

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61577-3

Première édition
First edition
2002-04

**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**

**Radiation protection instrumentation –
Radon and radon decay product
measuring instruments –**

**Part 3:
Specific requirements for radon decay
product measuring instruments**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61577-3:2002

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- Site web de la CEI (www.iec.ch)
- Catalogue des publications de la CEI

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/catlg-f.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/JP.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- IEC Web Site (www.iec.ch)
- Catalogue of IEC publications

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/catlg-e.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/JP.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61577-3

Première édition
First edition
2002-04

**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**

**Radiation protection instrumentation –
Radon and radon decay product
measuring instruments –**

**Part 3:
Specific requirements for radon decay
product measuring instruments**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

U

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Domaine d'application et objet.....	10
2 Références normatives.....	10
3 Définitions.....	12
4 Caractéristiques générales.....	14
4.1 Généralités.....	14
4.2 Facteurs d'influence.....	14
4.3 Gamme de mesure.....	14
4.4 Activité volumique minimale détectable.....	16
4.5 Source de vérification.....	16
5 Caractéristiques techniques.....	16
5.1 Ensemble de prélèvement d'air.....	16
5.2 Ensemble de mesure.....	20
5.3 Unité de contrôle.....	22
5.4 Sous-ensemble d'alimentation.....	22
5.5 Construction générale.....	24
6 Procédures d'essai générales.....	24
6.1 Définition des conditions d'essai.....	24
6.2 Caractéristiques à l'essai.....	24
6.3 Conditions d'essai normalisées.....	26
6.4 Les essais réalisés avec une variation des grandeurs d'influence.....	26
6.5 Fluctuations statistiques.....	26
7 Sources d'essai.....	28
7.1 Généralités.....	28
7.2 Sources de référence solides.....	28
7.3 Sources de vérification.....	30
7.4 Atmosphères de référence.....	30
8 Liste des essais.....	30
8.1 Réponse de référence.....	30
8.2 Essais de qualification.....	30
8.3 Expression des résultats.....	32
9 Exigences concernant les performances sous rayonnement et les essais.....	32
9.1 Réponse aux sources de référence solides.....	32
9.2 Réponse aux atmosphères de référence d'un STAR.....	34
10 Exigences concernant les performances environnementales et essais.....	36
10.1 Généralités.....	36
10.2 Réponse au rayonnement gamma ambiant.....	38
10.3 Température ambiante.....	38
10.4 Humidité relative.....	38
10.5 Pression atmosphérique.....	40

CONTENTS

FOREWORD.....	7
INTRODUCTION.....	9
1 Scope and object.....	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 General characteristics.....	15
4.1 General.....	15
4.2 Influence factors.....	15
4.3 Range of measurement	15
4.4 Minimum detectable activity concentration.....	17
4.5 Check source	17
5 Technical characteristics	17
5.1 Air sampling subassembly	17
5.2 Measurement subassembly	21
5.3 Control subassembly.....	23
5.4 Power supply subassembly.....	23
5.5 General construction	25
6 General test procedures	25
6.1 Definition of test conditions	25
6.2 Characteristics under test.....	25
6.3 Standard test conditions	27
6.4 Tests performed with variation of the influence quantities.....	27
6.5 Statistical fluctuation.....	27
7 Test sources.....	29
7.1 General.....	29
7.2 Solid reference sources.....	29
7.3 Check sources	31
7.4 Reference atmospheres	31
8 Test nomenclature.....	31
8.1 Reference response	31
8.2 Qualification tests.....	31
8.3 Expression of results.....	33
9 Radiation performance requirements and tests	33
9.1 Response to solid reference sources	33
9.2 Response to reference atmospheres of a STAR facility	35
10 Environmental performance requirements and tests	37
10.1 General.....	37
10.2 Response to ambient gamma radiation.....	39
10.3 Ambient temperature.....	39
10.4 Relative humidity.....	39
10.5 Atmospheric pressure.....	41

11	Exigences concernant les performances électriques et essais	40
11.1	Fluctuations statistiques	40
11.2	Alimentation	40
11.3	Variation de l'alimentation	42
11.4	Temps de préchauffage	42
11.5	Stabilité d'indication de l'ensemble de mesure	44
12	Essais supplémentaires concernant l'ensemble de prélèvement	44
12.1	Essais du circuit d'air	44
12.2	Contrôle du débit	44
12.3	Temps de mise à l'équilibre thermique	46
12.4	Estimation du débit de fuite externe	46
12.5	Effet des variations de tension de l'alimentation	46
13	Exigences concernant les performances mécaniques et essais	48
13.1	Exigences	48
13.2	Méthode d'essai	48
14	Stockage et transport	48
15	Documentation	48
15.1	Rapport d'essais de type	48
15.2	Certificat d'identification	48
16	Manuel d'utilisation et de maintenance	50
	Tableau 1 – Conditions de référence et conditions d'essai normalisées	50
	Tableau 2 – Essais réalisés dans des conditions d'essai normalisées	50
	Tableau 3 – Essais réalisés avec une variation des grandeurs d'influence	52
	Tableau 4 – Essais du circuit d'air	52

11	Electrical performance requirements and tests	41
11.1	Statistical fluctuation	41
11.2	Power supply	41
11.3	Power supply variation	43
11.4	Warm-up time	43
11.5	Stability of indication of the measuring subassembly	45
12	Additional tests of the sampling assembly	45
12.1	Tests of the air circuit	45
12.2	Flow-rate control	45
12.3	Warm-up time	47
12.4	Estimation of the external leakage flow-rate	47
12.5	Effect of supply voltage variations	47
13	Mechanical performance requirements and tests	49
13.1	Requirements	49
13.2	Test method	49
14	Storage and transportation	49
15	Documentation	49
15.1	Type test report	49
15.2	Identification certificate	49
16	Operation and maintenance manual	51
	Table 1 – Reference conditions and standard test conditions	51
	Table 2 – Tests performed under standard test conditions	51
	Table 3 – Tests performed with variation of influence quantities	53
	Table 4 – Tests of the air circuit	53

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61577-3 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/351/FDIS	45B/358/RVD

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2006. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –
RADON AND RADON DECAY PRODUCT
MEASURING INSTRUMENTS –****Part 3: Specific requirements for radon decay product
measuring instruments**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. The IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61577-3 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
45B/351/FDIS	45B/358/RVD

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2006. At this date, the publication will be

- reconfirmed;
- withdrawn;
- replaced by a revised edition, or
- amended.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale fait partie d'une série relative aux instruments de mesure du radon et des descendants du radon ainsi qu'aux systèmes d'essai avec atmosphères contenant du radon (acronyme STAR)¹⁾. Cette série comprend les parties suivantes:

Partie 1: Exigences générales

Partie 2: Exigences spécifiques concernant les instruments de mesure du radon

Partie 3: Exigences spécifiques concernant les instruments de mesure des descendants du radon

Partie 4: Instruments de mesure rapide de l'énergie alpha potentielle dans les mines²⁾.

La partie 1 traite des caractéristiques générales d'essai et d'étalonnage des instruments de mesure du radon et des descendants du radon et aussi des caractéristiques générales des instruments de mesure du radon et des descendants du radon.

¹⁾ Système de test en atmosphères contenant du radon, parfois aussi appelé chambres à radon. Voir la CEI 61577-1.

²⁾ A l'étude. Disponible actuellement sous la référence CEI 61263.

INTRODUCTION

This International Standard is part of a series covering radon and radon decay product measuring instruments as well as systems for test atmospheres with radon (acronym STAR)¹⁾. This series consists of the following parts:

Part 1: General requirements

Part 2: Specific requirements for radon measuring instruments

Part 3: Specific requirements for radon decay product measuring instruments

Part 4: Instruments for rapid measurement of potential alpha energy in mines²⁾.

Part 1 covers the general characteristics of tests and calibrations of radon and radon decay product measuring instruments as well as general characteristics of radon and radon decay product measuring instruments.

¹⁾ System for test atmospheres with radon, sometimes called radon chambers. See IEC 61577-1.

²⁾ Under consideration. Presently available under reference IEC 61263.

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

1 Domaine d'application et objet

Les exigences de la présente partie de la CEI 61577 sont applicables aux instruments qui sont utilisés pour mesurer l'activité volumique des descendants du radon et/ou de l'énergie alpha potentielle volumique sur les lieux de travail, dans les habitations ou à l'extérieur.

En pratique, la norme s'applique à tous les types d'instruments qui utilisent des méthodes basées sur un prélèvement instantané, un prélèvement en continu et des méthodes de mesure intégrées qui incluent un équipement électronique. La mesure de l'activité collectée par un dispositif de prélèvement, par exemple un filtre, peut être réalisée soit pendant le prélèvement soit à la fin d'un cycle de mesure.

Les procédures d'essai générales et les différents types d'instrumentation utilisés pour la mesure de l'activité volumique des descendants du radon sont décrits dans la CEI 61577-1.

L'objet de cette partie de la CEI 61577 est de décrire les exigences spécifiques pour tester les instruments destinés au mesurage de l'activité volumique des descendants du radon en suspension dans l'air et/ou de l'énergie alpha potentielle volumique.

Ces exigences précisent les procédures d'essai, les caractéristiques du rayonnement, les caractéristiques électriques, mécaniques, de sécurité et environnementales ainsi que les certificats d'identification.

Les exigences sont à appliquer en conformité avec les principes généraux concernant le prélèvement des aérosols radioactifs de l'ISO 2889.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application de ce 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).

CEI 60050(393):1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 393: Instrumentation nucléaire: Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60050(394):1995, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 394: Instrumentation nucléaire: Instruments*

CEI 60068 (toutes les parties), *Essais d'environnement*

CEI 60068-2-27:1987, *Essais d'environnement – Deuxième partie: Essais – Essai Ea et guide: Chocs*

CEI 60181:1964, *Inventaire d'appareils électriques de mesure utilisés en relation avec les rayonnements ionisants*

CEI 60181A:1965, Premier complément

RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – RADON AND RADON DECAY PRODUCT MEASURING INSTRUMENTS –

Part 3: Specific requirements for radon decay product measuring instruments

1 Scope and object

The requirements of this part of IEC 61577 are applicable to instruments which are used to measure radon decay product activity concentration and/or volume potential alpha energy in work-places, in dwellings and outdoors.

