

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61577-2

Première édition
First edition
2000-10

**Instrumentation pour la radioprotection –
Instruments de mesure du radon
et des descendants du radon –**

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

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

**Part 2:
Specific requirements for radon
measuring instruments**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61577-2:2000

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**

61577-2

Première édition
First edition
2000-10

**Instrumentation pour la radioprotection –
Instruments de mesure du radon
et des descendants du radon –**

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

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

**Part 2:
Specific requirements for radon
measuring instruments**

© IEC 2000 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	10
2 Références normatives.....	10
3 Définitions.....	12
4 Caractéristiques générales	14
4.1 Gamme de mesure.....	14
4.2 Activité volumique minimale détectable	14
4.3 Source de référence.....	14
5 Caractéristiques techniques	16
5.1 Ensemble de détection du rayonnement	16
5.2 Dispositif de prélèvement d'air	16
5.3 Filtre à aérosols	16
5.4 Dispositif de séchage d'air	16
5.5 Dispositions prévues pour les essais de fonctionnement.....	18
5.6 Circuit de traitement du signal	18
5.7 Affichage et dispositif de sortie des informations	18
5.8 Sous-ensemble d'alimentation.....	18
5.9 Construction générale	18
6 Procédures générales d'essai.....	20
6.1 Définition des conditions d'essai.....	20
6.2 Conditions d'essai normalisées	20
6.3 Essais réalisés avec une variation des grandeurs d'influence	20
6.4 Fluctuation statistique	22
7 Sources d'essai.....	22
7.1 Généralités.....	22
7.2 Sources spéciales.....	24
7.3 Sources de vérification.....	24
7.4 Atmosphères de référence	24
8 Liste des essais	24
8.1 Réponse de référence.....	24
8.2 Essais de qualification.....	24
8.3 Expression des résultats	26
9 Exigences concernant les performances sous rayonnement et les essais.....	26
9.1 Réponse aux sources spéciales	26
9.2 Réponse aux atmosphères de référence.....	26
10 Exigences concernant les performances environnementales et les essais.....	28
10.1 Généralités	28
10.2 Réponse au rayonnement gamma ambiant	28
10.3 Température ambiante	30

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
Clause	
1 Scope and object	11
2 Normative references	11
3 Definitions	13
4 General characteristics	15
4.1 Range of measurement	15
4.2 Minimum detectable volume activity	15
4.3 Reference source	15
5 Technical characteristics	17
5.1 Radiation detection unit	17
5.2 Air-pumping device	17
5.3 Aerosol retention device	17
5.4 Air-drying device	17
5.5 Provisions for operational testing	19
5.6 Signal processing circuit	19
5.7 Measurement display and output device	19
5.8 Power supply subassembly	19
5.9 General construction	19
6 General test procedures	21
6.1 Definition of test conditions	21
6.2 Standard test conditions	21
6.3 Tests performed with variation of the influence quantities	21
6.4 Statistical fluctuation	23
7 Test sources	23
7.1 General	23
7.2 Special sources	25
7.3 Check sources	25
7.4 Reference atmospheres	25
8 Test nomenclature	25
8.1 Reference response	25
8.2 Qualification tests	25
8.3 Expression of results	27
9 Radiation performance requirements and tests	27
9.1 Response to special sources	27
9.2 Response to reference atmospheres	27
10 Environmental performance requirements and tests	29
10.1 General	29
10.2 Response to ambient gamma radiation	29
10.3 Ambient temperature	31

Articles	Pages
10.4 Humidité relative	30
10.5 Pression atmosphérique.....	30
11 Exigences concernant les performances électriques et les essais	32
11.1 Fluctuation statistique	32
11.2 Alimentation.....	32
11.3 Variation de l'alimentation	34
11.4 Temps de mise à l'équilibre thermique	34
11.5 Temps de réponse	34
12 Exigences concernant les performances mécaniques et les essais	34
12.1 Choc mécanique	34
13 Documentation.....	36
13.1 Rapport d'essais de type	36
13.2 Certificat d'identification	36
14 Manuel d'utilisation et de maintenance	36
Tableau 1 – Conditions de référence et conditions d'essai normalisées (sauf indication contraire du fabricant).....	38
Tableau 2 – Essais réalisés dans des conditions d'essai normalisées	38
Tableau 3 – Essais réalisés avec une variation des grandeurs d'influence.....	38

Clause	Page
10.4 Relative humidity.....	31
10.5 Atmospheric pressure	31
11 Electrical performance requirements and tests	33
11.1 Statistical fluctuation	33
11.2 Power supply	33
11.3 Power supply variation	35
11.4 Warm-up time	35
11.5 Response time	35
12 Mechanical performance requirements and tests	35
12.1 Mechanical shock.....	35
13 Documentation.....	37
13.1 Type test report.....	37
13.2 Identification certificate	37
14 Operation and maintenance manual	37
Table 1 – Reference conditions and standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer)	39
Table 2 – Tests performed under standard test conditions.....	39
Table 3 – Tests performed with variation of influence quantities.....	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – INSTRUMENTS DE MESURE DU RADON ET DES DESCENDANTS DU RADON –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique 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 61577-2 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/269/FDIS	45B/283/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 2004. 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 2: Specific requirements for radon 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 61577-2 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 of voting
45B/269/FDIS	45B/283/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 2004. 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 et aux systèmes d'essai avec atmosphères contenant du radon (STAR) ¹⁾. Cette série comprend les parties suivantes:

Partie 1: Règles 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 ²⁾

Partie 4: Instruments de mesure rapide de l'énergie alpha potentielle dans les mines ³⁾

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

³⁾ 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 ²⁾

Part 4: Instruments for rapid measurement of potential alpha energy in mines ³⁾

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⁾ To be published.

