheminée, systèmes de ventilation mécanique, entre autres), des paramètres environnementaux du bâtiment (température, pression, etc.), mais également du mode de vie de ses occupants.

Pour limiter le risque pour les individus, un niveau de référence national de $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ est recommandé par l'Organisation mondiale de la santé^[5]. Lorsque cela n'est pas possible, il convient que ce niveau de référence ne dépasse pas $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Cette recommandation a été entérinée par les États membres de la Communauté européenne qui doivent établir des niveaux de référence nationaux pour les activités volumiques du radon à l'intérieur des bâtiments. Les niveaux de référence pour l'activité volumique moyenne annuelle dans l'air ne doivent pas être supérieurs à $300 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ^[5].

Pour réduire le risque pour l'ensemble de la population, il convient de mettre en œuvre des codes du bâtiment qui exigent des mesures de prévention du radon dans les bâtiments en construction et des mesures d'atténuation du radon dans les bâtiments existants. Les mesurages du radon sont nécessaires, car les codes du bâtiment ne peuvent à eux seuls garantir que les concentrations de radon sont inférieures au niveau de référence.

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). Le présent document 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 11665-6:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8037f240-83d6-410e-a9e2-c295a0a96132/iso-11665-6-2020>

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

Partie 6: Méthodes de mesure ponctuelle de l'activité volumique

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les méthodes de mesure ponctuelle du radon-222. Il donne des indications pour réaliser des mesures ponctuelles, 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 destinée à 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 mesurage ne s'applique pas à l'évaluation de l'exposition annuelle ni à la détermination de l'opportunité de réduire ou non l'exposition des citoyens au radon ou aux descendants du radon.

La méthode de mesure décrite s'applique à des échantillons d'air dont l'activité volumique du radon est supérieure à 50 Bq·m⁻³.

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 réalisé en utilisant un dispositif approprié (voir également ISO 11665-7^[8]).

[ISO 11665-6:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8037f240-83d6-410e-a9e2-c295a0a96132/iso-11665-6-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8037f240-83d6-410e-a9e2-c295a0a96132/iso-11665-6-2020>

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. 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 11665-1, *Measurement of radioactivity in the environment — Air: radon-222 — Part 1: Origins of radon and its short-lived decay products and associated measurement methods*

ISO 11929 (toutes les parties), *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/IEC Guide 98-3, *Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

IEC 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 de l'ISO 11665-1 s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>;
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>.

3.2 Symboles

Pour les besoins du présent document, les symboles donnés dans l'ISO 11665-1, ainsi que 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
$C^<$	limite basse de l'intervalle de confiance, pour l'activité volumique, en becquerels par mètre cube
$C^>$	limite haute de l'intervalle de confiance, pour 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-type relative
μ	grandeur à mesurer
μ_0	niveau de bruit de fond
ω	facteur de correction lié au facteur d'étalonnage

4 Principe

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

- 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, etc.) 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 du présent document. Elles se distinguent essentiellement par la nature et le mesurage de la grandeur physique. La grandeur physique et son mesurage associé peuvent être, par exemple, comme suit:

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

Les résultats du mesurage 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 du mesurage n'est représentatif que de l'activité volumique du radon au moment et au point de prélèvement.

5 Équipement

L'appareillage doit comprendre les éléments suivants:

- a) un 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;
- b) un dispositif pour pomper l'air destiné au prélèvement, si un prélèvement actif est exigé;
- c) la chambre de détection;
- d) un 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 instant et à un endroit donnés. 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 du prélèvement

6.3.1 Généralités

Le prélèvement doit être effectué comme spécifié dans l'ISO 11665-1. Le lieu et le moment du prélèvement (date et 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 normales, 1 013 hPa et 0 °C, respectivement) ou déduit à partir d'un mesurage de pression lorsque le prélèvement est réalisé par aspiration (voir [Annexe A](#)).

7 Détection

La détection doit être réalisée par 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) déterminer le niveau de bruit de fond de la chambre de détection;
- b) choisir et localiser le point de mesure;
- c) effectuer un prélèvement ponctuel d'un échantillon d'air représentatif de l'atmosphère étudiée;
- d) consigner le lieu et le moment du prélèvement (date et heure);
- e) attendre l'équilibre entre les descendants à vie courte et le radon dans la chambre de détection (3 h);
- f) mesurer la grandeur physique émise dans la chambre de détection avec une chaîne de mesure appropriée;
- g) consigner le moment du mesurage (date et heure);
- h) déterminer 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 spécifiées dans l'IEC 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 les fabricants 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) comme défini 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'échantillon d'air doit être établie en utilisant une atmosphère

de référence contenant du radon-222. L'activité volumique du radon-222 dans cette atmosphère 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 la [Formule \(1\)](#):

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

9.2 Incertitude-type

Conformément à l'ISO/IEC Guide 98-3, l'incertitude-type de C doit être calculée comme indiqué par la [Formule \(2\)](#):

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

9.3 Seuil de décision et limite de détection

Les limites des caractéristiques associées au mesurande doivent être calculées conformément à l'ISO 11929 (toutes les parties). L'[Annexe A](#) décrit 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^{\triangleleft} , et haute, C^{\triangleright} , de l'intervalle de confiance sont calculées en utilisant les [Formules \(3\)](#) et [\(4\)](#) (voir ISO 11929 [toutes les parties]):

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

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

où

$\omega = \Phi[y/u(y)]$, Φ étant la fonction de répartition de la distribution normale centrée réduite;

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

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

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

10 Rapport d'essai

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

- une référence au présent document, à savoir ISO 11665-6:2020;