
**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*

ISO 11665-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/52f4ebe4-0106-4057-bd93-6731c50fd1f06/iso-11665-1-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 11665-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/52f4e4-0106-4057-bd93-6731c50fd1f06/iso-11665-1-2012>



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	8
4 Principe	9
5 Équipement	9
6 Prélèvement	10
6.1 Généralités	10
6.2 Objectif du prélèvement	10
6.3 Caractéristiques du prélèvement	10
6.4 Conditions de prélèvement	11
7 Détection	12
7.1 Scintillation du sulfure de zinc activé à l'argent ZnS(Ag)	12
7.2 Spectrométrie gamma	13
7.3 Scintillation liquide	13
7.4 Ionisation de l'air	13
7.5 Semi-conducteur (détection alpha)	13
7.6 Détecteurs solides de traces nucléaires (DSTN)	13
7.7 Décharge d'une surface polarisée à l'intérieur d'une chambre d'ionisation	13
8 Mesurage	13
8.1 Méthodes	13
8.2 Grandeurs d'influence	14
8.3 Étalonnage	15
8.4 Contrôle qualité	15
9 Expression des résultats	15
10 Rapport d'essai	15
Annexe A (informative) Radon et ses descendants — Informations générales	17
Annexe B (informative) Exemple de résultats de mesure ponctuelle, intégrée et en continu de l'activité volumique du radon 222	26
Annexe C (informative) Exemple de rapport d'essai	28
Bibliographie	29

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 11665-1 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 (voir l'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].

Dans le tableau périodique des éléments, le radon est considéré comme un gaz noble au même titre que l'hélium, l'argon, le néon, le krypton et le xénon.

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. Le rapport de l'UNSCEAR (2006)^[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 Annexe A). Pour cette raison, les références au radon dans la présente partie de l'ISO 11665 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 tout d'abord de la quantité de radon émise par le sol et les matériaux de construction en ces lieux et, ensuite, du degré de confinement et des conditions météorologiques des lieux où sont exposées les personnes.

Les valeurs 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 inférieures à un becquerel par mètre cube peuvent être observées dans l'environnement océanique. À l'intérieur des bâtiments, les activités volumiques du radon varient entre quelques dizaines de becquerels par mètre cube et plusieurs centaines de becquerels par mètre cube^[7]. L'activité volumique peut atteindre plusieurs milliers de becquerels par mètre cube dans des espaces très confinés. Des variations de quelques nanojoules par mètre cube à plusieurs milliers de nanojoules par mètre cube sont observées pour l'énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon.

L'ISO 11665 comprend dix parties (voir Figure 1) qui traitent des aspects suivants:

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

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 dépendra du niveau attendu de concentration et de l'utilisation prévue des données, telles que recherche scientifique et évaluations liées à la santé^{[8][9]}.

- 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 coefficient de diffusion du radon 222 (voir ISO 11665-10);
- méthodologies de mesure du radon 222 dans les bâtiments (voir ISO 11665-8).

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, l'ISO 11665-6 et l'ISO 11665-7 pour les mesurages appliqués aux investigations complémentaires.

