

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Part 3: Specific requirements for radon decay product measuring instruments

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





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 61577-3

Edition 2.0 2011-12

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product
measuring instruments –
Part 3: Specific requirements for radon decay product measuring instruments**

**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**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 13.280

ISBN 978-2-88912-839-6

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	8
4 General design considerations	10
4.1 Design considerations for the measurements	10
4.1.1 Deposition of radon decay products on surfaces.....	10
4.1.2 Airflow system	11
4.2 Design considerations for handling and maintenance	11
4.2.1 Portability	11
4.2.2 Application under heavy environmental conditions.....	11
4.2.3 Automatic operation.....	11
4.2.4 Reliability	11
4.2.5 Capability for operational testing	12
4.2.6 Adjustment and maintenance facilities	12
4.2.7 Acoustic noise level.....	12
4.2.8 Electromagnetic interference	12
4.2.9 Storage	12
5 Technical components.....	12
5.1 Sampling assembly	12
5.2 Radiation detection assembly	13
5.3 Data processing and recording	13
5.4 Measurement display	13
5.5 Power supply.....	14
6 Test conditions	14
6.1 General.....	14
6.2 Standard test conditions	15
6.3 Execution of tests.....	15
6.4 Test sources	15
6.4.1 Solid sources.....	15
6.4.2 Reference atmospheres.....	15
7 Requirements and tests concerning radiation detection performance.....	16
7.1 Reference response to a test source	16
7.1.1 Requirements	16
7.1.2 Test method	16
7.2 Cross interference to other radon isotopes	16
7.2.1 Requirements	16
7.2.2 Test method	16
7.3 Linearity of indication	17
7.3.1 Requirements	17
7.3.2 Test method	17
7.4 Instrument statistical fluctuation	17
7.4.1 Requirements	17
7.4.2 Test method	17
7.5 Response time	18

7.5.1	Requirements	18
7.5.2	Test method	18
7.6	Signal accumulation	18
7.6.1	Requirements	18
7.6.2	Test method	19
8	Requirements and tests concerning air circuit performance	19
8.1	General	19
8.2	Flow-rate stability	19
8.2.1	Requirements	19
8.2.2	Test method	19
8.3	Accuracy of the flow-rate measurement	19
8.3.1	Requirements	19
8.3.2	Test method	19
8.4	Effect of filter pressure drop	20
8.4.1	Requirements	20
8.4.2	Test method	20
8.5	Low sampling flow-rate indication	20
8.5.1	Requirements	20
8.5.2	Test method	20
9	Requirements and tests concerning environmental performance	20
9.1	Response to ambient gamma radiation	20
9.1.1	Requirements	20
9.1.2	Test method	21
9.2	Number concentration of aerosols	21
9.2.1	Requirements	21
9.2.2	Test method	21
9.3	Ambient temperature	21
9.3.1	Requirements	21
9.3.2	Test method	21
9.4	Relative humidity and condensed moisture	21
9.4.1	Requirements	21
9.4.2	Test method	22
9.5	Atmospheric pressure	22
10	Requirements and tests concerning electrical performance	22
10.1	Warm-up time	22
10.1.1	Requirements	22
10.1.2	Test method	22
10.2	Power supply variations	22
10.2.1	Requirements	22
10.2.2	Test method	23
10.3	Battery test	23
10.3.1	Requirements	23
10.3.2	Test method	23
11	Requirements and tests concerning mechanical performance	23
11.1	Requirements	23
11.2	Test method	23
12	Operation and maintenance manual	24
13	Type test report and certificate	24

Table 1 – Reference conditions and standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer).....	25
Table 2 – Tests of the radiation detection performance	26
Table 3 – Tests performed with variation of influence quantities.....	26
Table 4 – Tests of the air circuit.....	26

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 International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of 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, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). 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. 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 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 IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

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

This second edition of IEC 61577-3 cancels and replaces IEC 61577-3:2002 and IEC 61263:1994. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- Implementation of new requirements and tests concerning radiation detection performance.
- Implementation of new requirements and tests concerning environmental performance.

- Harmonization of the requirements and tests concerning electrical and mechanical performance with other standards in the area of radiation protection instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45B/700/FDIS	45B/716/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 2.

A list of all parts of the IEC 61577 series, under the general title *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Radon is a radioactive trace gas produced by the decay of ^{226}Ra , ^{223}Ra and ^{224}Ra , respectively decay products of ^{238}U , ^{235}U and ^{232}Th which are present in the earth's crust. By decay, radon isotopes (i.e., ^{222}Rn , ^{219}Rn , ^{220}Rn) produce three decay chains, each ending in a stable lead isotope. The radon isotope ^{220}Rn generally is called thoron¹.