The standard applies practically to all types of instruments that are based on grab sampling, continuous sampling technique and integrating measurement methods which include electronic equipment. The measurement of activity retained by a sampling device, for example a filtering device, can be made both during sampling or after the completion of a collection cycle.

General testing procedures and the different types of instrumentation used for measuring radon decay product activity concentration are described in IEC 61577-1.

The object of this part of IEC 61577 is to describe the specific requirements for testing instruments intended for measuring the activity concentration of airborne radon decay products and/or the volume potential alpha energy.

These requirements specify test procedures, radiation characteristics, electrical, mechanical, safety and environmental characteristics as well as identification certificates.

Requirements are to be applied in accordance with the general principles for sampling airborne radioactive materials of ISO 2889.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050(393):1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 393: Nuclear instrumentation: Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60050(394):1995, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 394: Nuclear instrumentation: Instruments*

IEC 60068 (all parts), *Environmental testing*

IEC 60068-2-27:1987, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test Ea and guidance: Shock*

IEC 60181:1964, *Index of electrical measuring apparatus used in connection with ionizing radiation*

IEC 60181A:1965, First supplement

CEI 60761-2:2002, *Equipements de surveillance en continu de la radioactivité dans les effluents gazeux – Partie 2: Exigences particulières aux moniteurs d'aérosols radioactifs, y compris les aérosols transuraniens*

CEI 61577-1:2000, *Instrumentation pour la radioprotection – Instruments de mesure du radon et des descendants du radon – Partie 1: Règles générales*

ISO 2889:1975, *Principes généraux pour le prélèvement des matières radioactives contenues dans l'air*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 61577, les définitions suivantes s'appliquent, ainsi que celles figurant dans les CEI 60050(393), CEI 60050(394), CEI 60181, CEI 60181A et CEI 61577-1.

3.1

valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

meilleure estimation de la valeur d'une grandeur déterminée par un étalon primaire ou secondaire ou par un instrument de référence qui aura été étalonné par rapport à un étalon primaire ou secondaire

3.2

erreur intrinsèque relative E

l'erreur intrinsèque relative E , exprimée en pourcentage, est donnée par la formule:

$$E(\%) = (Q_i - Q_t) \cdot 100 / Q_t$$

où

Q_i est la valeur indiquée;

Q_t est la valeur conventionnellement vraie

3.3

coefficient de variation

rapport de l'écart type σ à la moyenne arithmétique $\bar{x}$ d'un ensemble de mesures x_i donné par la formule

$$V = \sigma / \bar{x} = 1 / \bar{x} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

3.4

réponse de référence R_{ref}

réponse à l'activité de la source de référence de l'instrument soumis aux conditions d'essai normalisées

3.5

temps de réponse

retard entre l'exposition initiale du détecteur à une valeur donnée de la grandeur à mesurer et l'obtention de 90 % de la lecture de l'équilibre ou, pour les ensembles intégrateurs (pente), 90 % de la valeur d'équilibre de la première dérivée de l'indication, relativement au temps

IEC 60761-2:2002, *Equipment for continuous monitoring of radioactivity in gaseous effluents – Part 2: Specific requirements for radioactive aerosol monitors including transuranic aerosols*

IEC 61577-1:2000, *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 1: General requirements*

ISO 2889:1975, *General principles for sampling airborne radioactive materials*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 61577, the following definitions apply as well as those given in IEC 60050(393), IEC 60050(394), IEC 60181, IEC 60181A and IEC 61577-1.

3.1

conventionally true value of a quantity

best estimate of the value of a quantity determined by a primary or secondary standard, or by a reference instrument that has been calibrated against a primary or secondary standard

3.2

relative intrinsic error E

the relative intrinsic error E , expressed as a percentage, is given by the relationship:

$$E(\%) = (Q_i - Q_t) \cdot 100 / Q_t$$

where

Q_i is the indicated value;

Q_t is the conventionally true value

3.3

coefficient of variation

ratio of the standard deviation σ to the arithmetic mean $\bar{x}$ of a set of measurements x_i given by the formula

$$V = \sigma / \bar{x} = 1 / \bar{x} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

3.4

reference response R_{ref}

response of the instrument under standard test conditions to the reference source activity

3.5

response time

time delay between the initial exposure of the detection assembly to a given value of the measurement quantity and the attainment of 90 % of the equilibrium reading, or for integrating (slope) assemblies, 90 % of the equilibrium value of the first derivative of the indication, with respect to time

4 Caractéristiques générales

4.1 Généralités

Les descendants du radon en suspension dans l'air étant des aérosols, les moyens d'échantillonnage doivent, au moins, être en conformité avec l'ISO 2889 et la CEI 60761-2. De plus, les particularités physiques des descendants du radon doivent être prises en compte.

Les mesures des descendants du radon sont basées sur la détection des rayonnements dus à la désintégration des descendants du radon collectés sur un système de filtration.

Les instruments de mesure des descendants du radon utilisent généralement une méthode de prélèvement des particules en suspension sur un support tel qu'un filtre associé à un ensemble de détection.

Ce filtre peut être changé manuellement par l'opérateur ou automatiquement à l'aide d'un rouleau. Le système de détection doit être adapté au rayonnement à considérer et en rapport avec les performances de l'appareil de mesure.

Beaucoup d'instruments sont disponibles sur le marché. La CEI 61577-1 présente une liste des principales méthodes de mesure ainsi que leur principe physique. Différents types d'instruments utilisés pour la mesure des descendants du radon sont aussi répertoriés.

4.2 Facteurs d'influence

L'aptitude d'un moniteur d'aérosol est influencée par plusieurs facteurs tels que le type de détecteur et ses performances, le mode de fonctionnement et l'efficacité du système de prélèvement.

L'efficacité de prélèvement des descendants du radon dépend, dans des circonstances particulières, de la granulométrie des particules, de la vitesse et de la direction du vent, et de la capacité d'échantillonnage du dispositif de filtration.

Le débit de prélèvement et la forme de l'entrée d'air peuvent modifier la cinétique de diffusion et le dépôt par diffusion des descendants du radon.

L'efficacité de certains média filtrants, peut changer pendant le prélèvement car les poussières collectées modifient la dynamique de collecte et de rétention.

En fonction des caractéristiques techniques de l'ensemble de prélèvement et de détection, l'humidité peut modifier les performances du dispositif de prélèvement.

L'influence exercée par la variation de la durée de prélèvement dans des conditions stables doit être évaluée.

4.3 Gamme de mesure

La gamme totale de mesure, dans laquelle les exigences de cette norme sont respectées, doit être appropriée à l'utilisation de l'instrument et doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

L'instrument de mesure doit avoir des gammes de travail conformes à la CEI 61577-1, afin d'être qualifié pour des mesures à l'extérieur, à l'intérieur ou dans les mines.

4 General characteristics

4.1 General

Since radon decay products found in the air are aerosols, the means for sampling shall at least conform to ISO 2889 and to IEC 60761-2. Besides this, the physical particularities of radon decay products shall be taken into account.

Radon decay product measurements are based on radiation detection of the decays of radon decay products trapped on a filtering device.

The equipment for radon decay product measurement generally includes some means of collection of airborne particulate on a sampling medium such as a filter and a suitable detection assembly.

This filter can be changed manually by the operator or can exist in the form of a tape moving automatically. The detection system shall be appropriate to the radiation of interest and consistent with the performance of measurement apparatus.

Many instruments are available on the market. IEC 61577-1 gives a list of the main measurement methods as well as their physical principles. Different types of instruments used for measuring radon decay products are also listed.

4.2 Influence factors

The capability of an aerosol monitor is affected by a number of factors including detector type and performance, mode of operation and effectiveness of sampling system.

The sampling efficiency of radon decay products is dependent, in particular circumstances, on particle size distribution, wind speed and direction, and the sampling capability of the filtering device.

The sampling flow-rate and the inlet design may influence diffusion kinetics and plate-out of radon decay products.

The efficiency of some retention media may change during sampling as retained dust may alter capture and retention dynamics.

Depending on the technical characteristics of the sampling and detection assembly, moisture may affect the performances of the sampling device.

The influence of different sampling times under steady-state conditions shall be evaluated.

4.3 Range of measurement

The total effective range of measurement, within which the requirements of this standard are met, shall be appropriate to the purpose of the equipment and shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

The measurement equipment shall have working ranges in accordance with IEC 61577-1, in order to be qualified for outdoor, indoor or underground measurement.

4.4 Activité volumique minimale détectable

L'activité volumique minimale détectable exigée dépendra de l'application en question. Elle doit donc faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur. Le fabricant doit préciser l'activité volumique minimale détectable qu'il est possible d'obtenir pour les radionucléides concernés.

4.5 Source de vérification

La source de vérification fournie avec l'ensemble doit, si possible, être conçue pour pouvoir être placée dans le dispositif de prélèvement d'aérosols en conservant la même géométrie que celle de l'ensemble filtre-détecteur.

5 Caractéristiques techniques

Les caractéristiques techniques des instruments concernés par cette norme peuvent se résumer de la manière suivante.

- L'instrument doit pouvoir prélever un volume d'air connu (ou un débit d'air connu) à travers un dispositif de prélèvement qui retienne la radioactivité en suspension dans l'air.
- L'instrument doit pouvoir mesurer la radioactivité retenue pour des intervalles de temps prédéterminés pendant et/ou après le prélèvement.
- Le fonctionnement peut être manuel ou automatique.
- L'instrument doit pouvoir calculer et afficher l'activité volumique et/ou l'énergie alpha potentielle volumique des descendants du radon.