³⁾ Under consideration. Presently available under reference IEC 61263.

INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION – INSTRUMENTS DE MESURE DU RADON ET DES DESCENDANTS DU RADON –

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

1 Domaine d'application et objet

Les prescriptions de la présente partie de la CEI 61577 sont applicables aux instruments de mesure de l'activité volumique du radon sous forme gazeuse. Cette partie s'applique aux instruments de mesure du radon sur les lieux de travail, dans les habitations, à l'extérieur et dans les sols. La méthode de mesure dépend de l'objectif précis visé mais les prescriptions concernent des instruments d'utilisation générale qui seront utilisés pour la radioprotection ou pour des applications de recherche.

Cette norme s'applique à tous les types d'instruments de mesure du radon qui utilisent des méthodes basées sur des prélèvements instantanés, des mesures en continu ou par intégration. L'activité peut être mesurée en continu en faisant passer l'air qui contient le radon à travers le détecteur, soit à l'aide d'une pompe, soit par diffusion, ou bien l'activité d'un prélèvement d'air peut être mesurée à un moment précis (prélèvement instantané).

L'objet de cette partie de la CEI 61577 est de spécifier les principales caractéristiques de fonctionnement des instruments destinés à la mesure de l'activité volumique du radon sous forme gazeuse, leur méthode d'essai spécifique et les prescriptions relatives à la documentation.

Il y a lieu d'utiliser cette partie de la CEI 61577 avec la CEI 61577-1.

2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 61577. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 61577 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de l'ISO et de la CEI possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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*

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

Part 2: Specific requirements for radon measuring instruments

1 Scope and object

The requirements of this part of IEC 61577 are applicable to instruments for measuring airborne radon volume activity. This part is applicable to instruments used to measure radon in work places, in dwellings, outdoors and in soil. The method of measurement depends on the exact objective but the requirements are for general purpose instruments to be used for radiological protection or research applications.

This standard applies to all types of radon measuring instruments that are based on grab sampling, continuous and integrated methods. The activity can be measured continuously by pumping or by diffusing the air containing radon into the detector or at a particular moment by measuring the activity of an air sample (grab sampling).

The purpose of this part of IEC 61577 is to specify the main performance characteristics of instruments intended for measurement of airborne radon volume activity, their specific method of testing and documentation requirements.

This part is to be used with IEC 61577-1.

2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 61577. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 61577 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of ISO and IEC maintain registers of currently valid International Standards.

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*

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

CEI 60181A:1965, *Premier complément*

CEI 61187:1993, *Equipements de mesures électriques et électroniques – Documentation*

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

CEI 61577-4, *Instrumentation pour la radioprotection – Instruments de mesure du radon et des descendants du radon – Partie 4: Instruments de mesure rapide de l'énergie alpha potentielle dans les mines* ¹⁾

3 Définitions

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

3.1

valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

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

3.2

erreur intrinsèque relative

erreur intrinsèque relative E , exprimée en pourcentage, donnée par le rapport:

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

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:

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

3.4

réponse de référence R_{ref}

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

¹⁾ A l'étude – Disponible actuellement sous la référence CEI 61263.

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

IEC 60181A:1965, *First supplement*

IEC 61187:1993, *Electrical and electronic measuring equipment – Documentation*

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

IEC 61577-4, *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 4: Instruments for rapid measurements of potential alpha energy in mines*¹⁾

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

relative intrinsic error E , expressed as a percentage, 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:

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

3.4

reference response R_{ref}

response R_{ref} of the instrument under standard test conditions to the reference source activity

¹⁾ Under consideration – Presently available under reference IEC 61263.

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 à l'équilibre, ou pour les ensembles intégrateurs (pente), 90 % de la valeur à l'équilibre de la première dérivée de l'indication, relativement au temps

4 Caractéristiques générales

Pour mesurer l'activité volumique du radon, plusieurs méthodes de mesure peuvent être utilisées et beaucoup d'instruments différents sont disponibles dans le commerce. Un résumé de certains aspects de caractère général concernant les principes physiques impliqués et les performances des instruments est présenté dans la CEI 61577-1.

Les méthodes de mesure les plus utilisées sont la chambre d'ionisation, la fiole scintillante ou le détecteur solide avec précipitation électrostatique.

Dans la plupart des méthodes de mesure l'air doit être filtré avant de pénétrer dans le détecteur pour en enlever d'éventuels descendants du radon.

Pour la mesure instantanée de l'activité volumique du radon, des prélèvements instantanés sont réalisés. Un volume d'air à mesurer peut être prélevé, en remplissant soit un récipient qui aura été préalablement vidé, soit un récipient à circulation en continu, puis en le refermant. Le radon dans le récipient de prélèvement est alors transféré dans la chambre de mesure qui est soit une chambre d'ionisation soit une fiole scintillante. Dans certains cas, les fioles scintillantes elles-mêmes sont utilisées comme récipient de prélèvement.

