

---

---

**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**

iTeh STANDARD PREVIEW

(standards.iteh.ai)  
*Measurement of radioactivity in the environment — Air:  
radon-222 —*

*Part 1: Origins of radon and its short-lived decay products and  
associated measurement methods*  
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/956296c5-4970-418a-9b5b-d8d4aa7ad47e/iso-11665-1-2019>



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

ISO 11665-1:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/950298e5-4976-418a-9b5b-d8d4aa7ad47e/iso-11665-1-2019>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2019

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  
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

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Avant-propos</b> .....  | <b>iv</b> |
| <b>Introduction</b> .....  | <b>v</b>  |
| <b>1 Domaine d'application</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>2 Références normatives</b> .....   | <b>1</b>  |
| <b>3 Termes, définitions et symboles</b> .....   | <b>1</b>  |
| 3.1 Termes et définitions.....   | 1         |
| 3.2 Symboles.....  | 9         |
| <b>4 Principe</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>5 Équipement</b> .....  | <b>10</b> |
| <b>6 Prélèvement</b> .....   | <b>10</b> |
| 6.1 Généralités.....   | 10        |
| 6.2 Objectif du prélèvement.....   | 11        |
| 6.3 Caractéristiques du prélèvement.....   | 11        |
| 6.4 Conditions de prélèvement.....   | 11        |
| 6.4.1 Installation du dispositif de prélèvement.....   | 11        |
| 6.4.2 Durée de prélèvement.....  | 12        |
| 6.4.3 Volume d'air prélevé.....  | 13        |
| <b>7 Détection</b> .....   | <b>13</b> |
| 7.1 Scintillation du sulfure de zinc activé à l'argent ZnS(Ag).....  | 13        |
| 7.2 Spectrométrie gamma.....   | 13        |
| 7.3 Scintillation liquide.....   | 13        |
| 7.4 Ionisation de l'air.....   | 14        |
| 7.5 Semi-conducteur (détection alpha).....   | 14        |
| 7.6 Détecteurs solides de traces nucléaires (DSTN).....  | 14        |
| 7.7 Décharge d'une surface polarisée à l'intérieur d'une chambre d'ionisation.....   | 14        |
| <b>8 Mesurage</b> .....  | <b>14</b> |
| 8.1 Méthodes.....  | 14        |
| 8.2 Grandeurs d'influence.....   | 15        |
| 8.3 Étalonnage.....  | 16        |
| 8.4 Contrôle qualité.....  | 16        |
| <b>9 Expression des résultats</b> .....  | <b>16</b> |
| <b>10 Rapport d'essai</b> .....  | <b>16</b> |
| <b>Annexe A (informative) Radon et ses descendants — Informations générales</b> .....  | <b>18</b> |
| <b>Annexe B (informative) Exemple de résultats de mesure ponctuelle, intégrée et en continu de l'activité volumique du radon 222</b> ..... | <b>28</b> |
| <b>Annexe C (informative) Exemple de rapport d'essai</b> .....   | <b>30</b> |
| <b>Bibliographie</b> .....   | <b>31</b> |

## 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](http://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](http://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](http://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 11665-1:2012), dont elle constitue une révision mineure. Les modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- l'Introduction a été mise à jour;
- en A.2.4, des détails ont été ajoutés pour tenir compte de la variation des activités volumiques du radon au cours du temps et dans l'espace dans les bâtiments;
- 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](http://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 [Annexe A](#) pour plus d'informations). 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 (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<sup>[2][3][4][5]</sup>.

Le radon est aujourd'hui considéré comme la principale source d'exposition de l'homme au rayonnement naturel. L'UNSCEAR<sup>[6]</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 (voir [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 considéré comme la source la plus importante 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<sup>[59]</sup>.

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<sup>-3</sup> est recommandé par l'Organisation mondiale de la santé<sup>[5]</sup>. Lorsque cela n'est pas possible, il convient que ce niveau de référence ne dépasse pas 300 Bq·m<sup>-3</sup>. 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<sup>-3</sup><sup>[5]</sup>.