Lorsque la grandeur n'est pas directement mesurée mais calculée, ces calculs ainsi que les incertitudes associées doivent être décrits simplement par le fabricant. Si la méthode de calcul n'est pas connue, une référence bibliographique doit être donnée et les principes doivent être décrits.

Les cycles de mesure peuvent s'effectuer soit manuellement soit par séquence automatique.

L'échantillon est compté directement sur place ou, plus fréquemment, est retiré de l'échantillonneur et mesuré par un compteur alpha/bêta total ou une spectrométrie gamma ou alpha.

Les instruments de terrains, par exemple pour les applications de radioprotection, doivent être simples à utiliser, être portables et protégés contre les conditions d'environnement hostiles.

L'ensemble de détection comprend essentiellement une ou plusieurs unités de détection lorsque cela est approprié.

Les instruments utilisés pour la mesure des descendants du radon sont répertoriés dans la CEI 61577-1.

5.1 Ensemble de prélèvement d'air

Le but du prélèvement est de capter les aérosols portant les descendants du radon à vie courte, quelle que soit leur taille (fraction libre et attachée), présents dans l'échantillon d'air. Le circuit de prélèvement de l'air doit permettre le passage d'un débit d'air total adapté à la méthode de mesure utilisée.

4.4 Minimum detectable activity concentration

The required minimum detectable activity concentration will depend on the particular application. It shall, therefore, be agreed between manufacturer and purchaser. The manufacturer shall specify the achievable minimum detectable activity concentration of radionuclides of interest.

4.5 Check source

The check source supplied with the equipment shall be, wherever possible, designed in such a way as to be placed in the aerosol retention device with the same geometry as that of the detector filter system.

5 Technical characteristics

The technical characteristics of instrumentation to which this standard refers may be summarized in the following manner.

- It shall be capable of sampling a known volume of air (or at a known rate) through a sampling device that retains airborne radioactivity.
- It shall be capable of measuring the radioactivity retained over pre-determined time intervals during and/or after sampling.
- It may be either manually or automatically operated.
- It shall be capable of calculating and displaying radon decay product activity concentration and/or potential alpha energy activity concentration.

When the quantity is not directly measured but calculated, these calculations as well as the relevant uncertainty shall be described simply by the manufacturer. If the method for calculation is not well known, reference to the literature shall be given and principles shall be described.

The measurement cycle can be carried out both manually or with automated sequences.

The sample is counted on the spot or, more usually, is removed from the sampler and measured using a gross alpha/beta counter or alpha or gamma spectrometric techniques.

Instrumentation that provides field monitoring, for example, for radioprotection applications, shall be simple to operate, portable and protected against hostile environmental conditions.

The detection assembly essentially includes one or more radiation detection units, where appropriate.

A list of instruments used for measuring radon decay products is given in IEC 61577-1.

5.1 Air sampling subassembly

The purpose of sampling is to collect aerosols which carry short-lived radon decay products, whatever their size may be (unattached fraction and attached fraction), contained in the air sample. The air sampling circuit shall allow a total air flow-rate adequate for the measurement method.

L'ensemble de prélèvement d'air comprend quelques-uns ou tous les sous-ensembles et fonctions suivants:

- entrée de prélèvement;
- dispositif de rétention des aérosols;
- pompe à air;
- dispositif d'échappement;
- dispositifs de réglage du débit d'air.

Il est recommandé de prévoir la connexion du dispositif de prélèvement à un STAR.

5.1.1 Entrée du prélèvement

Un dispositif d'échantillonnage ouvert et un dispositif pour changer le filtre sont recommandés. Sinon, le dispositif de prélèvement doit être conçu pour minimiser les pertes d'aérosols.

L'instrument doit être conçu de telle façon que les variations de débit et de volume prélevé n'engendrent pas de variation des limites de détection. De plus, l'incertitude sur le résultat final doit rester dans les limites établies par le constructeur.

Les caractéristiques techniques d'échantillonnage doivent respecter les normes ISO et CEI relatives à la façon d'échantillonner les aérosols.

5.1.2 Dispositif de rétention des aérosols

Il est recommandé d'utiliser un dispositif conçu pour recevoir des filtres à haute performance ayant un niveau d'auto-absorption faible pour la radioactivité prélevée. Le fabricant doit préciser le type de filtre.

Le filtre doit être facile d'accès pour pouvoir l'enlever rapidement sans endommager le détecteur.

On doit s'assurer que le joint d'étanchéité autour du filtre est bien en place pour limiter les fuites d'air entre le filtre et le porte-filtre.

5.1.3 Pompe à air

La pompe à air doit pouvoir subir les variations de pression induites par les conditions de fonctionnement, la durée de prélèvement, les types de filtres, le colmatage causé par la masse des poussières atmosphériques, etc.

Si la pompe à air fait partie intégrante d'un ensemble, elle doit être placée en aval de tout filtre et/ou détecteur.

Il est recommandé d'utiliser une pompe qui puisse fonctionner en continu entre les interventions de maintenance prévues.

Lorsque la méthode de mesure est sensible au débit, une pompe volumétrique à débit constant ou un système régulateur (c'est-à-dire un contrôleur de débit massique) doit être utilisée pour limiter les variations du débit d'air causées par d'éventuelles chutes de pression dans le circuit de prélèvement.

The air sampling subassembly, includes part or all of the following function units:

- sampling inlet;
- aerosol retention device;
- air pumping device;
- exhaust device;
- air flow-rate measuring device.

Provisions to connect the sampling unit to a STAR are recommended.

5.1.1 Air sampling inlet

An open sampling device and a filter-changing device are recommended. Otherwise, the sampling device shall be designed to minimize particle losses.

The equipment shall be designed in such a way that fluctuations in flow rate and sampled volume do not induce variations which involve variations in detection limits. In addition, the uncertainty on the final result shall remain within the limits stated by the manufacturer.

The technical characteristics of the sampling device shall comply with ISO and IEC standards on the way to sample aerosols.

5.1.2 Aerosol retention device

It is recommended that the device be designed for use with high-efficiency filters with low self-absorption for the radioactivity to be detected. The manufacturer shall state the type of filter.

Access to the filter shall be designed so as to permit fast and easy removal without risk of damage to the detection device.

Attention shall be given to the air seal around the filter so as to minimize leakage between the filter and the filter holder.

5.1.3 Air pumping device

The air pump shall be capable of withstanding the variations of pressure induced by operating conditions, sampling time, filter types, atmospheric dust mass contributing to blockage, etc.

Where an air pump is an integral part of any assembly, it shall be placed downstream from any filter and/or measuring unit.

It is recommended that the air pump be capable of continuous operation between scheduled maintenance operations.

Where the measurement technique is sensitive to flow rate, a constant displacement type pump or regulating system (i.e. mass flow-rate controller) shall be used so that the air flow is only slightly affected by the variation of pressure drops in the air sampling circuit.

5.1.4 Dispositif d'échappement

La sortie d'air doit être située loin de l'entrée d'air pour éviter un recyclage.

5.1.5 Dispositifs de réglage du débit d'air

Le débitmètre fourni doit être à lecture directe.

Lorsque la mesure est donnée par un débitmètre massique, les conditions de température et de pression doivent aussi être mesurées afin de pouvoir calculer le volume prélevé.

5.2 Ensemble de mesure

L'ensemble de mesure doit être composé des éléments ou fonctions suivants qui sont conçus pour mesurer les grandeurs associées au rayonnement ionisant:

- détecteur de rayonnement;
- instruments de mesure électroniques;
- affichage et dispositif de sortie de mesures.

5.2.1 Détecteur de rayonnement

Cet ensemble détecte les désintégrations des descendants du radon captés sur le média de prélèvement. L'efficacité de comptage de l'ensemble de détection doit être optimisée tant du point de vue de l'efficacité de détection que, si nécessaire, de la résolution spectrométrique.

Une contamination du détecteur peut entraîner un bruit de fond plus élevé et une fenêtre d'épaisseur équivalente totale plus élevée. Des précautions doivent être prises pour protéger la surface du détecteur contre la contamination d'aérosols quand l'instrument ne fonctionne pas. A chaque fois que cela est possible, la tête du détecteur doit être protégée par un écran mince, facile à remplacer, placé devant la fenêtre du détecteur ou bien utiliser un détecteur à fenêtre renforcée permettant le nettoyage.

5.2.2 Instruments de mesure électroniques

Ces instruments sont équipés de fonctions pour l'acquisition des signaux fournis par le détecteur ainsi que pour le traitement de ces signaux par des dispositifs de traitement et affichage.

Dans le cas des instruments qui utilisent le comptage alpha total, la dégradation en énergie des particules émises de la surface du filtre ne doit pas descendre sous la limite de détection en énergie.

Pour les instruments basés sur la spectrométrie alpha, une correction doit être fournie qui prend en compte le recouvrement des pics pour la fraction des particules alpha des descendants du ^{214}Po (7,7 MeV) qui sont enregistrées dans la fenêtre du ^{218}Po (6,0 MeV).

5.2.3 Affichage et dispositif de sortie des mesures

L'affichage doit être facile à lire dans différentes conditions d'éclairage ambiant. L'unité de mesure doit être clairement affichée à l'écran. En plus de l'affichage à l'écran de la grandeur mesurée, l'indication du fonctionnement de l'instrument doit être assurée par un indicateur marche/arrêt. Si la méthode de mesure l'exige, le débit de prélèvement doit être indiqué.

L'activité volumique des descendants du radon doit être affichée en $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ et/ou l'énergie alpha potentielle volumique en $\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$ ou sous-multiples. Les unités sont spécifiées dans les conditions de température et de pression normales. Il convient que l'affichage montre aussi l'incertitude de mesure.

5.1.4 Exhaust device

The outlet port shall be placed away from the inlet port to avoid recirculation of air.