Pour mesurer la variation de l'activité volumique du radon, des méthodes de mesure en continu sont utilisées. Dans la plupart des préleveurs en continu, l'air est aspiré dans une fiole scintillante ou une chambre d'ionisation à flux continu ou bien l'air pénètre par diffusion dans le détecteur. Des détecteurs solides de rayonnement peuvent être aussi utilisés pour réaliser une surveillance en continu de l'activité volumique du radon.

La détermination de la concentration du radon peut être influencée par des changements dans le débit d'air. L'humidité de l'air peut modifier l'efficacité de certains détecteurs et les instruments peuvent être équipés de systèmes pour sécher l'air.

L'instrumentation conçue pour la surveillance sur site doit être facile d'utilisation, portable et protégée contre les intempéries.

4.1 Gamme de mesure

L'instrument de mesure du radon doit fournir la valeur de l'activité volumique du radon sous forme gazeuse. Dans le cadre de cette norme, la gamme de mesure de l'activité volumique du radon présent dans l'air doit couvrir au moins une gamme de $10^2 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $10^5 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Quelles que soient les conditions de mesure (à l'extérieur, à l'intérieur, en sous-sol), l'instrument doit pouvoir mesurer sur toute la gamme d'activité pour laquelle il est conçu.

4.2 Activité volumique minimale détectable

L'activité volumique minimale détectable requise dépendra de l'application en question. Un accord entre le fabricant et l'acheteur doit donc être établi sur ce point.

4.3 Source de référence

La source de référence doit être une source de radon ou une atmosphère de radon (STAR) qui est traçable à un étalon reconnu.

3.5

response time

time delay between 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 General characteristics

To measure radon volume activity, several methods of measurement can be used and many different instruments are commercially available. General aspects of the physical principles involved and of the instrument performances have been summarized in IEC 61577-1.

The methods of measurement normally used are the ionization chamber, scintillation flask or solid state detector with electrostatic precipitation.

Most of the measurement methods require the air to be filtered to remove radon decay products before entering the detector.

For instantaneous measurement of radon volume activity, grab sampling methods are used. A sample of the air to be measured may be collected by filling a container, either one that has been previously evacuated or a flow-through type, and resealing the container. The radon from the sampler is then transferred to the measuring chamber, which may be an ionization chamber or a scintillation flask. In some cases, scintillation flasks themselves are used as samplers.

To measure the variation of radon volume activity, continuous measurement methods are used. In most continuous monitors, the air is drawn through a scintillation flask or a flow-through ionization chamber or the air diffuses into the detector. Solid state detectors may also be used to monitor radon volume activity continuously.

The determination of the radon concentration may be affected by changes in the flow rate. The air humidity may affect the efficiency of some detectors and the instruments can be provided with air drying systems.

Instrumentation that is intended to be used in field monitoring shall be simple to operate, portable and protected against hostile environmental conditions.

4.1 Range of measurement

The radon measurement instrument shall give a result of airborne radon volume activity. The range of measurement of airborne radon volume activity within which the requirements of this standard are met shall extend from $10^2 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $10^5 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ at least.

Whatever the measurement conditions (outdoor, indoor, underground), the instrument shall be able to measure all the ranges of activity it is designed for.

4.2 Minimum detectable volume activity

The required minimum detectable radon volume activity will depend on the particular application. It shall, therefore, be agreed between manufacturer and purchaser.

4.3 Reference source

The reference source shall be radon source or radon atmosphere (STAR) which is traceable to a recognized standard.

5 Caractéristiques techniques

L'instrument doit être composé d'un ou plusieurs ensembles de détecteurs de rayonnement et, le cas échéant, inclure certaines des fonctions suivantes, sinon toutes ces fonctions:

- détecteur de rayonnement;
- dispositif de prélèvement d'air;
- dispositif de rétention d'aérosols;
- système de séchage d'air;
- dispositif pour l'essai en fonctionnement;
- unité de traitement du signal;
- dispositif d'affichage des résultats de mesure;
- sous-ensemble d'alimentation;
- indicateurs de fonctionnement;
- seuil d'alarme pour donner un signal quand un niveau d'activité volumique du radon programmé est dépassé.

Lorsque les instruments comportent les fonctions répertoriées ci-dessus, ils doivent être en conformité avec les exigences qui suivent.

5.1 Ensemble de détection du rayonnement

Le rendement géométrique de détection du détecteur doit être aussi élevé que possible. Un détecteur contaminé par des radionucléides naturels émetteurs de rayonnement alpha (principalement des descendants du radon à vie longue) peut entraîner un bruit de fond élevé. La surface du détecteur doit être protégée de la contamination des aérosols quand l'instrument n'est pas en fonctionnement.

5.2 Dispositif de prélèvement d'air

Le dispositif de prélèvement d'air doit fournir un débit d'air total qui est approprié à la méthode de mesure. La pompe à air doit pouvoir subir les variations de pression induites par les conditions de fonctionnement, temps de prélèvement, types de filtre, dépôt de poussières atmosphériques contribuant au colmatage du filtre, etc. Les tuyaux et les connexions doivent être suffisamment étanches pour maintenir un débit d'air stable et empêcher les fuites. Quand une pompe à air fait partie intégrante de l'ensemble, il est recommandé qu'elle soit capable d'assurer un fonctionnement en continu entre les interventions de maintenance prévues. Il convient que le débit d'air soit stabilisé ou mesuré.