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'ISO 11665 comprend plusieurs parties (voir [Figure 1](#)) qui traitent des aspects suivants:

- méthodes de mesure du radon 222 et de ses descendants à vie courte (voir ISO 11665-2, ISO 11665-3, ISO 11665-4, ISO 11665-5 et ISO 11665-6);

## ISO 11665-1:2019(F)

NOTE 1 Il existe de nombreuses méthodes de mesure de l'activité volumique et de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon 222. Le choix de la méthode de mesure dépend du niveau attendu de concentration et de l'utilisation prévue des données, telles que recherche scientifique et évaluations liées à la santé<sup>[8][9]</sup>.

— méthodes de mesure du flux d'exhalation du radon 222 (voir ISO 11665-7 et ISO 11665-9);

NOTE 2 L'ISO 11665-7 se réfère à l'ISO 11665-5 et à l'ISO 11665-6.

— méthodes de mesure du radon 222 dans le sol (voir ISO 11665-11);

— méthodologies de mesure du radon 222 dans les bâtiments (voir ISO 11665-8);

— méthodes de mesure du coefficient de diffusion du radon 222 (voir ISO/TS 11665-12 et ISO/TS 11665-13).

NOTE 3 L'ISO 11665-8 se réfère à l'ISO 11665-4 pour les mesurages du radon appliqués aux investigations initiales dans les bâtiments et à l'ISO 11665-5, à l'ISO 11665-6 et à l'ISO 11665-7 pour les mesurages appliqués aux investigations complémentaires.

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

ISO 11665-1:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/950298e5-4976-418a-9b5b-d8d4aa7ad47e/iso-11665-1-2019>