NOTE In normal conditions, due to the very short half-life of ^{219}Rn , its activity and the activity of its RnDP² are considered negligible compared to the activity of the two other series. Its health effects are therefore not important. Thus in this standard ^{219}Rn and its decay products are not considered.

Radon isotopes and their corresponding short-lived Radon Decay Products (RnDP) (i.e., ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po for ^{222}Rn , and ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{212}Po , ^{208}Tl for ^{220}Rn) are of considerable importance, as they constitute the major part of the radiological exposure to natural radioactivity for the general public and workers. In some workplaces such as underground mines, spas and waterworks, the workers are exposed to very significant levels of RnDP. Various quantities of these radionuclides are airborne in a gaseous form for the radon isotopes and as particulates for the radon decay products. It is worthwhile for health physicists to be able to measure with a great accuracy the level of this kind of natural radioactivity in the atmosphere. Because of the unique behaviour of these radioactive elements in the atmosphere and in the corresponding measuring instruments, it is necessary to formalize the way such instruments could be tested.

The standard series IEC 61577 covers specific requirements concerning test and calibration of radon and radon decay product measuring instruments. In order to facilitate its use, the IEC 61577 series is divided into the following different parts:

IEC 61577-1 (Normative): This part deals with the terminology and units used in the specific area of radon and radon decay products (RnDP) measurements and describes briefly the System for Test Atmospheres with Radon (STAR) used for test and calibration of radon and RnDP measuring devices.

IEC 61577-2 (Normative): This part is dedicated to the test of ^{222}Rn and ^{220}Rn measuring instruments.

IEC 61577-3 (Normative): This part is dedicated to the test of RnDP₂₂₂ and RnDP₂₂₀ measuring instruments.

IEC 61577-4 (Normative): This part describes the construction of a STAR and its use for testing.

IEC 61577-5 (Informative): This is a technical guide concerning special features of radon and radon decay products as well as their measurement.

¹ The term *thoron* is not used in this standard. Instead, the term *radon* is used to denote the radionuclides ^{220}Rn and ^{222}Rn . In the case of only one radionuclide being explicitly specified, the atomic mass number and the chemical symbol will be given.

² RnDP is the acronym of Radon Decay Products which are sometimes denoted as radon progeny. The term *Radon Decay Product* or its abbreviation (RnDP) denotes the whole set of short-lived decay products that are the focus of this standard. A particular isotope is indicated by its chemical symbol preceded by its mass number. The subscripts ₂₂₂, ₂₂₀ added to the symbol RnDP refer to the whole set of short-lived decay products of the corresponding radon isotope (RnDP₂₂₂: ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , and RnDP₂₂₀: ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{212}Po , ^{208}Tl).

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

Part 3: Specific requirements for radon decay product measuring instruments

1 Scope

This part of IEC 61577 describes the specific requirements for instruments measuring the volumetric activity of airborne short-lived radon decay products and/or their ambient potential alpha-energy concentration outdoors, in dwellings, and in workplaces including underground mines.

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

The different types of instrumentation used for measurements are stated in IEC 61577-1.

2 Normative references

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

IEC 60050-394, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 394: Nuclear instrumentation – Instruments, systems, equipment and detectors*

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

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61140, *Protection against electric shock – Common aspects for installation and equipment*

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

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions of IEC 60050-394 apply as well as the following:

3.1

conventionally true value of a quantity

value attributed to a particular quantity and accepted, sometimes by convention, as having an uncertainty appropriate for a given purpose

NOTE "Conventionally true value of a quantity" is sometimes called assigned value, best estimate of the value, conventional value or reference value.

[IEC 60050-394:2007, 394-40-10]

3.2 rated range

range of a quantity to be measured, observed, supplied, or set, assigned to the instrument

[IEC 60050-394:2007, 394-39-42]

3.3 error (of measurement)

result of a measurement minus a true value of the measurand

NOTE 1 Since a true value cannot be determined, in practice a conventionally true value is used.

NOTE 2 When it is necessary to distinguish "error" from "relative error", the former is sometimes called "absolute error of measurement". This should not be confused with "absolute value of error", which is the modulus of the error.

[IEC 60050-394:2007, 394-40-13]

3.4 relative error

error of measurement divided by a true value of the measurand

NOTE Since a true value cannot be determined, in practice a conventionally true value is used.

[IEC 60050-394:2007, 394-40-11]

3.5 intrinsic error

error of a measuring instrument, determined under reference conditions

[IEC 60050-394:2007, 394-40-12]

3.6 response (of a radiation measuring assembly)

ratio, under specified conditions, given by the relation :

$$R = \frac{\nu}{\nu_c}$$

where ν is the value measured by the equipment or assembly under test and ν_c is the conventionally true value of this quantity.