5.3 Filtre à aérosols

La plupart des instruments utilisent un filtre pour empêcher les descendants du radon de pénétrer dans le volume actif du détecteur. Le fabricant doit préciser le type de filtre à utiliser. Il convient que le filtre ne retienne pas le radon.

Il est recommandé que le dispositif soit conçu pour être utilisé avec un filtre à très haute efficacité (THE).

5.4 Dispositif de séchage d'air

Si l'efficacité du détecteur dépend de l'humidité de l'air prélevé, l'instrument peut être équipé d'un dispositif de séchage d'air (par exemple des dessiccants chimiques ou des dispositifs à effet Peltier à fonctionnement électrique). Il faut prendre soin de choisir un dessiccant qui n'absorbe pas le radon. Dans le cas d'utilisation d'un dessiccant chimique, sa durée de vie doit être précisée.

5 Technical characteristics

The instrument shall include one or more radiation detection units and, where appropriate, some or all of the following function units:

- radiation detection unit;
- air-pumping device;
- aerosol retention device;
- air-drying device;
- provisions for operational testing;
- signal processing unit;
- measurement display device;
- power supply sub-assembly;
- operational indicators;
- alarm threshold to give a signal when a predetermined radon volume activity level is exceeded.

Where instruments include the function units listed above, they shall conform to the following requirements.

5.1 Radiation detection unit

The geometrical efficiency of the detection unit shall be as high as possible. Contamination of the detector with naturally occurring alpha emitting radionuclides (mainly long-lived daughter products of radon) may result in higher background. Precautions shall be taken to protect the detector surface from airborne contamination when the instrument is not in use.

5.2 Air-pumping device

The air-pumping circuit shall provide a total air flow adequate for the measurement method. 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. Hoses and connections shall be sufficiently tight to maintain a stable flow rate and prevent leaks. Where an air pump is an integral part of the assembly it is recommended that the air pump be capable of continuous operation between scheduled maintenance operations. The flow rate should be stabilized or measured.

5.3 Aerosol retention device

Most instruments use a filter to prevent radon decay products from entering the detector active volume. The manufacturer shall state the type of filter. The filter should not retain radon.

It is recommended that the device be designed for use with HEPA (High Efficiency Particulate Aerosol) filter.

5.4 Air-drying device

If the detector efficiency is dependent on the humidity of the sampled air, the instrument may be equipped with an air drying device (for example chemical drying agents or electrically operated Peltier-elements). Care should be taken to choose a drying agent which does not absorb radon. When chemical drying agents are used, the life-time of the drying agent shall be clearly stated.

5.5 Dispositions prévues pour les essais de fonctionnement

Il convient que l'utilisateur dispose des moyens nécessaires pour lui permettre d'effectuer des contrôles réguliers du bon fonctionnement de l'instrument. La vérification doit être effectuée à l'aide d'une source radioactive ou d'une atmosphère de référence appropriée pour vérifier au moins un point sur chacune des décades.

5.6 Circuit de traitement du signal

Le circuit de traitement du signal comprend les fonctions utilisées pour l'acquisition des signaux émis par le détecteur et pour le traitement de ces signaux.

5.7 Affichage et dispositif de sortie des informations

L'écran affichera l'activité volumique du radon et son incertitude en $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. La gamme de mesure totale utile doit être appropriée à l'instrument et fera l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur. En général, au moins trois décades sont demandées.

L'unité de mesure doit être clairement indiquée sur l'affichage.

L'affichage doit être facile à lire dans différentes conditions ambiantes.

En sus de l'affichage de la grandeur mesurée, l'indication du fonctionnement de l'instrument doit être assurée par un indicateur arrêt/marche.

Si la méthode de mesure l'exige, il convient d'indiquer le débit d'air.

Des sorties de données doivent être fournies pour permettre un affichage à distance et la connexion d'un ou plusieurs des appareils suivants.

- affichage;
- enregistreur de données;
- imprimante;
- ordinateur;
- ou d'autres dispositifs via le port d'accès aux données.

L'instrument peut être équipé d'un seuil programmé qui avertit l'opérateur que l'activité volumique du radon a dépassé une valeur programmée. Il convient que le niveau du seuil programmé soit réglable.

5.8 Sous-ensemble d'alimentation

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

- système d'alimentation de la pompe à air, si applicable;
- système d'alimentation de l'ensemble «contrôle et mesure».

Les conditions d'alimentation doivent être stables pendant le contrôle et, en cas de panne, l'affichage doit être éteint.

5.9 Construction générale

L'instrument doit satisfaire aux exigences de transportabilité, de résistance aux chocs et à l'humidité si l'application concernée l'exige.

5.5 Provisions for operational testing

Facilities should be provided to allow the user to carry out a periodic check of the correct operation of the instrument. The checking shall be carried out using a suitable radioactive source or reference atmosphere in order to verify at least one point on each decade.

5.6 Signal processing circuit

The signal processing circuit comprises the functional units for acquisition of the signals supplied by the detector and processing of these signals.

5.7 Measurement display and output device

The display shall show the radon volume activity and its uncertainty in $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. The total effective range of measurement shall be appropriate to the purpose of the equipment and shall be agreed upon between manufacturer and purchaser. In general, at least three decades are required.

The measurement unit shall be clearly marked on the display.

The display device shall be easily readable in different ambient conditions.

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 should be provided.

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 volume activity exceeds a predetermined value. The preset threshold level should be adjustable.