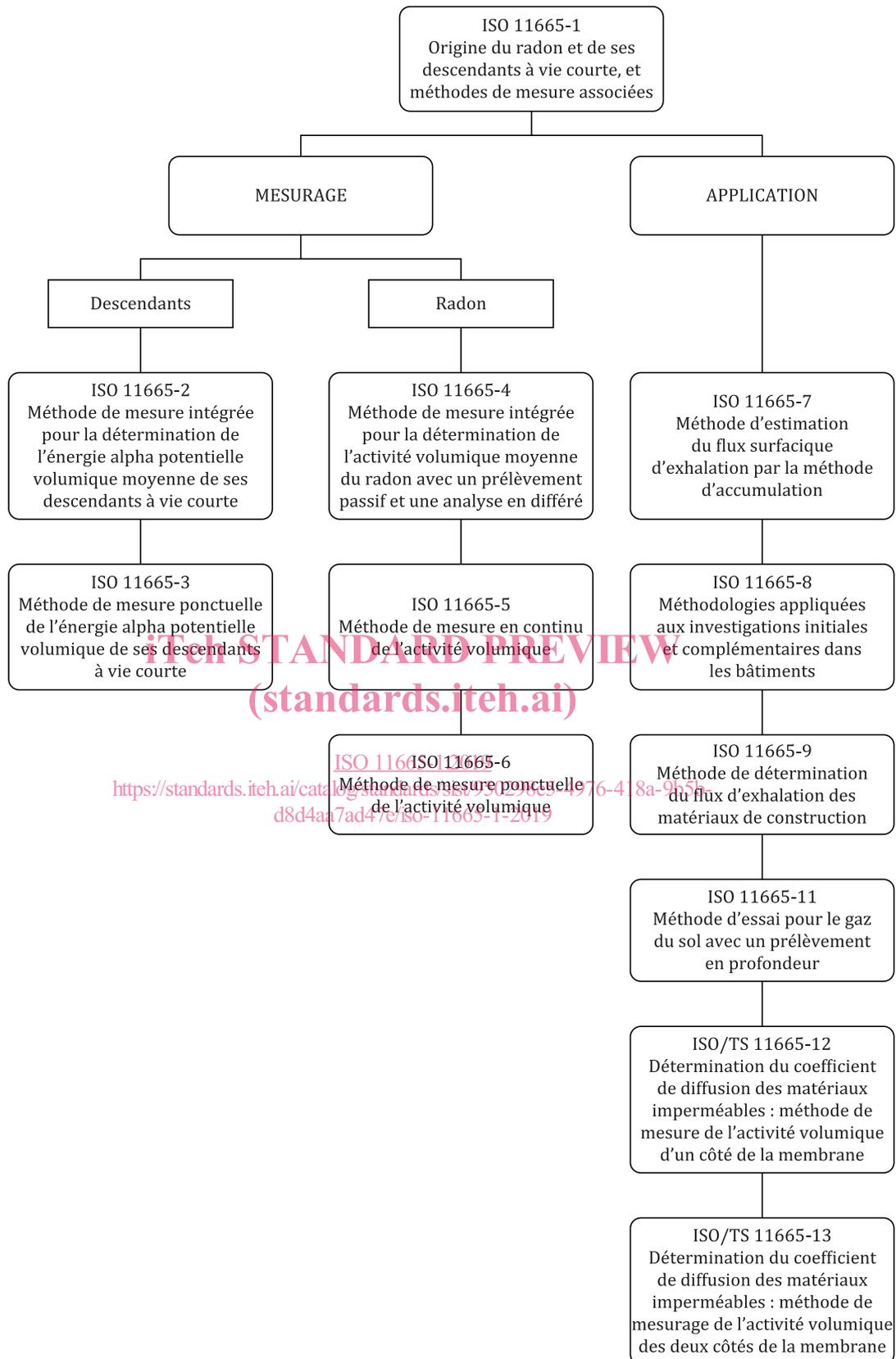


Figure 1 — Structure de la série ISO 11665

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

ISO 11665-1:2019

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/950298e5-4976-418a-9b5b-d8d4aa7ad47e/iso-11665-1-2019>

# 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

### 1 Domaine d'application

Le présent document présente les recommandations pour le mesurage de l'activité volumique du radon 222 et de l'énergie alpha potentielle volumique de ses descendants à vie courte dans l'air.

Les méthodes de mesure se divisent en trois catégories:

- a) méthodes de mesure ponctuelle;
- b) méthodes de mesure en continu;
- c) méthodes de mesure intégrée.

Le présent document fournit plusieurs méthodes couramment utilisées pour le mesurage du radon 222 et de ses descendants à vie courte dans l'air.

Le présent document fournit également des recommandations relatives à la détermination de l'incertitude relative aux méthodes de mesure décrites dans ses diverses parties.

### 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/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 pour les instruments de mesure du <sup>222</sup>Rn et du <sup>220</sup>Rn*

IEC 61577-3, *Instrumentation pour la radioprotection — Instruments 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 suivants 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 <http://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>

### 3.1.1 prélèvement actif

se dit d'instruments utilisant des dispositifs actifs comme des pompes pour les prélèvements dans l'atmosphère

[SOURCE: IEC 61577-1:2006, 3.2.22]

### 3.1.2 activité taux de désintégration

nombre de désintégrations nucléaires spontanées ayant lieu dans une quantité donnée de matière pendant un intervalle de temps raisonnablement court, divisé par cet intervalle de temps

Note 1 à l'article: L'activité,  $A$ , est exprimée par la relation donnée dans la Formule (1):

$$A = \lambda \cdot N$$

où

$\lambda$  est la constante de désintégration par seconde;

$N$  est le nombre d'atomes.

Note 2 à l'article: La constante de désintégration est liée à la période radioactive par la relation:

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

où

$T_{1/2}$  est la période radioactive, en secondes.

### 3.1.3 activité volumique

activité par unité de volume

[SOURCE: IEC 61577-1:2006, 3.1.2]

### 3.1.4 fraction attachée

fraction de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte attachés à l'aérosol ambiant

[SOURCE: IEC 61577-1:2006, 3.2.15, modifiée]

Note 1 à l'article: La taille de l'aérosol porteur, auquel sont attachés la majorité des descendants à vie courte, est généralement comprise entre 0,1  $\mu\text{m}$  et 0,3  $\mu\text{m}$ .

### 3.1.5 activité volumique moyenne

exposition à l'activité volumique divisée par la durée de prélèvement

### 3.1.6 énergie alpha potentielle volumique moyenne

exposition à l'énergie alpha potentielle volumique divisée par la durée de prélèvement

**3.1.7****bruit de fond**

signaux provoqués par des phénomènes autres que le rayonnement à détecter

Note 1 à l'article: Il est possible de faire la distinction entre les signaux provoqués par le rayonnement provenant de sources à l'intérieur ou à l'extérieur du détecteur autres que ceux visés par les mesurages et les signaux provoqués par des défauts dans les circuits électroniques du système de détection et leur alimentation électrique.