5.1.5 Air flow-rate measuring device

A direct-reading type of flow-rate meter shall be provided.

When measurement results in a mass flow rate, the temperature and pressure conditions shall also be measured in order to allow the computation of the sampling volume.

5.2 Measurement subassembly

The measurement subassembly shall include the following parts or function units designed to measure quantities connected with ionizing radiation:

- radiation detection unit;
- electronic measuring devices;
- measurement display and output devices.

5.2.1 Radiation detection unit

This subassembly detects the decays of radon decay products trapped in the sampling media. The counting efficiency of the detection unit shall be optimized taking into account detection efficiency and spectrometric resolution, if needed.

Contamination of the detector may increase the background and the total equivalent window thickness. Precautions shall be taken to protect the detector surface from airborne contamination, when the instrument is not in use. Wherever possible the detector head shall be protected by an exchangeable thin screen in front of the detector window, or a ruggedized solid-state detector may be used.

5.2.2 Electronic measuring devices

These devices comprise the functional units for the acquisition of signals supplied by the detector and treatment of these signals by processing and display devices.

For instruments based on alpha counting, the alpha energies from particles on the filter shall not be degraded below the energy detection limit.

For instruments based on alpha spectrometry, a correction shall be provided to compensate for peak overlapping from the fraction of ^{214}Po alpha decays (7,7 MeV) recorded in the energy window of the ^{218}Po peak (6,0 MeV).

5.2.3 Measurement display and output devices

The display device shall be easily readable in different ambient conditions. The measurement units shall be clearly marked on the display. In addition to the visual display of the measured value, operational indication shall be provided with a power on/off indicator. If needed by the measurement method, flow-rate indication shall be provided.

The display shall show the radon decay products activity concentration in $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ and/or the volume potential alpha energy in $\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$ or submultiples. The units are specified in standard conditions of temperature and pressure. The display should show the uncertainty of the measurement as well.

Il convient que l'instrument soit pourvu d'une sortie des données permettant un affichage à distance et l'utilisation d'un ou de plusieurs des dispositifs suivants:

- affichage;
- enregistreur de données;
- imprimante;
- ordinateur;
- ou d'autres périphériques via le port des données.

L'instrument peut être équipé d'un seuil préréglé d'avertissement en cas de dépassement d'une activité volumique de descendant du radon et/ou d'énergie alpha potentielle volumique programmée. Il convient que le niveau du seuil soit réglable.

Par accord entre le fabricant et l'utilisateur, un port série RS-232, ou équivalent, doit être utilisé pour la programmation à distance des paramètres de réglage et l'envoi des données à un terminal, imprimante ou ordinateur.

5.3 Unité de contrôle

L'unité de contrôle doit comprendre les parties ou fonctions suivantes:

- dispositions pour le contrôle du fonctionnement,
- unité de pilotage automatique;
- indicateurs de fonctionnement.

5.3.1 Dispositions prévues pour les essais de fonctionnement

Des dispositifs doivent être fournis pour permettre à l'utilisateur de réaliser un contrôle régulier du bon fonctionnement de l'ensemble. Ces dispositifs doivent être généralement mis en place pour permettre de réaliser les contrôles à partir de l'ensemble de détection et de contrôle.

Il doit être possible de vérifier l'étalonnage de l'ensemble en deux points représentatifs dans la gamme de mesure. Ce contrôle doit être réalisé en utilisant une source radioactive appropriée pour vérifier au moins un de ces points. Le deuxième point d'étalonnage peut être vérifié de façon électronique.

5.3.2 Unité de pilotage automatique

En accord entre le fabricant et l'utilisateur, les ensembles de contrôle et de mesure doivent être associés à un système automatique de pilotage.

Cette unité assure le fonctionnement automatique de tout l'instrument en conformité avec la méthode prescrite par le fabricant.

5.3.3 Unité de commande électrique

Cette unité de fonctions est composée des commandes qui démarrent les autres éléments.

5.4 Sous-ensemble d'alimentation

Le sous-ensemble d'alimentation doit comprendre les éléments suivants:

- système d'alimentation de la pompe à air;
- système d'alimentation «contrôle et mesure»;
- alimentation et contrôle électrique.

Data outputs should be provided permitting remote indication and use of one or more of the following devices:

- display;
- data recorder;
- printer;
- computer;
- or other devices via data port.

The instrument may be equipped with a preset threshold level to give the warning that the radon decay product activity concentration and/or the volume potential alpha energy exceeds a pre-determined value. The preset threshold level should be adjustable.

By agreement between manufacturer and user, an RS-232 serial port, or equivalent, shall be used to remotely programme set-up parameters and send output data to a terminal, printer or computer.

5.3 Control subassembly

The control subassembly shall include the following parts or function units:

- provisions for operational testing;
- automatic operation unit;
- operational indicators.

5.3.1 Provisions for operational testing

Facilities shall be provided to allow the user to ensure satisfactory operation of the assembly. These facilities shall normally be installed so as to allow checks to be carried out from the control and detection assembly.

It shall be possible to check the calibration of the assembly at two representative points on the measurement range. This check shall be carried out using a suitable radioactive source in order to check at least one point. The second calibration point may be checked electronically.

5.3.2 Automatic operation unit

By agreement between manufacturer and user, the control and measurement assembly shall be associated with an automatic work unit.

This unit provides for the automatic operation of the whole instrument, according to the method implemented, as specified by the manufacturer.

5.3.3 Electrical control unit

This function unit comprises the control units for switching other parts into operation.

5.4 Power supply subassembly

The power supply subassembly shall include the following parts:

- air pump power supply system;
- "control and measurement" power supply system;
- electrical control and power supply units.

L'instrument doit être pourvu d'un indicateur visuel de mesure, de dépassement de capacité et d'état de charge des batteries ainsi que d'une sortie pour affichage à distance et unité de fonction.

5.5 Construction générale

L'ensemble de prélèvement et de mesure doit satisfaire, suivant le cas, aux exigences de transportabilité, d'autonomie de l'alimentation et par construction de résistance au choc et d'étanchéité à l'humidité dans la mesure où ces instruments seront utilisés dans des conditions d'humidité qui peuvent exister en extérieur, dans les sous-sols d'immeubles ou sur les lieux de travail.

L'instrument doit aussi être conforme aux normes nationales et internationales appropriées concernant les appareils électriques utilisés dans les habitations et sur les lieux de travail.

Quand l'instrument est conçu pour être utilisé dans une atmosphère explosible, il doit être conforme aux normes nationales et internationales appropriées.

Si l'ensemble est susceptible d'être utilisé dans des conditions exceptionnelles d'humidité, l'utilisateur doit définir ses exigences supplémentaires en ce qui concerne la protection contre l'humidité. L'ensemble doit alors satisfaire aux exigences de la CEI 60068, ou sinon faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

Un accord sera établi entre le fabricant et l'utilisateur pour toute exigence en matière de construction générale différente de celles précisées ci-dessus.

Il est souhaitable que les dimensions géométriques et la masse soient aussi petites que raisonnablement possible et elles doivent être précisées par le fabricant.

6 Procédures d'essai générales

6.1 Définition des conditions d'essai

Les procédures générales d'essai traitées dans la présente partie de la CEI 61577 concernent des appareils de mesure et moniteurs ayant différentes caractéristiques techniques. Sauf indication contraire, il faut considérer ces essais comme des 'essais de type'. Les exigences citées sont des exigences minimales et peuvent être modifiées pour s'adapter à un ensemble ou instrument particulier.

Certains essais peuvent être considérés comme des essais d'acceptation de routine après accord établi entre le fabricant et l'utilisateur.

Les essais de type doivent être réalisés sur au moins un instrument de la série et les essais de routine sur tous les instruments et ensembles.

Les essais décrits dans cette norme peuvent être classés selon qu'ils sont réalisés dans les conditions normales d'essai ou dans d'autres conditions.

Les essais doivent être réalisés en prenant en compte les procédures résumées dans la CEI 61577-1.

6.2 Caractéristiques à l'essai

Les essais réalisés dans les conditions d'essai normalisées sont répertoriés dans le tableau 2. Cette liste indique, pour chaque caractéristique à l'essai, les exigences selon le paragraphe dans lequel la méthode d'essai correspondante est décrite.

The device shall be provided with a visual measurement signal, an overload and low battery indicator and an output for remote indication and function unit.

5.5 General construction

The sampling and measuring assembly shall fulfil, when appropriate, requirements of transportability, autonomy of power supply, shock- and humidity-proof construction, since these instruments are to be used in the humid conditions which may exist outdoors, in basements of buildings or in workplaces.

The instrument shall also comply with the appropriate national and international standards for electrical equipment used in living and working environments.

Where the instrument is intended for use in an explosive atmosphere, it shall comply with the appropriate national and international standards.

If the assembly is likely to be used in exceptionally damp conditions, the user shall state any additional requirements regarding protection against dampness. The assembly shall then satisfy the requirements of IEC 60068, or otherwise agreement between manufacturer and user.

Requirements for general construction that are different from those stated above should be agreed between manufacturer and purchaser.

It is recommended that weight and geometrical dimensions be as small as reasonably practicable and they shall be stated by the manufacturer.

6 General test procedures

6.1 Definition of test conditions

General test procedures covered in this part of IEC 61577 concern meters and monitors with different technical characteristics. Except where otherwise specified, these are to be considered as "type tests". The stated requirements are minimum requirements and may be extended for any particular equipment or function unit.

Certain tests may be considered as acceptance tests by agreement between manufacturer and purchaser.

Type tests shall be carried out on at least one instrument of the series and routine tests shall be performed on each equipment and assembly.

The tests described in this standard may be classified according to whether they are performed under standard test conditions or under other conditions.

Tests shall be carried out taking into account the procedures outlined in IEC 61577-1.

6.2 Characteristics under test

The tests which are performed under standard test conditions are listed in table 2. This list indicates, for each characteristic under test, the requirements according to the subclause in which the corresponding test method is described.