5.8 Power supply subassembly

The power supply subassembly shall include the following parts:

- air pump power supply system if applicable;
- "control and measurement" power supply system.

The power supply conditions shall be kept steady during monitoring and in case of breakdown, the display shall be switched off.

5.9 General construction

The instrument shall fulfil the requirements of transportability and shock- and humidity proof construction if it is demanded by the application in question.

Si l'instrument est destiné à être utilisé dans une atmosphère explosible comme dans une mine souterraine, il doit être conforme aux normes appropriées nationales et internationales. Les exigences concernant les instruments à utiliser dans les mines souterraines sont présentées dans la CEI 61577-4.

Un accord doit être établi entre le fabricant et l'acheteur pour toute exigence en matière de construction générale qui diffère de ce qui est indiqué ci-dessus.

Si l'ensemble est destiné à être utilisé dans des conditions de forte humidité, l'utilisateur doit préciser les exigences concernant la protection contre l'humidité. L'ensemble doit alors satisfaire aux exigences de la CEI 60068, ou faire l'objet d'un accord établi entre le fabricant et l'utilisateur.

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

6 Procédures générales d'essai

6.1 Définition des conditions d'essai

Sauf indication contraire dans les paragraphes individuels, tous les essais requis par cette norme sont à considérer comme étant des essais de type. Les exigences précisées sont des exigences minimales et peuvent être modifiées pour s'appliquer à des appareils ou fonctions spécifiques.

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

Les essais de type doivent être réalisés sur au moins un instrument de la série et les essais de routine seront effectués sur chaque instrument et chaque ensemble.

Les essais décrits dans cette norme sont classés en fonction des conditions d'essai – conditions normalisées ou autres – dans lesquelles ils sont effectués.

6.2 Conditions d'essai normalisées

Les conditions d'essais normalisées pour le ^{222}Rn sont présentées dans le Tableau 1. Elles représentent les valeurs et tolérances des différentes grandeurs d'influence pour les essais qui sont effectués sans variation de ces valeurs.

Les essais qui sont réalisés dans des conditions d'essai normalisées sont répertoriés dans le Tableau 2, qui indique aussi, pour chaque caractéristique à l'essai, le paragraphe où la méthode d'essai correspondante est décrite.

6.3 Essais réalisés avec une variation des grandeurs d'influence

Les essais doivent être réalisés selon les procédures définies en 7.1 de la CEI 61577-1.

Les essais effectués avec une variation des grandeurs d'influence sont présentés dans le Tableau 3. L'objet de ces essais est de déterminer les effets des variations des grandeurs d'influence.

Pour tester les effets de la variation de chaque grandeur d'influence toutes les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues, sauf indication contraire, dans les limites des conditions d'essai normalisées données dans le Tableau 1.

When the instrument is intended for use in an explosive atmosphere, such as in underground mines, it shall comply with the appropriate national and international standards. Requirements for the instruments to be used in underground mines are presented in IEC 61577-4.

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

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

The mass and geometrical dimensions are recommended to be as small as reasonably practicable and shall be stated by the manufacturer.

6 General test procedures

6.1 Definition of test conditions

Unless otherwise specified in the individual subclauses, all the tests required by this standard are to be considered as type tests. The stated requirements are minimum requirements and may be extended for any particular equipment or function.

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

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

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

6.2 Standard test conditions

The standard test conditions for ^{222}Rn are shown in Table 1. These represent the values and tolerances of the various influence quantities for tests carried out with no variation of these values.

Tests which are performed under standard test conditions are listed in Table 2, which also indicates, for each characteristic under test, the requirements according to the subclause where the corresponding test method is described.

6.3 Tests performed with variation of the influence quantities

Tests shall be carried out according to the procedures outlined in 7.1 of IEC 61577-1.

The tests performed with variation of the influence quantities are presented in Table 3. The object of these tests is to determine the effects of variations of the influence quantities.

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.

Pour simplifier les essais de chaque grandeur d'influence, un seul essai sera réalisé sur la précision de la réponse de l'instrument à une seule source de référence. Pour chaque grandeur d'influence, seuls les essais concernant l'erreur intrinsèque relative doivent être effectués, en utilisant des atmosphères de référence de radon dans un STAR, ou de l'air issu d'un STAR, avec une activité volumique du radon allant de $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ jusqu'à $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Un essai concernant les autres aspects de la performance de l'ensemble avec variation des grandeurs d'influence n'est nécessaire que si l'on considère que les essais spécifiés dans le Tableau 3 ne donneront pas d'indication représentative. Des essais spécifiques pourront être définis en accord entre l'acheteur et le fabricant.

Pour simplifier ces essais, pour chaque grandeur d'influence, un seul essai de type est nécessaire. Ces essais sont des essais effectués par prélèvement, le nombre d'ensembles prélevés faisant l'objet d'un accord, sauf indication contraire, entre l'acheteur et le fabricant.

6.4 Fluctuation statistique

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, mais au moins dix, pour que la valeur moyenne des lectures soit suffisamment précise pour qu'une caractéristique donnée soit conforme aux prescriptions prédéfinies.

Il convient que les intervalles de temps entre de telles lectures soient suffisamment longs pour que celles-ci soient statistiquement indépendantes.