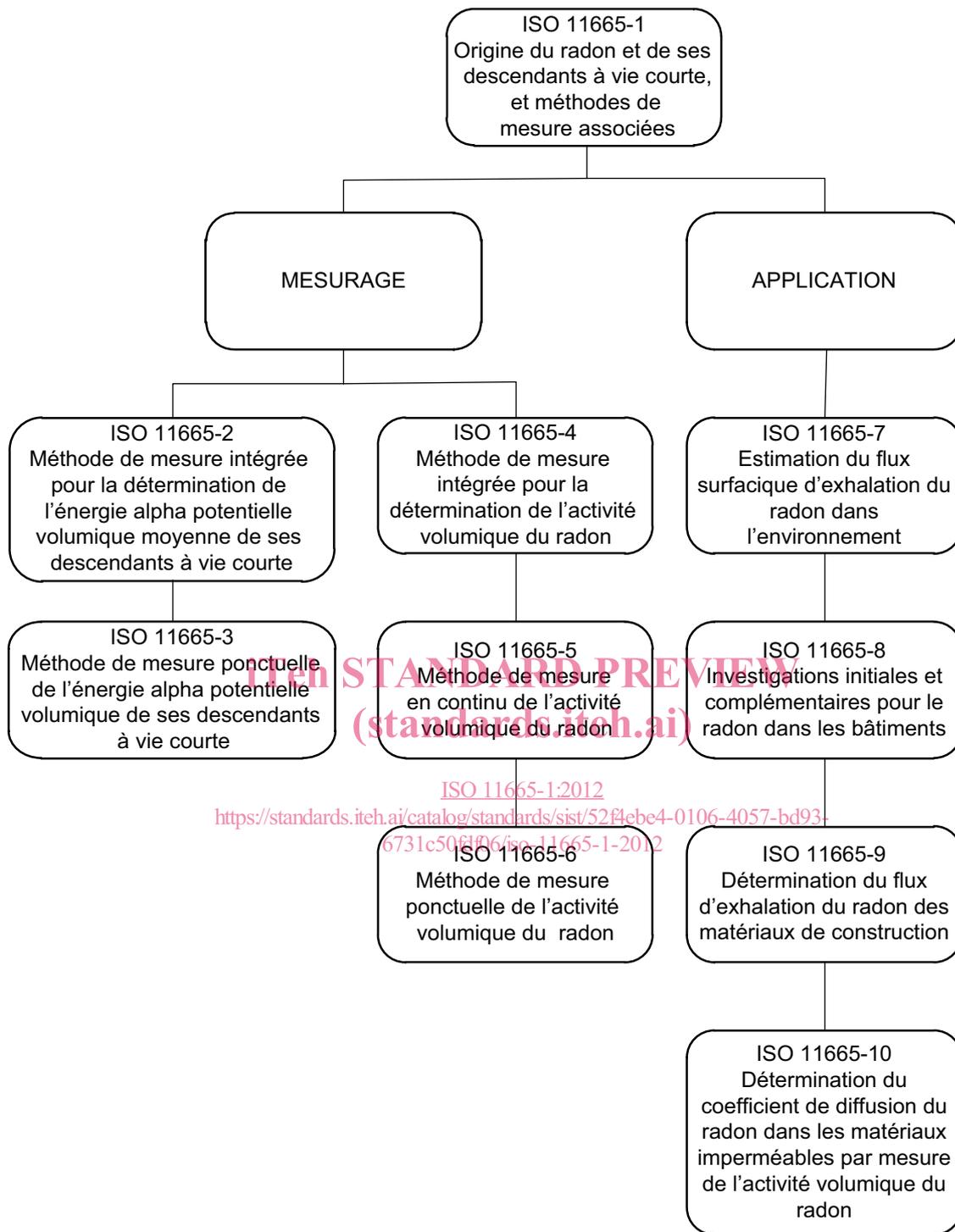


Figure 1 — Structure de la série de l'ISO 11665

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

La présente partie de l'ISO 11665 présente les lignes directrices 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.

La présente partie de l'ISO 11665 fournit plusieurs méthodes couramment utilisées pour le mesurage du radon 222 et de ses descendants à vie courte dans l'air.

La présente partie de l'ISO 11665 fournit également des lignes directrices relatives à la détermination de l'incertitude relative aux méthodes de mesure décrites dans ses diverses parties.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

ISO/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*

CEI 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*

CEI 61577-3, *Instrumentation pour la radioprotection — Instrument 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.

3.1.1

prélèvement actif

prélèvement faisant appel à des dispositifs actifs tels que des pompes pour le prélèvement d'échantillons d'atmosphère

[CEI 61577-1:2006]

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

[ISO 921:1997, définition 23]

NOTE 1 L'activité, A , est exprimée par la relation donnée dans l'Équation (1):

$$A = \lambda \cdot N \tag{1}$$

où

λ est la constante de désintégration par seconde;

N est le nombre d'atomes.

NOTE 2 La constante de désintégration est liée à la période par la relation:

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

où

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

3.1.3
activité volumique
activité par unité de volume

[CEI 61577-1:2006]

ISO 11665-1:2012
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/52f4e4be4-0106-4057-bd93-6731c50fd1f06/iso-11665-1-2012>

3.1.4
fraction attachée

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

[CEI 61577-1:2006]

NOTE La taille de l'aérosol porteur, auquel sont attachés la majorité des descendants à vie courte, est généralement incluse dans la plage des valeurs moyennes de 0,1 μm à 0,3 μm .