NOTE 1 The input signal to a measuring system may be called the stimulus; the output signal may be called the response (IVM).

NOTE 2 Response can have several definitions. As an example, the definition of the response of a radiation measuring assembly is given.

[IEC 60050-394:2007, 394-40-21]

3.7 reference response

response of the assembly under reference conditions to a reference dose rate or activity expressed as:

$$R_{\text{ref}} = \frac{\nu}{\nu_c}$$

where ν is the value measured by the equipment or assembly under test and ν_c is the conventionally true value of the reference source

NOTE The background value may be automatically taken in account by an algorithm included in the measurement system.

[IEC 60050-394:2007, 394-40-22]

3.8 cross-interference

ratio of the response of the instrument to the radiation from an interfering radionuclide to the response of the radiation from the radionuclide of interest

NOTE In the context of this standard the term cross-interference is used to characterize the falsification of RnDP_{220} on the indication of instruments measuring quantities of RnDP_{222} , and vice versa.

3.9 coefficient of variation

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

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

[IEC 60050-394:2007, 394-40-14]

3.10 response time (of a measuring assembly)

duration between the instant of a step change in the measured quantity and the instant when the output signal reaches for the first time a specified percentage of its final value, with that percentage being usually taken as 90 %

[IEC 60050-394:2007, 394-39-09]

4 General design considerations

4.1 Design considerations for the measurements

4.1.1 Deposition of radon decay products on surfaces

After the decay of radon, the freshly generated radon decay products form clusters (particulate diameters in the order of magnitude of nm) some of which are attached to the ambient aerosol, and the fraction of attached clusters are referred to as attached fraction of radon decay products. The part of free clusters denotes the unattached fraction. The unattached fraction of decay products has a high mobility and deposits preferably on surfaces.

The deposition of radon decay products on surfaces results in a depletion in the vicinity of the instrument and can cause distortion of the measurements. In order to minimize these effects an open face air sampling is preferred.

In cases where open face air sampling is not applicable, the manufacturer shall specify the relative error in relation to the unattached fraction of the radon decay products.

NOTE Freshly formed radon decay products appear to be mainly positive in the atmosphere, their size increases rapidly by clustering with surrounding molecules in the air (water, trace gases). These ultrafine particles with

thermodynamic diameters in the conventional range of less than 5 nm are called the unattached fraction. Wire screens are commonly used for the measurement of the unattached fraction.

4.1.2 Airflow system

Instruments operating with air sampling shall be appropriately designed and constructed to avert recirculation between the air inlet and the air exhaust. The minimum distance between air inlet and outlet shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

The design of the air sampling system should avoid turbulences. The impact of flow-rate and pressure drop on the measurement shall be agreed upon between manufacturer and purchaser.

4.2 Design considerations for handling and maintenance

4.2.1 Portability

The instrument shall be designed to be easily carried by hand in order to perform in-situ measurements. This requires, in particular, robustness against mechanical shock.

4.2.2 Application under heavy environmental conditions

If the instrument is applied under heavy environmental conditions occurring mostly outdoors or at workplaces, in particular in mines, the instrument shall be of rugged construction. Where applicable appropriate measures shall be met to protect the instrument and its components against external influences or conditions such as

- a) mechanical impacts;
- b) corrosion and corrosive solvents;
- c) fungus;
- d) vermin;
- e) solar radiation;
- f) ice formation;
- g) moisture and spraying water;
- h) explosive atmospheres.

In cases where the impact of external influences cannot be eliminated totally, the influences shall not affect the satisfactory operation of the instrument or compromise safety. Spray water shall have no harmful effects.

The manufacturer shall specify the minimum ranges of environmental conditions or external influences within which satisfactory operation of the instrument is ensured. The manufacturer shall state influences or conditions that significantly reduce the measurement capability of the instrument.

The manufacturer shall explicitly state whether the instrument can be used in explosive atmospheres (e.g., in mines) or not.

4.2.3 Automatic operation

The instrument shall be such that the measurement cycle can be carried out either manually or with programming so that automatic operation can be achievable.

4.2.4 Reliability

The instrument shall be designed to provide reliable performance with failures kept to a minimum.

4.2.5 Capability for operational testing

Capability should be provided to allow the purchaser to carry out periodic checks of the operation of the instrument.

These checks shall be carried out using one or more suitable radioactive sources as necessary.

4.2.6 Adjustment and maintenance facilities

All electronic components shall be provided with a sufficient numbers of accessible and identifiable test points to facilitate adjustments and fault location. Any special maintenance tools and appropriate maintenance manuals shall be supplied.

The design of all components shall be such as to facilitate ease of repair and maintenance.

4.2.7 Acoustic noise level

Acoustic noise level of the instrument shall arise mainly from the sampling assembly and its resultant vibration.