7 Sources d'essai

7.1 Généralités

Les essais des instruments de mesure du radon sont souvent réalisés avec des sources de référence solides ou gazeuses composées d'un radionucléide bien défini dont l'activité est connue avec précision. Par exemple des sources solides électrodéposées de ^{241}Am ou de ^{239}Pu sont utilisées pour l'essai de matériels utilisant la mesure d'émission alpha, les sources de ^{137}Cs , ou ^{90}Sr sont utilisées pour l'essai de matériels utilisant la mesure d'émission bêta, et les sources gazeuses de ^{85}Kr ou de ^{133}Xe sont utilisées pour l'essai de matériels utilisant l'ionisation des gaz comme moyens de détection.

Les essais qui utilisent de telles sources permettent en principe de vérifier le fonctionnement correct des circuits électroniques utilisés pour les analyses partant du détecteur jusqu'au dispositif d'affichage. Cependant, ces essais peuvent être insuffisants parce que les sources utilisées ne suffisent pas à représenter le phénomène réel à mesurer. L'utilisation de sources de vérification peut introduire des variations dans les conditions de mesure normales à cause des différences d'énergie et de géométrie. Il convient d'effectuer les essais et l'étalonnage d'un instrument de mesure du radon avec des atmosphères de référence.

Les possibilités d'effectuer de tels essais dépendent du type de détecteur et de la méthode de mesure utilisée dans l'instrument.

In order to simplify the tests for each influence quantity, a single test will 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 reference radon atmospheres in a STAR or using air obtained from a STAR with a radon volume activity from $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ up to $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$.

Other aspects of the performance of the assembly need to 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. Specific tests should be defined by agreement between the purchaser and the manufacturer.

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

6.4 Statistical fluctuation

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

A sufficient number of measurements, but at least ten, should be made to guarantee that the average value of these indications is sufficiently precise to assure that a certain characteristic meets the preset requirements.

The intervals between such indications should be long enough to guarantee that the indications are statistically independent.

7 Test sources

7.1 General

Tests of instruments for measuring radon are often carried out using solid or gaseous reference sources consisting of a well-defined radionuclide whose activity is accurately known. Examples include the electro-deposited solid sources of ^{241}Am or ^{239}Pu used for testing equipment using the measurement of alpha emission, the sources of ^{137}Cs or ^{90}Sr for testing equipment using the measurement of beta emission, and the gaseous sources of ^{85}Kr or ^{133}Xe used for testing equipment using the ionisation of gases as means of detection.

The tests using such sources make it possible, in principle, to check the correct operation of the electronic circuits used for analyses starting from the detector through the display device. However, these tests may be deficient because the sources used are insufficient in representing the real phenomenon to be measured. The use of check sources can introduce deviations from the normal measurement conditions due to differences in energy and geometry. Test and calibration of radon measuring instrument should be performed using reference atmospheres.

The possibilities for performing such tests depend on the type of detector and measurement method used in the instrument.

7.2 Sources spéciales

Dans le cas des instruments qui utilisent des cellules à scintillation, les essais peuvent être réalisés en utilisant des cellules spéciales hermétiques contenant des sels de ^{226}Ra comme sources de référence. Pour les instruments qui utilisent d'autres types de détecteurs, des essais d'étendue limitée peuvent en certains cas être réalisés en utilisant des sources de référence de ^{241}Am ou de ^{239}Pu . D'autres sources émettrices alpha ou bêta peuvent être utilisées pour tester les détecteurs et l'électronique.

7.3 Sources de vérification

Des sources de vérification sont utilisées pour vérifier le bon fonctionnement de l'appareil et pour contrôler sa stabilité, son fonctionnement en continu, et l'impact des facteurs d'influence. Des sources, telles que celles décrites en 7.1, de taille appropriée peuvent être utilisées à cet effet. Il convient d'utiliser un support pour que la position de la source par rapport au détecteur soit fixe.

La lecture de la source de vérification doit être relevée après chaque étalonnage. Cette lecture est utilisée ultérieurement lors de la vérification du bon fonctionnement de l'instrument.

La forme de la source de vérification dépend de la méthode de mesure utilisée. Dans le cas des instruments pour lesquels une source de vérification est appropriée, la source de vérification peut être, par exemple, une cellule de scintillation qui contient un sel de ^{226}Ra .

7.4 Atmosphères de référence

Les caractéristiques techniques des atmosphères de référence sont décrites en 6.3 de la CEI 61577-1. En ce qui concerne la présente norme, les paramètres de base qui caractérisent une atmosphère de référence sont l'activité volumique du radon et les facteurs climatiques (humidité, température et pression).

8 Liste des essais

8.1 Réponse de référence

En ce qui concerne les essais des ensembles de mesure du rayonnement, 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 effectués pour vérifier que les exigences de cette norme sont respectées.

Les essais de qualification sont soit des essais de type soit des essais de routine.

8.2.1 Essais de type

Les essais de type doivent être effectués en utilisant des activités volumiques du radon comprenant au moins un point dans chacune des gammes suivantes: $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, $5\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $10\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, supérieure à $50\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Les essais doivent être effectués à l'aide d'une atmosphère de référence selon l'accord établi entre le fabricant et l'acheteur.

7.2 Special sources

For instruments using scintillation cells, tests can be carried out using special, sealed cells containing ^{226}Ra salt as reference sources. For instruments using other types of detectors, limited function tests can in some cases be made using ^{241}Am or ^{239}Pu reference sources. Other special alpha or beta emitting sources may be used to test detectors and electronics.

