
**Mesurage de la radioactivité dans
l'environnement — Air: radon 222 —
Partie 5:
Méthodes de mesure en continu de
l'activité volumique**

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)
*Measurement of radioactivity in the environment — Air:
radon-222 —
Part 5: Continuous measurement methods of the activity
concentration*

[ISO 11665-5:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23bab1cc-8170-4568-aae-04b585fbb99b/iso-11665-5-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23bab1cc-8170-4568-aae-04b585fbb99b/iso-11665-5-2020>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 11665-5:2020](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23bab1cc-8170-4568-aaae-04b585fbb99b/iso-11665-5-2020)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23bab1cc-8170-4568-aaae-04b585fbb99b/iso-11665-5-2020>



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.....	4
6.3.1 Généralités.....	4
6.3.2 Installation du dispositif de prélèvement.....	4
6.3.3 Durée du prélèvement.....	4
6.3.4 Pas d'intégration.....	4
6.3.5 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.....	5
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	6
Annexe A (informative) Méthode de mesure utilisant une chambre d'ionisation à courant et à circulation	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 11665-5:2012), 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 (également appelés thoron) 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 Bq·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 Bq·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 Bq·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 en continu 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 11665-5:2020

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/23bab1cc-8170-4568-aae-04b585fbb99b/iso-11665-5-2020>

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

Partie 5: Méthodes de mesure en continu de l'activité volumique

1 Domaine d'application

Le présent document décrit les méthodes de mesure en continu du radon-222. Il donne des indications pour le mesurage en continu des variations temporelles de l'activité volumique du radon dans des atmosphères libres ou confinées.

Le présent document est destiné à évaluer les variations temporelles de l'activité volumique du radon dans l'environnement, les bâtiments publics, les habitations et les lieux de travail en fonction de grandeurs d'influence telles que les conditions de ventilation et/ou météorologiques.

la méthode de mesure décrite s'applique à des échantillons d'air dont l'activité volumique du radon est supérieure à 5/m³.

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, *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 (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*

Guide ISO/IEC 98-3, *Incertitude de mesure — Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

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

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

IEC 61577-2, *Instrumentation pour la radioprotection — Instruments de mesure du radon et des descendants du radon — Partie 2: Exigences spécifiques concernant les instruments de mesure du radon*

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^\triangleleft	limite basse de l'intervalle de confiance, pour l'activité volumique, en becquerels par mètre cube
C^\triangleright	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_{\text{rel}}(\)$	incertitude-type relative
μ	grandeur à mesurer
μ_0	niveau de bruit de fond
ω	facteur de correction lié au facteur d'étalonnage et aux facteurs de correction climatique

4 Principe

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

- le prélèvement *in situ* et continu d'un volume d'air préalablement filtré et représentatif de l'atmosphère étudiée;
- la détection permanente des rayonnements émis par le radon et ses descendants accumulés dans la chambre de détection.

Plusieurs méthodes de mesure satisfont aux exigences du présent document. Elles se distinguent essentiellement par la nature et la détection de la grandeur physique. La grandeur physique et sa détection associée peuvent être, par exemple, comme suit:

- le courant d'ionisation produit par plusieurs dizaines de milliers de paires d'ions créées par chaque particule alpha émise par le radon présent dans la chambre de détection et ses descendants qui s'y sont formés (voir [Annexe A](#));
- les charges produites par ionisation dans un solide (milieu semi-conducteur [silicium]) par les particules alpha du radon et de ses descendants; les charges sont détectées par des circuits électroniques associés.

Les résultats de mesure sont disponibles instantanément. Une valeur moyenne ou intégrée peut être obtenue par un traitement approprié fondé sur un pas d'intégration compatible avec le phénomène étudié, mais dans tous les cas inférieur ou égal à l'heure.

Afin de suivre la variation temporelle de l'activité volumique du radon, la période de mesure doit être compatible avec la dynamique du phénomène étudié. À titre d'exemple, la durée minimale significative pour détecter des variations journalières est de l'ordre de la semaine.

Le suivi en continu permet d'évaluer les variations temporelles de l'activité volumique du radon. Les conditions saisonnières et climatiques doivent être prises en compte pour les mesurages effectués en atmosphère libre.

Le mode de vie des occupants, le niveau auquel se trouve l'emplacement du mesurage (sous-sol, rez-de-chaussée, étages) et les caractéristiques de ventilation naturelle (condition des portes et fenêtres: ouvertes ou fermées) doivent être pris en compte pour les mesurages effectués à l'intérieur d'un bâtiment.