3.1.5
activité volumique moyenne

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

3.1.6
énergie alpha potentielle volumique moyenne

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

3.1.7
bruit de fond

signaux provoqués par des phénomènes autres que le rayonnement à détecter

NOTE 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**mesure en continu**

mesure obtenue 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 Afin de suivre l'évolution temporelle de l'activité volumique du radon, la durée du prélèvement doit être adaptée à la dynamique du phénomène étudié.

NOTE 2 Voir l'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 La longueur de diffusion, l , est exprimée par la relation donnée dans l'Équation (3):

$$l = \left(\frac{D}{\lambda} \right)^{1/2} \quad (3)$$

où

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

λ 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 Les descendants à vie courte du ^{222}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 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. Voir Références [4] et [6].

NOTE 3 Le facteur d'équilibre, F_{eq} , est exprimé par l'Équation (4):

$$F_{\text{eq}} = \frac{E_{\text{PAEC},222\text{Rn}}}{5,57 \cdot 10^{-9} \times C_{222\text{Rn}}} \quad (4)$$

où

$E_{\text{PAEC},222\text{Rn}}$ 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 produits de désintégration à vie courte de ^{222}Rn pour 1 Bq de ^{222}Rn en équilibre avec ses descendants à vie courte, exprimée en joules par becquerel;

$C_{222\text{Rn}}$ est l'activité volumique du ^{222}Rn , en becquerels par mètre cube.

3.1.11**prélèvement ponctuel**

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

[CEI 61577-1:2006]

3.1.12

valeur de référence

valeur qui correspond aux exigences scientifiques, juridiques ou autres et qui est censée être évaluée par la procédure de mesure

NOTE 1 La valeur de référence peut être donnée, par exemple, sous la forme d'une activité, d'une activité spécifique ou d'une concentration d'activité, d'une activité surfacique ou d'un débit de dose.

NOTE 2 La comparaison de la limite de détection avec une valeur de référence permet de déterminer si la procédure 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. La procédure de mesure satisfait à l'exigence si la limite de détection est inférieure à la valeur de référence.

[ISO 11929:2010, définition 3.10]

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 Voir l'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

iTeh STANDARD PREVIEW

3.1.15

mesurande

grandeur que l'on veut mesurer

(standards.iteh.ai)

[Guide ISO/CEI 99:2007, définition 2.3]

[ISO 11665-1:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/52f4ebe4-0106-4057-bd93-6731c50fd1f06/iso-11665-1-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/52f4ebe4-0106-4057-bd93-6731c50fd1f06/iso-11665-1-2012>

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

[Guide ISO/CEI 99:2007, définition 3.2]

3.1.17

prélèvement passif

prélèvement ne faisant appel à aucun dispositif actif tel que des pompes pour prélever dans l'atmosphère, dans la plupart des instruments, le prélèvement s'effectuant essentiellement par diffusion

NOTE Adapté de la CEI 61577-1:2006.

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 ²¹⁰Pb pour la chaîne de désintégration du ²²²Rn

NOTE 1 L'énergie alpha potentielle des descendants à vie courte du ²²²Rn est exprimée par l'Équation (5):

$$E_{PAE,222Rn} = \left[\begin{aligned} & \left(E_{AE,218Po} + E_{AE,214Po} \right) \cdot \left(N_{218Po} \right) \\ & + E_{AE,214Po} \cdot \left(N_{214Pb} + N_{214Bi} \right) + E_{AE,214Po} \cdot \left(N_{214Po} \right) \end{aligned} \right] \tag{5}$$

où

$E_{AE,218Po}$	est l'énergie alpha de la particule produite par la désintégration du ^{218}Po , en joules;
$E_{AE,214Po}$	est l'énergie alpha de la particule produite par la désintégration du ^{214}Po , en joules;
N_{218Po}	est le nombre d'atomes de ^{218}Po ;
N_{214Pb}	est le nombre d'atomes de ^{214}Pb ;
N_{214Bi}	est le nombre d'atomes de ^{214}Bi ;
N_{214Po}	est le nombre d'atomes de ^{214}Po .