7.3 Check sources

Check sources are used to check the operability of the apparatus, as well as for carrying out the tests for stability, continuous operating time, and the influence of the influence factors. Sources, as those described in 7.1, of appropriate size may be used for these purposes. A holder should provide a fixed position for the source relative to the detector.

The check source reading shall be taken after each calibration. This reading is later used when checking the operability of the instrument.

The form of the check source is dependent on the measurement method used. In those instruments with which a check source can be used, the check source may be for example a scintillation cell containing ^{226}Ra salt.

7.4 Reference atmospheres

The technical characteristics of the reference atmospheres are described in 6.3 of IEC 61577-1. For the purpose of this standard the basic parameters which characterize a reference atmosphere are radon volume activity and climatic factors (humidity, temperature and pressure).

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 a reference atmosphere.

8.2 Qualification tests

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

Qualification tests are divided into type tests and routine tests.

8.2.1 Type tests

The type tests shall be performed using radon volume activities including at least one point in each of the following ranges: $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, $5\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ to $10\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, greater than $50\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. The tests shall be performed using a reference atmosphere as agreed between manufacturer and purchaser.

8.2.2 Essais de routine

Les essais de routine seront effectués en un point dans la gamme qui va de $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ jusqu'à $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. Les essais doivent être réalisés en utilisant une atmosphère de référence.

8.2.3 Essais électroniques

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 en 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 spéciales

9.1.1 Exigences

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

Dans les conditions d'essai normalisées, et avec l'étalonnage effectué 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 effective.

9.1.2 Méthode d'essai

Il faut mettre en œuvre l'instrument dans des conditions d'essais normalisées et selon les instructions du fabricant en l'absence d'un rayonnement de référence. L'indication du bruit de fond doit être notée. Puis l'instrument doit être exposé à une atmosphère de référence appropriée qui pourra donner une lecture de $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, ou moins, ou plus, si un accord a été établi entre l'acheteur et le fabricant. La valeur de R_{ref} doit être enregistrée.

Un essai de type doit être réalisé sur au moins un instrument de la série et un essai de routine doit être effectué sur chaque instrument. Il est souhaitable que des précautions soient prises pour éviter d'augmenter le bruit de fond de l'instrument.

9.2 Réponse aux atmosphères de référence

9.2.1 Exigences

Le fabricant doit préciser le rapport entre la lecture donnée par l'instrument et l'activité volumique du radon de l'atmosphère de référence quand l'appareil fonctionne dans des conditions d'essai normalisées et est mis en œuvre selon les instructions du fabricant.

8.2.2 Routine tests

The routine tests shall be performed at one point in the range from $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ up to $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. The tests shall be performed using a reference atmosphere.

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 shall be illustrated by the coefficient of variation V .

9 Radiation performance requirements and tests

9.1 Response to special sources

9.1.1 Requirements

The manufacturer shall state the relationship between the reading given by the instrument and the activity of the special source when the equipment is operated under standard test 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 of the 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 indication shall be recorded. The instrument shall then be exposed to an appropriate reference atmosphere sufficient to give a reading between $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ and $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$, or lower, or higher, if agreed between purchaser and manufacturer. The value of R_{ref} shall be recorded.

A type test shall be carried out on at least one instrument of the series and one routine test shall be performed on each instrument. Precautions should be taken to avoid the increase of instrument background.

9.2 Response to reference atmospheres

9.2.1 Requirements

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

Dans des conditions d'essai normalisées, et avec l'étalonnage effectué selon les instructions du fabricant, l'erreur intrinsèque relative E ne doit pas dépasser les limites données dans le Tableau 2.

L'activité volumique minimale détectable dans les conditions d'essai normalisées doit être consignée dans un rapport d'essai.

9.2.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être réalisés en utilisant des chambres environnementales qui fournissent des atmosphères de référence (des STAR) ou un compteur de radon étalonné de manière appropriée relié à l'instrument en essai dans une boucle d'essai dans laquelle on introduit une quantité suffisante de radon.

Des informations concernant le contrôle et l'étalonnage de ces instruments qui utilisent des atmosphères de référence radon sont fournies aux articles 5 et 6 de la CEI 61577-1.

L'instrument doit fonctionner dans des conditions d'essai normalisées et être mis en œuvre selon les instructions du fabricant. L'indication du bruit de fond doit être enregistrée. Le bruit de fond de l'instrument peut être mesuré en diluant de l'air ne contenant pas de radon dans la chambre ou, si possible, en évacuant la chambre avant la mesure et en attendant assez longtemps pour que tous les descendants du radon à vie courte présents dans la chambre aient perdu leur activité. Puis l'instrument doit être exposé à une atmosphère radon de référence suffisante pour donner une lecture dans la gamme $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ à $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. La valeur de la réponse de référence R_{ref} doit être enregistrée.

La gamme des grandeurs d'influence à utiliser pour les essais doit être établie selon le type d'instrument.

La méthode à appliquer dans un cas spécifique fera l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

L'instrument en essai peut fonctionner selon deux conditions d'exposition différentes, l'instrument étant soit placé à l'extérieur du STAR, soit placé dans le STAR. Dans les deux cas, l'instrument doit fonctionner de telle sorte que les grandeurs d'influence puissent être contrôlées.