5 Équipement

L'appareillage doit comprendre les éléments suivants:

- a) un dispositif de prélèvement, muni d'un milieu filtrant, pour introduire l'échantillon d'air dans la chambre de détection, un dispositif pour pomper l'air destiné au prélèvement si un prélèvement actif est nécessaire, et la chambre de détection;
- b) un système de mesure, adapté pour la grandeur physique à mesurer.

L'instrument utilisé pour le mesurage doit satisfaire aux exigences de l'IEC 61577-2.

L'Annexe A décrit un exemple d'équipement (chambre d'ionisation) pour une méthode de mesure spécifique.

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.itech.ai)

6 Prélèvement

ISO 11665-5:2020

[https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/23bab1cc-8170-4568-aaac-](https://standards.itech.ai/catalog/standards/sist/23bab1cc-8170-4568-aaac-04b585fbb99b/iso-11665-5-2020)

6.1 Objectif du prélèvement

Le prélèvement a pour objectif d'introduire des échantillons d'air représentatifs de l'atmosphère étudiée en contact continu avec le détecteur.

6.2 Caractéristiques du prélèvement

Le prélèvement peut être passif (diffusion naturelle) ou actif (pompage).

Le prélèvement doit être effectué à travers un milieu filtrant qui arrête les aérosols présents dans l'air au moment du prélèvement, notamment les descendants du radon.

Le filtre ne doit pas piéger le gaz radon.

Le système de prélèvement doit être utilisé dans des conditions qui évitent tout colmatage du filtre (ce qui conduirait à une modification des conditions de mesure, par exemple une diminution de la quantité de gaz prélevée en raison de la perte de charge dans la chambre de mesure).

En cas de colmatage pendant le prélèvement par pompage, la perte de charge peut augmenter, et entraîner une dégradation des performances du système de mesure et même une perforation du filtre.

Un colmatage se produisant pendant le prélèvement par diffusion naturelle peut conduire à un non-renouvellement de l'air dans la chambre de détection.

6.3 Conditions du 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 Installation du dispositif de prélèvement

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

6.3.3 Durée du prélèvement

La durée du prélèvement continu correspond à la période de mesure, laquelle doit être compatible avec la dynamique du phénomène étudié.

6.3.4 Pas d'intégration

Le pas d'intégration détermine la résolution temporelle du mesurage. Il est nécessaire de prendre en considération différents paramètres comme l'activité volumique attendue du radon ou la dynamique des variations de niveau de radon lors du choix du pas d'intégration approprié.

6.3.5 Volume d'air prélevé

Pour un prélèvement actif, le volume d'air prélevé doit être mesuré par 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).

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) doit être utilisé.

7 Détection

La détection doit être réalisée en utilisant une méthode adéquate comme souligné dans l'ISO 11665-1.

8 Mesurage

8.1 Mode opératoire

Le mode opératoire de mesure est spécifique à la méthode de détection utilisée.

L'[Annexe A](#) contient un exemple de mode opératoire de mesure utilisant une chambre d'ionisation.

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) température, humidité et turbulence atmosphérique; il faut tenir compte de ces variables lors du choix d'un emplacement pour le dispositif;
- b) bruit de fond radiatif;
- c) bruit de fond des instruments;
- d) champ électromagnétique;

- e) augmentation de la perte de charge résultant d'un colmatage du filtre d'entrée;
- f) présence possible d'autres émetteurs alpha (radium, isotopes du radon, actinides, etc.) dans le volume de détection; si la présence d'autres isotopes de radon est suspectée, il faut s'en affranchir en utilisant un système approprié, par exemple une chambre de vieillissement;
- g) présence possible d'autres émetteurs gamma dans le volume de détection.

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 annuellement dans sa totalité (système de prélèvement, débitmètre, détecteur et électronique associée) comme défini dans l'ISO 11665-1.

La relation entre le paramètre physique mesuré par le dispositif de détection (nombre de charges électriques, fréquence de comptage, 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 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 est 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 \(2\)](#):

$$u(C) = \sqrt{\omega^2 \cdot [u^2(u) + u^2(u_0)] + C^2 \cdot u_{\text{rel}}^2(\omega)} \quad (2)$$

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 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 doivent être calculées en utilisant les [Formules \(3\)](#) et [\(4\)](#) [voir ISO 11929 (toutes les parties)]:

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

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

où