6.3 Conditions d'essai normalisées

Sauf indication contraire, les essais décrits dans cette norme doivent être réalisés dans les conditions d'essai normalisées. L'heure, la date, la température, la pression et l'humidité relative doivent être enregistrées.

Les conditions d'essai normalisées sont indiquées dans le tableau 1. Elles représentent les valeurs et les tolérances des différentes grandeurs d'influence pour les essais réalisés sans variation de ces valeurs.

6.4 Les essais réalisés avec une variation des grandeurs d'influence

L'objet de ces essais est de déterminer les effets des variations des grandeurs d'influence (tableau 1). Les essais sont groupés en trois catégories: les essais relatifs à l'ensemble de détection (instruments de mesure et d'indication), en utilisant des sources de référence solides, les essais relatifs à l'ensemble de prélèvement (circuit d'air) et les essais relatifs aux ensembles de détection et de prélèvement, conformément aux procédures indiquées dans la CEI 61577-1.

Pour tester les effets de variations de chaque grandeur d'influence, toutes les autres grandeurs d'influences doivent être maintenues dans les limites de conditions d'essai normalisées données dans le tableau 1, à moins qu'il y ait d'autres exigences.

Pour simplifier les essais, pour chaque grandeur d'influence qui exerce un effet, un seul essai doit être réalisé, qui analysera la précision de la réponse de l'ensemble pour une seule source de référence. Pour chaque grandeur d'influence, il n'est nécessaire d'effectuer que des essais concernant l'erreur intrinsèque relative, en utilisant des sources solides d'essais de référence ou des atmosphères de référence en radon dans le STAR dans la gamme d'activité volumique des descendants du radon de $50 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$ à $500 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$.

Le tableau 3 indique les essais relatifs à l'ensemble de détection et aux ensembles de détection et de prélèvement, avec la gamme de variation de chaque grandeur d'influence.

Le tableau 4 montre les essais du circuit d'air avec la gamme de variation de chaque grandeur d'influence et les limites des variations correspondantes des paramètres à l'essai.

D'autres aspects des performances de l'ensemble ne doivent être soumis à l'essai avec la variation des grandeurs d'influence que si l'on considère que les essais spécifiés dans le tableau 3 ne donneront pas une indication représentative, après accord établi entre le fabricant et l'utilisateur.

Pour simplifier ces essais, pour chaque grandeur d'influence considérée individuellement, il n'est nécessaire de réaliser qu'un seul essai de type. Ces essais sont conçus pour être des essais par échantillonnage, le nombre d'ensembles prélevés faisant l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

6.5 Fluctuations statistiques

Lorsque l'on utilise des rayonnements ionisants pour l'essai, la nature aléatoire de la radioactivité représente une part significative de la valeur indiquée par l'instrument.

Il convient d'effectuer un nombre suffisant de mesures, au moins 10, pour s'assurer que la valeur moyenne de ces lectures puisse être estimée avec une précision suffisante pour démontrer la conformité avec l'essai concerné. Il convient que les intervalles de temps entre de telles lectures soient suffisamment longs pour que celles-ci soient statistiquement indépendantes.

6.3 Standard test conditions

Unless otherwise specified, the tests described in this standard shall be performed under standard test conditions. The values of time, date, temperature, pressure and relative humidity shall be recorded.

The standard test conditions are shown in table 1. These represent values and tolerances of the various influence quantities, for tests carried out with no variation of these values.

6.4 Tests performed with variation of the influence quantities

The object of these tests is to determine the effects of variation of influence quantities (table 1). The tests are grouped in three categories: tests relating to the detection assembly (measurement and indication devices), using solid reference sources, tests relating to the sampling assembly (air circuit) and tests relating to the detection and sampling assemblies according to the procedures outlined in IEC 61577-1.

In order to test the effects of variation of each influence quantity, all the other influence quantities shall be maintained within the limits of the standard test conditions given in table 1, unless there are other requirements.

In order to simplify tests, for each influence quantity which has an actual effect, a single test shall be carried out covering the accuracy of the response of the instrument for a single reference source. For each influence quantity, only tests concerning the relative intrinsic error need to be performed, using solid reference sources or using reference radon atmospheres in the STAR in the $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ radon decay product range.

Table 3 shows the tests relating to the detection assembly and the detection and sampling assemblies, with the range of variation of each influence quantity.

Table 4 shows the tests of the air circuit, with the range of variation of each influence quantity and the limits of the corresponding variations of the parameter under test.

Other aspects of the performance of the assembly shall be tested with the variation of influence quantities only if it is considered that the tests specified in table 3 will not give a representative indication, by agreement between manufacturer and user.

In order to simplify these tests, for each individual influence quantity, only one single type test needs to be performed. These tests are intended as sampling tests, the number of assemblies sampled being fixed by agreement between manufacturer and purchaser.

6.5 Statistical fluctuation

When using ionizing radiation for testing, the random nature of radioactivity is an important part of the instrument indications.

A sufficient number of measurements, at least 10, should be taken to guarantee that the average value of these indications is sufficiently precise to assure the conformity to the relevant test. The intervals between such indications should be long enough to guarantee that the indications are statistically independent.

7 Sources d'essai

7.1 Généralités

Les essais des instruments de mesure des descendants du radon et/ou de l'énergie alpha potentielle sont souvent effectués en utilisant des sources de référence solides qui sont composées d'un radionucléide bien défini dont l'activité est connue de façon précise: par exemple, les sources solides électrodéposées de radionucléides artificiels.

Les sources dont il s'agit sont utilisées dans les procédures d'essai de l'ensemble de détection. Les essais doivent être réalisés avec des sources solides d'activité appropriées à l'instrument.

Les essais qui utilisent de telles sources permettent en principe de vérifier le bon fonctionnement des circuits électroniques utilisés pour l'analyse, depuis le détecteur jusqu'à l'affichage.

Cependant, ces essais peuvent s'avérer insuffisants car les sources utilisées ne sont pas assez représentatives du phénomène réel de mesure des descendants du radon en suspension dans l'air.

- La gamme d'énergies globale ne peut pas être complètement contrôlée en utilisant les radionucléides artificiels car la gamme de l'énergie maximale des particules alpha émises par les radionucléides artificiels ne dépasse pas 5,8 MeV, soit moins que les énergies alpha des descendants du radon.
- L'influence des facteurs environnementaux sur la réponse de ces instruments de mesure ne peut pas être contrôlée avec des sources artificielles.
- La perte de particules pendant l'échantillonnage ne peut pas être évaluée en utilisant des sources artificielles.
- Certains instruments, qui mesurent l'activité volumique des descendants du radon, utilisent des traitements de données manuels ou informatiques basés sur les lois de la décroissance radioactive des descendants du radon. Ces algorithmes ne peuvent pas être contrôlés en utilisant des sources de radionucléides artificiels à vie longue.

Ces essais doivent être réalisés en utilisant des sources radioactives de référence et des atmosphères radioactives de référence produites par un STAR, avec variation des grandeurs d'influence, suivant les procédures décrites dans la CEI 61577-1.

7.2 Sources de référence solides

Les sources alpha de référence doivent normalement être fournies en utilisant les ^{244}Cm , ^{239}Pu ou ^{241}Am . Des sources bêta de référence doivent aussi être fournies en utilisant les $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{137}Cs ou ^{204}Tl .

Des sources solides de descendants du radon créées avec un dépôt de ^{226}Ra sont décrites en 3.27 de la CEI 61577-1.

Un accord peut être établi entre le fabricant et l'acheteur concernant l'utilisation d'autres sources de rayonnement de référence.

Le taux d'émission conventionnellement vrai des sources de référence doit être tel que les fluctuations statistiques causées seulement par la nature aléatoire du rayonnement ne provoquent pas de variations significatives dans la lecture de l'instrument.

7 Test sources

7.1 General

Tests of instruments for measuring radon decay products and/or potential alpha energy are often carried out using solid reference sources consisting of well-defined radionuclides whose activity is accurately known. Examples of radiation sources include electro-deposited solid sources of artificial radionuclides.

The sources under consideration apply to the testing procedures of the detection assembly. The tests shall be carried out with solid sources of activity appropriate to the equipment.

The tests using such sources make it possible, in principle, to check the correct operation of the electronic circuits used for analysis starting from the detector through the display device.

However, these tests may be deficient because these testing procedures are insufficiently representative of the real measurement process of airborne radon decay products.

- The overall energy range cannot be tested using the artificial radionuclides because the maximum energy range of alpha particles emitted by the artificial radionuclides does not exceed 5,8 MeV, which is lower than alpha energies of radon decay products.
- The influence of environmental factors on the response of these measuring devices cannot be tested with artificial sources.
- The loss of particles during sampling cannot be evaluated using artificial sources.
- Some instruments which measure the volume concentrations of radon decay products, use manual or automated data processing based on radioactive decay of radon decay products. These algorithms cannot be checked using long-lived artificial sources.

These tests have to be conducted using reference radioactive sources and reference radioactive atmospheres created with a STAR, with variations of the influence quantities, according to the procedures outlined in IEC 61577-1.

7.2 Solid reference sources

Reference alpha sources shall normally be provided using ^{244}Cm , ^{239}Pu or ^{241}Am . Reference beta sources shall also be provided using $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$, ^{137}Cs or ^{204}Tl .

Solid sources of radon decay products generated with a deposit of ^{226}Ra are described in 3.27 of IEC 61577-1.

Alternative reference radiation sources may be used by agreement between manufacturer and purchaser.

The conventionally true emission rate of the reference sources shall be such that the statistical fluctuations, arising from the random nature of radiation alone, do not produce significant variations in the instrument readout.