**3.1.8****mesurage en continu**

mesurage obtenu par un prélèvement continu d'un échantillon (ou par pas d'intégration généralement de 1 min à 120 min) et une analyse simultanée ou en léger différé

Note 1 à l'article: Afin de suivre l'évolution temporelle de l'activité volumique du radon, la durée de prélèvement doit être adaptée à la dynamique du phénomène étudié.

Note 2 à l'article: Voir [Annexe B](#) pour plus d'informations.

**3.1.9****longueur de diffusion**

distance parcourue par un atome sous l'effet des forces de diffusion, avant sa désintégration

Note 1 à l'article: La longueur de diffusion,  $l$ , est exprimée par la relation donnée dans la Formule (3):

$$l = \left( \frac{D}{\lambda} \right)^{1/2}$$

où

$D$  est le coefficient de diffusion, en mètres carrés par seconde;

$\lambda$  est la constante de désintégration par seconde.

**3.1.10****facteur d'équilibre**

rapport entre l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon dans un volume d'air donné et l'énergie alpha potentielle volumique de ces descendants s'ils étaient à l'équilibre radioactif avec le radon dans le même volume d'air

Note 1 à l'article: Les descendants à vie courte du  $^{222}\text{Rn}$  présents dans une atmosphère sont très rarement à l'équilibre radioactif avec leur père (par exemple par suite de leur piégeage sur les parois ou leur élimination par un système de renouvellement de l'air) et le facteur d'équilibre est utilisé pour qualifier cet état de «déséquilibre».

Note 2 à l'article: Le facteur d'équilibre est compris entre 0 et 1. Dans les bâtiments, le facteur d'équilibre varie généralement entre 0,1 et 0,9, avec une valeur moyenne égale à 0,4<sup>[4][6]</sup>.

Note 3 à l'article: Le facteur d'équilibre,  $F_{\text{eq}}$ , est exprimé par la Formule (4):

$$F_{\text{eq}} = \frac{E_{\text{PAEC}, 222\text{Rn}}}{5,57 \cdot 10^{-9} \times C_{222\text{Rn}}}$$

où

- $E_{PAEC,222Rn}$  est l'énergie alpha potentielle volumique du  $^{222}Rn$ , en joules par mètre cube;
- $5,57 \times 10^{-9}$  est l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du  $^{222}Rn$  pour 1 Bq de  $^{222}Rn$  en équilibre avec ses descendants à vie courte, en joules par becquerel;
- $C_{222Rn}$  est l'activité volumique du  $^{222}Rn$ , en becquerels par mètre cube.

### 3.1.11

#### prélèvement ponctuel

prélèvement d'un échantillon (par exemple de l'air contenant du radon ou des particules d'aérosols) sur une période de temps considérée comme courte comparée aux fluctuations de la grandeur étudiées (par exemple l'activité volumique de l'air)

[SOURCE: IEC 61577-1:2006, 3.2.18]

### 3.1.12

#### valeur de référence

valeur qui correspond aux exigences scientifiques, juridiques ou autres en matière de capacité de détection et qui est censée être évaluée par le mode opératoire de mesure par comparaison avec la limite de détection

Note 1 à l'article: La valeur de référence peut être donnée, par exemple sous la forme d'une activité, d'une activité spécifique ou d'une activité volumique, d'une activité surfacique ou d'un débit de dose.

Note 2 à l'article: La comparaison de la limite de détection avec une valeur de référence permet de déterminer si le mode opératoire de mesure satisfait ou non aux exigences énoncées par la valeur de référence et permet de garantir qu'elle est adaptée à l'objectif du mesurage prévu. Le mode opératoire de mesure satisfait à l'exigence si la limite de détection est inférieure à la valeur de référence.

Note 3 à l'article: La valeur de référence ne doit pas être confondue avec d'autres valeurs stipulées comme demandes de conformité ou comme limites réglementaires.

[SOURCE: ISO 11929-2:2019, 3.18]

### 3.1.13

#### mesurage intégré

mesurage effectué par prélèvement continu d'un volume d'air, une accumulation au cours du temps de grandeurs physiques (nombre de traces nucléaires, nombre de charges électriques, etc.) liées à la désintégration du radon et/ou de ses descendants, puis une analyse à l'issue de la période d'accumulation

Note 1 à l'article: Voir [Annexe B](#) pour plus d'informations.