NOTE 2 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}Pb pour la chaîne de désintégration du ^{220}Rn est exprimée par l'Équation (6).

$$E_{PAE,220Rn} = \left[\begin{aligned} & (E_{AE,216Po} + 0,36 \cdot E_{AE,212Bi} + 0,64 \cdot E_{AE,212Po}) \cdot (N_{216Po}) \\ & + (0,36 \cdot E_{AE,212Bi} + 0,64 \cdot E_{AE,212Po}) \cdot (N_{212Pb} + N_{212Bi}) + E_{AE,212Po} \cdot (N_{212Po}) \end{aligned} \right] \quad (6)$$

où

$E_{PAE,220Rn}$	est l'énergie alpha potentielle du ^{220}Rn , en joules;
$E_{AE,216Po}$	est l'énergie alpha de la particule produite par la désintégration du ^{216}Po , en joules;
$E_{AE,212Bi}$	est l'énergie alpha de la particule produite par la désintégration du ^{212}Bi , en joules;
$E_{AE,212Po}$	est l'énergie alpha de la particule produite par la désintégration du ^{212}Po , en joules;
N_{212Pb}	est le nombre d'atomes de ^{212}Pb ;
N_{212Bi}	est le nombre d'atomes de ^{212}Bi ;
N_{212Po}	est le nombre d'atomes de ^{212}Po .

3.1.19

énergie alpha potentielle volumique des descendants à vie courte du radon

concentration dans l'air d'un mélange de descendants à vie courte du radon se désintégrant jusqu'au ^{210}Pb ou ^{208}Pb , exprimée en énergie alpha potentielle émise au cours de ces désintégrations

[CEI 61577-1:2006]

NOTE L'énergie alpha potentielle volumique du nucléide, i , est exprimée par l'Équation (7):

(7)

où

$E_{PAE,i}$	est énergie alpha potentielle du nucléide, i , en joules;
V	est le volume échantillonné, en mètres cubes.

3.1.20

exposition à l'énergie alpha potentielle volumique moyenne

intégrale dans le temps de l'énergie alpha potentielle volumique cumulée pendant le temps d'exposition

NOTE L'exposition à l'énergie alpha potentielle volumique, X_{PAEC} , est exprimée par l'Équation (8):

$$X_{PAEC} = \int_0^t E_{PAEC} \cdot dt \tag{8}$$

3.1.21

étalon primaire

étalon qui est désigné ou largement reconnu comme présentant les plus hautes qualités métrologiques et dont la valeur est établie sans se référer à d'autres étalons de la même grandeur

[CEI 61577-1:2006]

NOTE Le concept d'étalon primaire est valable aussi bien pour les grandeurs de base que pour les grandeurs dérivées.

3.1.22

équilibre radioactif du radon 222 avec ses descendants à vie courte

situation dans laquelle les activités de chaque radionucléide (radon et de ses descendants à vie courte) sont égales

NOTE En équilibre radioactif, l'activité de chaque descendant à vie courte décroît dans le temps comme l'activité du radon.

3.1.23

émanation du radon

mécanisme par lequel un atome de radon quitte le grain individuel de matériau solide dans lequel il a été formé et arrive dans l'espace libre des pores

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

3.1.24

exhalation du radon

mécanisme par lequel un atome de radon produit par émanation et transporté (diffusion ou convection) vers la surface du matériau est libéré du matériau dans le milieu environnant (air)

ISO 11665-1:2012

https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iso/11665-1/2012/iso-11665-1:2012

3.1.25

flux d'exhalation du radon

valeur de l'activité volumique des atomes de radon qui quittent un matériau par unité de temps

NOTE 1 Le flux d'exhalation du radon sous des conditions telles que l'activité volumique du radon à la surface du matériau est égale à zéro est appelé flux d'exhalation du radon libre.

NOTE 2 Le flux d'exhalation du radon libre est défini approximativement par le flux d'exhalation du radon si l'activité du radon à la surface du matériau a une valeur suffisamment faible.

3.1.26

flux surfacique d'exhalation du radon

valeur de l'activité volumique des atomes de radon qui quittent un matériau par unité de surface du matériau par unité de temps

3.1.27

flux massique d'exhalation du radon

valeur de l'activité volumique des atomes de radon qui quittent un matériau par unité de masse du matériau par unité de temps

3.1.28

exposition au radon

intégrale sur le temps de l'activité volumique du radon accumulée sur la durée d'exposition

NOTE L'exposition au radon, X , est exprimée par l'Équation (9):