Pour les essais caractérisant les performances, des sources de référence ayant des taux d'émission adéquats doivent être demandées. Les dimensions de la surface active de ces sources doivent être toutes identiques et il est préférable que celles-ci soient identiques à l'aire de dépôt actif sur le filtre utilisé dans la position statique. Lorsque des sources de référence ayant les mêmes dimensions que le dépôt actif collecté sur le filtre ne sont pas disponibles, le fabricant doit préciser les dimensions des sources et les méthodes à utiliser pour corriger la différence due aux dimensions.

Ces sources ne doivent pas être contaminées par une radioactivité externe et doivent être conçues pour minimiser l'auto-absorption du rayonnement.

Le taux d'émission des sources de référence doit être connu avec une précision meilleure que $\pm 5\%$ et doit être défini selon le taux d'émission conventionnellement vrai. Les erreurs relatives observées pour les différents essais s'ajoutent à celles qui sont obtenues dans la détermination du taux d'émission conventionnellement vrai de sources de référence. La traçabilité des sources d'essai doit permettre de remonter à un laboratoire de référence connu.

7.3 Sources de vérification

Une source doit être fournie pour chaque instrument pour vérifier la constance de ses performances pendant l'utilisation. Cette source doit être de construction robuste et doit donner une lecture d'une amplitude suffisante pour éliminer presque entièrement les fluctuations statistiques.

7.4 Atmosphères de référence

Afin de contrôler les ensembles de mesure et de prélèvement, les essais de performance en rayonnement d'un instrument sont réalisés en utilisant une atmosphère de référence dans les conditions d'essai normalisées.

Pour les besoins de cette norme, les paramètres de base caractérisant une atmosphère de référence d'un STAR sont décrits en 6.3 de la CEI 61577-1.

8 Liste des essais

8.1 Réponse de référence

En ce qui concerne les essais des ensembles de mesure des rayonnements, des essais de performances sont effectués dans des conditions d'essai normalisées avec une atmosphère de référence.

8.2 Essais de qualification

Des essais de qualification sont réalisés pour vérifier que les exigences de cette norme sont respectées.

Les essais de qualification incluent à la fois les essais de type et les essais de routine.

8.2.1 Essais de type

Les essais de type doivent être effectués en utilisant des activités volumiques en radon et en descendants du radon comprenant au moins un point dans chacune des gammes suivantes: $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, $2\,500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $5\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ et plus de $25\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Les essais de type doivent être réalisés en tenant compte du champ d'application de l'instrument à l'essai. Les essais doivent être effectués à l'aide de procédures d'essai selon l'accord établi entre le fabricant et l'utilisateur.

For tests related to the performance characteristics, reference sources of appropriate emission rate shall be required. The dimensions of the active surface of these sources shall all be the same, and it is desirable that these be the same as the area of active deposit on the filter used in the static position. When reference sources of the same dimensions as the active deposit collected on the filter are not available, the manufacturer shall state the source dimensions and the methods to be used to correct the difference in size.

These sources shall be free from external radioactive contamination and shall be designed so that self-absorption of radiation is minimized.

The emission rate of the reference sources shall be known with an accuracy better than $\pm 5\%$ and shall be defined according to the conventionally true emission rate. The relative errors observed for the different tests are in addition to those obtained in the determination of the conventionally true emission rate of the reference sources. The test sources shall be traceable to a recognized reference laboratory.

7.3 Check sources

A source shall be provided for each instrument to check the constancy of its performance during use. This source shall be of robust construction and shall cause a reading of sufficient magnitude to virtually eliminate statistical fluctuations.

7.4 Reference atmospheres

For the purpose of testing the measurement and sampling assemblies, tests of the radiation performance of an equipment are undertaken using a reference atmosphere under standard test conditions.

For the purpose of this standard, the basic parameters which characterize a standard reference atmosphere of a STAR are described in 6.3 of IEC 61577-1.

8 Test nomenclature

8.1 Reference response

For the purpose of testing the measurement assembly, radiation performance tests are undertaken under standard test conditions using reference atmosphere.

8.2 Qualification tests

Qualification tests are performed in order to verify that the requirements of this standard are fulfilled.

Qualification tests include both type tests and routine tests.

8.2.1 Type tests

The type tests shall be performed using radon and radon decay product activity concentrations including at least one point in each of the following ranges: $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, $2\,500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $5\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, and greater than $25\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

The type tests shall be performed taking into account the applications of the apparatus under test. The tests shall be performed using testing procedures based on agreement between manufacturer and user.

8.2.2 Essais de routine

Les essais de routine doivent être réalisés sur au moins un point de la gamme dépendant du champ d'application de l'instrument à l'essai.

Les essais de routine doivent être réalisés en un point de la gamme de $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ d'activité volumique en descendants du radon.

8.2.3 Essai électronique

Lorsqu'une injection d'impulsions électroniques au taux de comptage approprié est utilisée, la forme et la durée des impulsions injectées doivent être similaires à celles qui sont délivrées par l'ensemble de détection en réponse au rayonnement. L'erreur intrinsèque relative doit être inférieure ou égale à $\pm 5 \%$.

8.3 Expression des résultats

8.3.1 Erreur intrinsèque relative

Les résultats des essais doivent être exprimés comme l'erreur intrinsèque relative E .

8.3.2 Coefficient de variation

L'effet de la fluctuation statistique doit être illustré par le coefficient de variation V .

9 Exigences concernant les performances sous rayonnement et les essais

9.1 Réponse aux sources de référence solides

Pour les essais concernant l'ensemble de détection, les essais des performances sous rayonnement sont réalisés dans les conditions normales d'essai en utilisant des sources solides adaptées aux activités réelles à mesurer.

9.1.1 Exigences

Ces essais sont réalisés dans des conditions d'essai normalisées et sans débit d'air.

Le fabricant doit préciser le rapport entre la lecture donnée par l'instrument de mesure et l'activité de la source de référence solide quand l'instrument fonctionne dans des conditions normalisées et est mis en œuvre selon les instructions du fabricant.

Dans des conditions d'essai normalisées, les réglages d'étalonnage étant effectués selon les instructions du fabricant, l'erreur intrinsèque relative E ne doit pas dépasser les limites données dans le tableau 2 sur toute la gamme de mesure.

9.1.2 Méthode d'essai

L'ensemble doit fonctionner dans des conditions d'essai normalisées et être mis en œuvre selon les instructions du fabricant en l'absence d'un rayonnement de référence. La lecture du bruit de fond doit être enregistrée.

Les essais doivent être réalisés avec des sources de référence solides qui ont des taux d'émission appropriés à l'instrument concerné. La source de référence doit être positionnée selon les instructions du fabricant à l'emplacement du médium de prélèvement (comme un filtre). Plus d'une source de référence seront nécessaires pour traiter toute la gamme d'activités indiquées par l'ensemble de mesure.

8.2.2 Routine tests

The routine tests shall be performed at least at one point in the range depending on the application field of the device under test.

The routine tests shall be performed at one point in the range from $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ of radon decay products activity concentration.

8.2.3 Electronic test

When electronic pulse injection of the appropriate counting rate is used, the shape and duration of the injected pulses shall be similar to those delivered by the detection unit in response to radiation. The relative intrinsic error shall be less or equal to $\pm 5 \%$.

8.3 Expression of results

8.3.1 Relative intrinsic error

The results of the tests shall be expressed as the relative intrinsic error E .

8.3.2 Coefficient of variation

The effect of statistical fluctuation can be illustrated by the coefficient of variation V .

9 Radiation performance requirements and tests

9.1 Response to solid reference sources

For the purpose of testing the detection assembly, radiation performance tests are carried out under standard test conditions using solid sources, appropriate to the actual activities to be measured.

9.1.1 Requirements

These tests are carried out under standard test conditions and without air flow.

The manufacturer shall state the relationship between the reading given by the instrument and the activity of the solid reference source when the equipment is operated under standard conditions and set up as defined by the manufacturer.

Under standard test conditions, with the calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the relative intrinsic error E shall not exceed the limits given in table 2 over the whole effective range of measurements.

9.1.2 Test method

The instrument shall be operated under standard test conditions and set up as defined by the manufacturer with no reference radiation present. The background reading shall be noted.

The tests shall be performed with solid reference sources with an emission rate appropriate to the equipment concerned. The reference source shall be in a position defined by the manufacturer in the place of the sampling medium (such as a filter). More than one reference source will be required in order to cover the complete effective range of activities indicated by the measuring assembly.

Un essai de type doit être réalisé sur au moins un des instruments de la série et un essai de routine doit être effectué sur chaque instrument.

9.2 Réponse aux atmosphères de référence d'un STAR

Aux essais des ensembles de détection s'ajoutent des essais sur les caractéristiques des performances des instruments dont la réponse est susceptible d'être modifiée par des facteurs environnementaux et instrumentaux qui doivent être réalisés en utilisant une atmosphère de référence normalisée d'un STAR. Ces procédures d'essai doivent être appliquées en conformité avec les exigences générales exposées dans la CEI 61577-1.

Les procédures d'essai dépendent à la fois des caractéristiques techniques de l'instrument à l'essai et du STAR. Pour chaque cas, la méthode à appliquer résulte d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

Les principaux facteurs qui peuvent modifier la réponse de l'instrument à l'activité volumique des descendants du radon sont: le dépôt sur les surfaces, le facteur d'équilibre, la granulométrie et la concentration des aérosols, les paramètres climatiques, la géométrie et les propriétés aérodynamiques des dispositifs de prélèvement.

Les essais doivent être relatifs aux performances des ensembles de prélèvement et de détection.

Les essais doivent être réalisés dans des laboratoires de référence reconnus en utilisant un STAR qui fournit des atmosphères radon de référence normalisées.

9.2.1 Exigences

Le fabricant doit préciser le rapport entre l'indication donnée par l'ensemble de détection et l'activité volumique d'un descendant individuel du radon dans l'atmosphère de référence quand l'instrument fonctionne dans des conditions normalisées et est mis en œuvre selon les instructions du fabricant.