### 3.1.14

#### mesurage de longue durée

mesurage fondé sur un échantillon d'air prélevé sur une période supérieure à un mois

### 3.1.15

#### mesurande

grandeur que l'on veut mesurer

[SOURCE: Guide ISO/IEC 99:2007, 2.3]

### 3.1.16

#### système de mesure

ensemble d'un ou plusieurs instruments de mesure et souvent d'autres dispositifs, comprenant si nécessaire réactifs et alimentations, assemblés et adaptés pour fournir des informations destinées à obtenir des valeurs mesurées dans des intervalles spécifiés pour des grandeurs de natures spécifiées

[SOURCE: Guide ISO/IEC 99:2007, 3.2]

**3.1.17****prélèvement passif**

prélèvement n'utilisant pas de dispositifs actifs comme des pompes pour prélever dans l'atmosphère, dans la plupart des instruments, le prélèvement s'effectue essentiellement par diffusion

[SOURCE: IEC 61577-1:2006, 3.2.21 modifiée]

**3.1.18****énergie alpha potentielle des descendants à vie courte du radon**

énergie alpha totale émise pendant la désintégration des atomes des descendants du radon le long de la chaîne jusqu'au  $^{210}\text{Pb}$  pour la chaîne de désintégration du  $^{222}\text{Rn}$

Note 1 à l'article: L'énergie alpha potentielle des descendants à vie courte du  $^{222}\text{Rn}$ ,  $E_{\text{PAE},222\text{Rn}}$ , est exprimée par la Formule (5):

$$E_{\text{PAE},222\text{Rn}} = \left[ \begin{aligned} & \left( E_{\text{AE},218\text{Po}} + E_{\text{AE},214\text{Po}} \right) \cdot \left( N_{218\text{Po}} \right) \\ & + E_{\text{AE},214\text{Po}} \cdot \left( N_{214\text{Pb}} + N_{214\text{Bi}} \right) + E_{\text{AE},214\text{Po}} \cdot \left( N_{214\text{Po}} \right) \end{aligned} \right]$$

où

$E_{\text{AE},218\text{Po}}$  est l'énergie alpha de la particule produite par la désintégration du  $^{218}\text{Po}$ , en joules;

$E_{\text{AE},214\text{Po}}$  est l'énergie alpha de la particule produite par la désintégration du  $^{214}\text{Po}$ , en joules;

$N_{218\text{Po}}$  est le nombre d'atomes de  $^{218}\text{Po}$ ;

$N_{214\text{Pb}}$  est le nombre d'atomes de  $^{214}\text{Pb}$ ;

$N_{214\text{Bi}}$  est le nombre d'atomes de  $^{214}\text{Bi}$ ;

$N_{214\text{Po}}$  est le nombre d'atomes de  $^{214}\text{Po}$ .

Note 2 à l'article: L'énergie alpha potentielle totale émise pendant la désintégration des atomes des descendants à vie courte du radon le long de la chaîne jusqu'au  $^{208}\text{Pb}$  pour la chaîne de désintégration du  $^{220}\text{Rn}$  est exprimée par la Formule (6):

$$E_{\text{PAE},220\text{Rn}} = \left[ \begin{aligned} & \left( E_{\text{AE},216\text{Po}} + 0,36 \cdot E_{\text{AE},212\text{Bi}} + 0,64 \cdot E_{\text{AE},212\text{Po}} \right) \cdot \left( N_{216\text{Po}} \right) \\ & + \left( 0,36 \cdot E_{\text{AE},212\text{Bi}} + 0,64 \cdot E_{\text{AE},212\text{Po}} \right) \cdot \left( N_{212\text{Pb}} + N_{212\text{Bi}} \right) + E_{\text{AE},212\text{Po}} \cdot \left( N_{212\text{Po}} \right) \end{aligned} \right]$$

où

$E_{\text{PAE},220\text{Rn}}$  est l'énergie alpha potentielle du  $^{220}\text{Rn}$ , en joules;

$E_{\text{AE},216\text{Po}}$  est l'énergie alpha de la particule produite par la désintégration du  $^{216}\text{Po}$ , en joules;

$E_{\text{AE},212\text{Bi}}$  est l'énergie alpha de la particule produite par la désintégration du  $^{212}\text{Bi}$ , en joules;

$E_{\text{AE},212\text{Po}}$  est l'énergie alpha de la particule produite par la désintégration du  $^{212}\text{Po}$ , en joules;