10 Exigences concernant les performances environnementales et les essais

10.1 Généralités

Il faut réaliser des essais complémentaires avec des atmosphères de référence sur les caractéristiques des performances des instruments dont la réponse est influencée par des facteurs environnementaux. La précision de la réponse de l'instrument à l'activité volumique du radon peut être influencée par plusieurs facteurs, considérés comme des grandeurs d'influence (voir Tableau 3), par exemple la température, l'humidité relative et la pression atmosphérique. Le fabricant doit préciser le rapport entre l'indication donnée par l'instrument et l'activité volumique du radon d'une atmosphère de référence normalisée quand l'appareil fonctionne dans des conditions normalisées d'essai avec une variation des grandeurs d'influence.

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. C'est l'utilisation prévue et la forme de l'instrument qui doivent déterminer si, et dans quelles limites, cet effet est admissible; ces détails doivent être spécifiés pour chaque type d'application.

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.

The minimum detectable radon volume activity under standard test conditions shall be stated in the test report.

9.2.2 Test method

Tests shall be carried out using environmental chambers which provide reference atmospheres (STARs) or using a well calibrated radon meter connected with the instrument under test into a closed gas loop into which sufficient radon is introduced.

Guidance concerning testing and calibration of these instruments using radon reference atmospheres is given in clauses 5 and 6 of IEC 61577-1.

The instrument shall be operated under standard test conditions and set up as defined by the manufacturer. The background indication shall be recorded. The instrument background can be measured diluting radon free air through the chamber or, if possible, by evacuating the chamber before measurement and waiting long enough to let all the radon short-lived daughter products to decay in the chamber. The instrument shall then be exposed to an appropriate radon reference atmosphere sufficient to give a reading between $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ and $1\,000 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$. The value of reference response R_{ref} shall be recorded.

The range of the influence quantities to be used for the tests shall be established on the basis of types of instrumentation.

The method to be applied in a specific case is agreed between purchaser and manufacturer.

The instrument under test can be operated under two different exposure conditions; tests with the instrument kept outside the STAR and tests with the instrument kept in the STAR. In both cases, the instrument shall be operated in such a way that influence quantities can be controlled.

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 the volume activity of radon may be influenced by several factors, considered as influence quantities (see Table 3), for example temperature, relative humidity and atmospheric pressure. The manufacturer shall state the relationship between the indication given by the instrument and the radon volume activity of a standard reference atmosphere when the equipment is operated under standard test conditions with variation of influence quantities.

10.2 Response to ambient gamma radiation

Some instruments may be sensitive to external gamma radiation which 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 instrument and shall be specified for each type of application.

10.2.1 Exigences

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

10.2.2 Méthode d'essai

En utilisant une source gamma, par exemple une source de ^{137}Cs ou de ^{60}Co , positionner la source relativement 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 égal à une valeur comprise entre $1 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$ et $10 \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$.

10.3 Température ambiante

10.3.1 Exigences

L'instrument doit conserver un fonctionnement correct pour une température ambiante comprise entre -5°C et $+40^\circ\text{C}$; la valeur affichée ne doit pas varier de plus de 10 % par rapport aux valeurs mesurées dans des conditions d'essai normalisées.

10.3.2 Méthode d'essai

L'instrument doit être exposé à l'atmosphère de référence dans des conditions d'essai normalisées pour les autres paramètres environnementaux que la température ambiante.

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

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 d'essai normalisées.

10.4 Humidité relative

10.4.1 Exigences

L'instrument doit conserver un fonctionnement correct pour une humidité relative allant jusqu'à 90 % à 30°C ; la valeur affichée ne doit pas varier de plus de 10 % par rapport aux valeurs mesurées dans des conditions d'essai normalisées. Cette variation doit rester faible dans des conditions de très forte humidité qui se trouvent parfois dans les mines souterraines et des environnements extérieurs.

10.4.2 Méthodes d'essai

L'essai peut se faire à une seule température de 30°C , et à une humidité relative allant jusqu'à 90 %, l'appareil se trouvant dans un état stable thermiquement. La variation permise de $\pm 10\%$ dans l'indication, telle que spécifiée dans le Tableau 3, s'ajoute aux variations permises dues à la température seule.

10.5 Pression atmosphérique

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

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

10.2.1 Requirements

The instrument shall be designed in such a way that the external gamma radiation influence on the measurement result is minimised. If this is not possible the external gamma radiation shall be measured. The instrument response to the external gamma radiation shall be stated by the manufacturer.

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 $10\ \mu\text{Gy}\cdot\text{h}^{-1}$.

10.3 Ambient temperature

10.3.1 Requirements

The instrument shall retain operability at ambient temperature ranging from $-5\ ^\circ\text{C}$ to $+40\ ^\circ\text{C}$, readings shall not change by more than 10 % from indications measured under standard test conditions.

10.3.2 Test method

The instrument shall be exposed to reference atmosphere under standard test conditions for other environmental characteristics 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 chamber unless the equipment is particularly sensitive to changes in humidity.

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 instrument shall retain operability at a relative humidity of up to 90 % at $30\ ^\circ\text{C}$, readings shall not change by more than 10 % from readings under standard test conditions. This variation has to remain low in extremely humid conditions which may exist in underground mines and outdoor conditions.

10.4.2 Test method

The test may be performed at a single temperature of $30\ ^\circ\text{C}$, and humidity up to 90 %, the apparatus being in thermal steady state. The permitted variation of $\pm 10\ %$ 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 types of instruments. In this case, the atmospheric pressure at which tests are carried out and the effects of variation in atmospheric pressure are tested shall be stated by the manufacturer.

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