Dans des conditions d'essai normalisées et avec les réglages d'étalonnage effectués selon les instructions du fabricant, l'erreur intrinsèque relative E ne doit pas dépasser les limites données dans le tableau 2 sur toute la gamme de mesure.

Les conditions de l'exposition doivent simuler les conditions ambiantes habituelles en ce qui concerne la teneur en poussières, l'humidité et l'activité volumique du radon et des descendants du radon.

Le fabricant doit préciser l'activité minimale détectable dans des conditions d'essai normalisées.

Il sera nécessaire d'utiliser plus d'une atmosphère normalisée en descendants du radon pour traiter toute la gamme utile d'activités indiquées par l'ensemble de mesure.

Les essais doivent être réalisés en tenant compte du champ d'application de l'instrument à l'essai. Les ensembles de détection et de prélèvement doivent être exposés à des atmosphères d'essai appropriées dans des conditions d'essai normalisées.

9.2.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être réalisés dans des chambres environnementales qui fournissent des atmosphères de référence en utilisant des STARs.

A type test shall be carried out on at least one equipment of the series and one routine test shall be performed on each instrument.

9.2 Response to reference atmospheres of a STAR facility

In addition to the tests of the detection assembly, tests of the performance characteristics of equipment whose response may be influenced by environmental and instrumental factors shall be conducted using the standard reference atmospheres of a STAR facility. These testing procedures shall apply according to the general requirements outlined in IEC 61577-1.

The testing procedures depend both on the technical characteristics of the instrument under test and of the STAR facility. The method to be applied in each specific case is agreed between manufacturer and purchaser.

The main factors which may influence the response of the equipment to the activity concentration of radon decay products include: plate-out on surfaces, degree of equilibrium, aerosol size distribution and concentration, climatic parameters, geometrical design and aerodynamic properties of sampling devices.

The tests shall relate to the performances of the sampling and detection assemblies.

Tests shall be carried out in recognized reference laboratories using the STAR testing facilities which provide standard radon reference atmospheres.

9.2.1 Requirements

The manufacturer shall state the relationship between the reading given by the detection assembly and the individual decay product activity concentration in the reference atmosphere when the equipment is operated under standard conditions and set up as defined by the manufacturer's instructions.

Under standard test conditions, with the calibration controls adjusted according to the manufacturer's instructions, the relative intrinsic error E shall not exceed the limits given in table 2 over the whole of the effective range of measurements.

The exposure conditions shall simulate standard ambient conditions with respect to dust content, humidity and radon decay product activity concentration.

The manufacturer shall state the minimum detectable activity under standard test conditions.

More than one standardized radon decay product atmosphere will be required in order to cover the complete effective range of activities indicated by the measuring assembly.

The tests shall be performed taking into account the application field of the apparatus under test. The detection and sampling assemblies shall be exposed to suitable test atmosphere under standard test conditions.

9.2.2 Test method

Tests shall be carried out using environmental chambers which provide reference atmospheres of STARS.

Les tableaux de l'annexe C de la CEI 61577-1 résument la gamme de fonctionnement d'un STAR (tableau C.1), les conditions d'essai de référence et normalisées (tableau C.2), et la gamme de variation de l'ensemble des grandeurs d'influence dans un STAR (tableau C.3).

L'instrument doit être exposé à une atmosphère de référence adéquate pour donner une valeur entre $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ et $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ d'activité volumique en descendants du radon ou, après accord entre le constructeur et l'acheteur, des valeurs inférieures ou supérieures. La valeur de R_{ref} doit être déterminée.

Dans le cas des instruments qui mesurent l'activité collectée par un dispositif de prélèvement, les chambres d'essai peuvent fonctionner selon deux conditions d'exposition différentes:

- des essais où le dispositif de prélèvement reste à l'extérieur du STAR;
- des essais où le dispositif de prélèvement reste à l'intérieur du STAR.

Les conditions de l'exposition feront l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur en tenant compte des caractéristiques de l'instrument à l'essai.

Avant de commencer l'échantillonnage, l'activité volumique en radon est ajustée pour obtenir les activités volumiques en descendants du radon. Si la réponse de l'instrument à l'essai dépend du facteur d'équilibre F , cette valeur doit être ajustée au niveau requis (par exemple 0,5). Parce que les variations de température et d'humidité modifient F , les conditions climatiques du STAR doivent normalement rester constantes. L'activité volumique du radon et des descendants du radon de la chambre d'exposition doit être relevée à intervalles adéquats (par exemple au moins une fois toutes les heures).

Les instruments à tester sont mis en œuvre selon les instructions du fabricant. La lecture du bruit de fond doit être enregistrée. L'ensemble doit alors être exposé à une atmosphère de référence appropriée à la gamme de mesure. L'intervalle de variation des grandeurs d'influence à utiliser pour les essais doit être établi selon le tableau 3.

L'ensemble de prélèvement doit fonctionner dans des conditions d'essai normalisées et être mis en œuvre selon les instructions du fabricant.

Le temps d'exposition des instruments de prélèvement des descendants du radon ne doit pas être inférieur à la durée de prélèvement recommandée par le fabricant pour chaque méthode de mesure utilisée.

Après obtention d'une lecture constante sur l'instrument à l'essai, la valeur de la réponse de référence R_{ref} doit être déterminée.

10 Exigences concernant les performances environnementales et essais

10.1 Généralités

De plus, des essais sur les caractéristiques des performances des instruments dont la réponse est modifiée par des facteurs environnementaux doivent être réalisés en utilisant des atmosphères de référence. La précision de la réponse de l'instrument à l'activité volumique des descendants du radon et/ou à l'énergie alpha potentielle volumique peut être influencée par plusieurs facteurs, considérés comme grandeurs d'influence, comme par exemple la température, l'humidité relative et la pression (voir tableau 3). Le fabricant doit préciser le rapport entre l'indication donnée par l'ensemble de mesure et l'activité volumique d'un descendant du radon et/ou l'énergie alpha potentielle volumique dans l'atmosphère de référence quand l'instrument fonctionne dans des conditions d'essai normalisées avec variation des grandeurs d'influence.

The tables in annex C of IEC 61577-1 summarize the working range of a STAR (table C.1), the reference and standard test conditions (table C.2), and the range of variation of the overall influence quantities in a STAR (table C.3).

The instrument shall be exposed to an appropriate reference atmosphere sufficient to give a reading between $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ and $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ of radon decay product activity concentration or lower or higher if agreed between purchaser and manufacturer. The value of R_{ref} shall be determined.

For instruments measuring activity collected on a sampling device the test facilities can be operated under two different exposure conditions:

- tests with the sampling device kept outside the STAR;
- tests with the sampling device kept inside the STAR.

The testing conditions will be agreed between manufacturer and purchaser taking into account the technical characteristics of instruments under test.

Before starting sampling, the radon activity concentration is adjusted in order to obtain activity concentrations of radon decay products. If the response of the equipment under test is dependent on the equilibrium factor F , its value shall be adjusted to the required level (for example 0,5). Because the temperature and moisture controls affect F , the STAR is normally left at stationary climatic conditions. The radon and radon decay product activity concentration of the exposure facilities shall be monitored at appropriate intervals (for example, each hour at least).

The instruments to be tested are set up as defined by the manufacturer. The background reading shall be noted. The assembly shall be exposed to a reference atmosphere, appropriate to the measurement range. The interval of the influence quantities to be used for the tests shall be established on the basis of table 3.

The sampling assembly shall be operated under standard test conditions and set up as defined by the manufacturer.

The exposure period of sampling devices shall be not less than the recommended sampling duration established by the manufacturer for each measuring method implemented.

After reaching a constant reading on the instrument under test, the value of reference response R_{ref} shall be determined.

10 Environmental performance requirements and tests

10.1 General

Additional tests of performance characteristics of instruments whose response is influenced by environmental factors shall be conducted using reference atmospheres. The accuracy of response of the instrument to radon decay product activity concentration and/or potential alpha energy concentration, may be influenced by several factors, considered as influence quantities, for example, temperature, relative humidity and pressure (see table 3). The manufacturer shall state the relationship between the indication given by the instrument and radon decay product activity concentration and/or potential alpha energy concentration of a reference atmosphere when the equipment is operated under standard test conditions with variation of influence quantities.

10.2 Réponse au rayonnement gamma ambiant

Certains instruments peuvent être sensibles au rayonnement gamma ambiant et il se peut que la lecture soit modifiée si un rayonnement gamma est présent.

L'importance de la présence de cet effet et son acceptabilité dépendront de l'application et de la forme de l'appareillage et doivent être précisés pour chaque type d'application.

10.2.1 Exigences

L'instrument doit être conçu pour minimiser l'influence du rayonnement gamma externe sur les résultats des mesures. La réponse de l'instrument au rayonnement gamma externe doit être précisée par le fabricant.

Le fabricant doit, dans tous les cas, préciser l'activité minimale détectable de descendants du radon ou d'énergie alpha potentielle volumique dans des conditions d'essai normalisées.

Les lectures de l'instrument de mesure dues au rayonnement gamma ambiant ne doivent pas dépasser les valeurs répertoriées dans le tableau 3.

10.2.2 Méthode d'essai

En utilisant une source gamma par exemple une source de ^{137}Cs ou ^{60}Co , positionner la source par rapport au détecteur de sorte que la distance entre la source et le détecteur soit d'au moins 2 m et que le débit de dose absorbée conventionnellement vrai dans l'air à l'emplacement du détecteur soit entre $1 \mu\text{Gy h}^{-1}$ et $10 \mu\text{Gy h}^{-1}$ (tableau 3).

10.3 Température ambiante

10.3.1 Exigences

Sur toute la gamme de températures spécifiées dans le tableau 3, l'indication doit rester dans les limites spécifiées dans ce tableau.

10.3.2 Méthode d'essai

L'instrument doit être exposé à des sources de radon dans des conditions d'essai normalisées pour d'autres caractéristiques environnementales que la température ambiante.

Il convient que cet essai soit effectué dans un STAR. En général, il n'est pas nécessaire de contrôler l'humidité de l'air dans le STAR à moins que l'instrument ne soit particulièrement sensible aux changements d'humidité.

La mesure commencera après avoir atteint l'équilibre thermique et sera effectuée pendant une durée dépendant des caractéristiques de l'instrument.

La température doit être maintenue pendant au moins 1 h à chacune des valeurs extrêmes et l'indication de l'instrument mesurée pendant les 30 dernières minutes de cette période pour la comparer à la lecture faite dans des conditions normales d'essai.

10.4 Humidité relative

10.4.1 Exigences

La variation de l'indication due à l'effet de l'humidité relative doit rester dans les limites spécifiées au tableau 3.

Cette variation doit rester faible dans les conditions de très forte humidité qui sont susceptibles d'exister, par exemple, dans les mines souterraines.

10.2 Response to ambient gamma radiation

Some instruments may be sensitive to external gamma-radiation and this radiation may affect the reading.

The extent to which this effect is present and is acceptable will depend on the application and the form of the assembly and shall be specified for each type of application.

10.2.1 Requirements

The instrument shall be designed in such a way that the external gamma-radiation influence on the measurement result is minimized. The instrument response to the external gamma-radiation shall be stated by the manufacturer.

The manufacturer shall, in any case, state the minimum detectable activity for radon decay product and/or potential alpha energy concentration under standard test conditions.

The readings of the measurement assembly due to the ambient gamma radiation field shall not exceed the values listed in table 3.

10.2.2 Test method

Using a gamma source, for example ^{137}Cs - or ^{60}Co -source, position the source relative to the detector so that the source to detector distance is at least 2 m and the conventionally true absorbed dose rate in air at the detector position is equal to between $1\ \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ and $10\ \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ (table 3).

10.3 Ambient temperature

10.3.1 Requirements

Over the range of temperatures specified in table 3, the indication shall remain within the limits specified in that table.

10.3.2 Test method

The instrument shall be exposed to radon test sources under standard test conditions for environmental characteristics other than ambient temperature.

This test should normally be carried out in a STAR. It is not in general necessary to control the humidity of the air in the STAR, unless the equipment is particularly sensitive to changes in humidity.

The measurement will begin after thermal steady state has been reached and will be carried on for a duration depending on the instrument characteristics.

The temperature shall be maintained at each of its extreme values for at least 1 h and the indication of the instrument measured during the last 30 min of this period and compared with the reading under standard test conditions.

10.4 Relative humidity

10.4.1 Requirements

The variation of the indication due to the effect of relative humidity shall be within the limits specified in table 3.

This variation has to remain low in extremely humid conditions which may exist for example in underground mines.

10.4.2 Méthode d'essai

Cet essai peut être réalisé à une seule température de 30 °C, et avec une humidité allant jusqu'à 90 %, l'instrument étant en équilibre thermique. La variation permise de ± 10 % dans l'indication comme spécifiée dans le tableau 3 s'ajoute aux variations permises qui sont dues à la température seule.

10.5 Pression atmosphérique

L'influence de la pression atmosphérique n'est significative que pour certains types d'instrument. Dans ce cas, la pression atmosphérique à laquelle tous les essais sont réalisés et les effets des variations de pression atmosphérique doivent être précisés par le fabricant.

Si nécessaire, des essais doivent être réalisés à d'autres valeurs de la pression atmosphérique.

11 Exigences concernant les performances électriques et essais

11.1 Fluctuations statistiques

11.1.1 Exigences

En raison de la nature aléatoire du rayonnement, les indications du dispositif sont susceptibles de fluctuer autour d'une valeur moyenne. Le coefficient de variation dû aux fluctuations aléatoires doit être inférieur à 10 %.

Le fabricant doit fournir des informations concernant la méthode de détermination du coefficient de variation.

11.1.2 Méthode d'essai

Exposer l'appareil de mesure à une atmosphère appropriée STAR correspondant à une indication entre 50 Bq m^{-3} et 500 Bq m^{-3} d'activité volumique en descendants du radon. Relever un minimum de 10 lectures de l'indication à des intervalles de temps assurant que chaque lecture soit statistiquement indépendante des autres. Calculer la valeur moyenne et le coefficient de variation de toutes les lectures enregistrées.

11.2 Alimentation

11.2.1 Fonctionnement sur piles ou batteries

11.2.1.1 Exigences

Si l'instrument est prévu pour fonctionner avec des piles ou des batteries, il est recommandé qu'elles assurent une autonomie d'au moins 10 h. On doit prévoir sur la face de l'appareil une indication claire de l'état de charge des piles ou batteries pour s'assurer que les performances de l'ensemble restent conformes aux exigences de cette norme. Un état de charge faible des piles ou des batteries doit être clairement indiqué. Les piles ou batteries doivent pouvoir être remplacées individuellement et la bonne polarité doit être clairement indiquée sur l'ensemble par le fabricant.

Lorsque l'alimentation est fournie par des piles ou des batteries, les capacités de celles-ci doivent permettre d'obtenir, après 10 h d'utilisation en continu, une indication de l'ensemble qui ne varie pas de la valeur initiale de plus de 10 % dans des conditions de référence. Si des batteries rechargeables sont utilisées, il doit être possible de les recharger en 16 h.

10.4.2 Test method

The test may be performed at a single temperature of 30 °C, and humidity up to 90 %, the apparatus being in thermal steady state. The permitted variation of ± 10 % in the indication as specified in table 3 is in addition to the permitted variations due to temperature alone.

10.5 Atmospheric pressure

The influence of the atmospheric pressure is significant only for some type of instruments. In this case the atmospheric pressure at which tests are carried out and the effects of variation in atmospheric pressure shall be stated by the manufacturer.

Representative tests at other atmospheric pressures shall be performed if required.

11 Electrical performance requirements and tests

11.1 Statistical fluctuation

11.1.1 Requirements

Owing to the random nature of radiation, the indications of the measuring device may fluctuate about a mean value. The coefficient of variation due to random fluctuations shall be less than 10 %.

The manufacturer shall provide information about the method of determining the coefficient of variation.

11.1.2 Test method

Expose the instrument to an appropriate STAR atmosphere corresponding to an indication between $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ and $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ of radon decay product activity concentration. Take a minimum of 10 readings of the indication at time intervals which ensure each reading is statistically independent from each other. Calculate the mean value and the coefficient of variation of all the readings recorded.

11.2 Power supply

11.2.1 Battery operation

11.2.1.1 Requirements

If the instrument is intended to be battery operated it is recommended that batteries should ensure at least 10 h in operation. Facilities shall be provided with battery check indication, clearly marked on the instrument panel, to ensure that the performance of the instrument will remain within the requirements of this standard. Low capacity of the batteries shall be clearly indicated. Batteries shall be individually replaceable and the correct polarity shall be clearly indicated on the assembly by the manufacturer.

When power is supplied by batteries, the capacity of these shall be such that after 10 h of continuous use, the indication of the instrument shall not differ from the initial value by more than 10 % in reference conditions. If rechargeable batteries (secondary batteries) are used, it shall be possible to recharge the batteries in 16 h.

11.2.1.2 Essai de fonctionnement des piles et batteries

On doit utiliser des piles ou des batteries du type indiqué par le fabricant pour réaliser cet essai. Prendre la valeur moyenne d'un nombre suffisant de lectures obtenues d'une source donnée. Faire fonctionner l'ensemble en continu pendant au moins 10 h dans le cas des piles (non rechargeables) et 12 h pour les batteries (rechargeables). A la fin de cette période de temps enregistrer encore une fois suffisamment de lectures et confirmer que celles-ci ne varient pas de la valeur moyenne initiale de plus de 10 %.

11.2.2 Fonctionnement sur secteur

Si l'instrument est conçu pour fonctionner sur secteur, il doit fonctionner sur une alimentation monophasée.

11.3 Variation de l'alimentation

11.3.1 Exigences

Les ensembles doivent pouvoir fonctionner avec une tolérance de tension d'alimentation de $\pm 10\%$ dans une gamme de fréquences d'alimentation conforme aux normes nationales sans que l'indication ne varie de plus de 10 % de l'indication dans des conditions d'essai normalisées.

11.3.2 Méthode d'essai

Utiliser une atmosphère de référence pour donner une lecture entre $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ et $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ d'activité volumique des descendants du radon. La tension et la fréquence affichant leurs valeurs nominales, prendre la moyenne d'un nombre suffisant de lectures.

Prendre la moyenne d'un nombre suffisant de lectures consécutives avec l'alimentation à la fréquence nominale et la tension à 10 % au-dessus de la valeur nominale et la moyenne d'un nombre suffisant de lectures consécutives avec l'alimentation à la fréquence nominale et la tension à 10 % au-dessous de la valeur nominale. Ces valeurs moyennes ne doivent pas varier de plus de $\pm 10\%$ de celles obtenues avec une tension d'alimentation nominale.

11.4 Temps de préchauffage

11.4.1 Exigences

La durée maximale de la mise à l'équilibre thermique nécessaire pour obtenir les conditions de performances normalisées est indiquée dans le tableau 1.

Le fabricant doit indiquer le temps de réponse de l'instrument.

En outre, l'ensemble exposé à l'atmosphère de référence doit donner une lecture qui ne varie pas de plus de $\pm 10\%$ de la valeur obtenue dans des conditions normalisées (tableau 3) après avoir été mis sous tension ou selon l'accord établi entre le fabricant et l'utilisateur.

11.4.2 Méthode d'essai

Utiliser une atmosphère de référence pour donner une indication entre $50 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ et $500 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ d'activité volumique en descendants du radon.

Prendre suffisamment de lectures à des intervalles appropriés après l'exposition initiale de l'instrument à une atmosphère de référence sans faire d'ajustement sur l'instrument. Le temps de réponse doit être inférieur ou égal à celui qui est indiqué par le fabricant.