The manufacturer should select the components and design the instrument so that the noise level is minimized. In particular, for instruments that are used indoors, the reduction of acoustic noise level shall be taken into consideration.

4.2.8 Electromagnetic interference

All necessary precautions shall be taken against detrimental effects of electromagnetic interference on or by the instrument.

The manufacturer shall quantify the electromagnetic emission of the equipment. The emission limits applicable to the instrument covered by this standard are given in IEC 61000-6-4. Moreover, the manufacturer shall state the influence of cellular phones and walkie-talkies on the instrument at a given distance and give appropriate warning.

4.2.9 Storage

The instrument shall remain operable within the specified requirements of this standard after storage without batteries and transportation in the manufacturer's packaging at any temperature between –25 °C and +60 °C. In some cases, more severe requirements may be stated such as capability to withstand air transportation at low atmospheric pressure.

5 Technical components

5.1 Sampling assembly

The sampling assembly can include the following components and functional units:

- a) sampling and exhaust pipes;
- b) air sampling inlet;
- c) aerosol retention device;
- d) air pump;
- e) flow-rate control and measurement system.

An open face sampling inlet is recommended. The sampling device shall be designed to minimize particle losses.

In the case where an air filter is applied for aerosol retention and sampling of airborne radionuclides, a high-efficiency particle filter (HEPA) should be applied. The manufacturer shall state the type of the filter.

Access to the filter shall be designed so as to permit fast and easy removal. Attention shall be given to the air seal around the filter so as to minimize leakage between the filter and the filter holder. Warning shall be given that the pressure drop is such that a filter change is necessary. The design shall enable the filter to be changed easily without damage.

The air pump shall be placed downstream from a filter or any other sampling unit, and shall be able to withstand the variations of pressure induced by operation conditions, filter types, and atmospheric dust-mass blockage. The pump shall be capable of continuous operation between scheduled maintenance operations.

The range of acceptable flow-rates shall be stated by the manufacturer. If the measurements are influenced by flow-rate, a flow-rate control device shall be provided that has a flow-rate adjustment range sufficient to allow for variation in the intrinsic characteristics of the air pump and any filters used. If the flow-rate is to be measured and indicated, the pressure and the temperature at which the flow-rate meter is calibrated and at which the flow-rate is expressed shall be provided.

5.2 Radiation detection assembly

The radiation detection assembly produces an electrical signal related to the radiation emitted by the sampled radon decay products incident on the detector. The efficiency of detection shall be optimized.

Contamination of the detector may increase the background. Precautions shall be taken for the protection against contamination, when the instrument is not in use. Wherever possible, the radiation-detector window should be protected by a removable thin screen, or a rugged solid-state detector should be used.

NOTE The contamination can be caused by:

- deposition of airborne decay products;
- recoil of sampled decay products.

5.3 Data processing and recording

This assembly comprises functional units for acquiring and processing signals supplied by the detector.

The manufacturer shall publish the relevant measurement principles and procedures used to produce the measurement result and its uncertainties. The detail of information shall facilitate the verification of measurement results by the purchaser.

The electronic data recording system shall have the capacity sufficient for recording all measurement data, including the spectrometry data generated during a long autonomous data-acquisition period. The data shall be retained on a media that ensures the protection and availability of the data, especially in the event of malfunction and interruption of operation or failure of power supply. The manufacturer shall specify the capacity of the data recording system.

5.4 Measurement display

The display shall be easily readable in different ambient conditions. The measurement units shall be clearly marked on the display. If needed by the measurement method, the indication of the flow-rate, the atmospheric air pressure and the ambient temperature shall be provided.

The display shall show one or more of the following quantities:

- the activity concentration of radon decay products;
- the potential alpha energy concentration or exposure;
- the equilibrium equivalent radon concentration.

The quantities shall be given in combined SI-units. Appropriate submultiples should be used. The display should show the uncertainty of the measurement.

The result of a measurement shall contain both the measured value of the measurand and the uncertainty associated with that measured value. The uncertainty given should be based on the requirements of the ISO/IEC Guide 98-3 to the expression of uncertainty in measurement.

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

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

The instrument should be equipped with a preset threshold level to give a warning that the relevant radiation quantity (e.g., the activity concentration of radon decay products or the potential alpha energy concentration) exceeds a predetermined value. The preset threshold level should be adjustable.

5.5 Power supply

The power supply assembly shall fulfil the requirements on the protection of persons against electric shock as specified in IEC 61140.

Some instruments may be equipped with batteries. The batteries may be connected in any desired manner and shall be individually replaceable. The correct polarity shall be clearly indicated. The manufacturer shall specify the type(s) of batteries.

Rechargeable batteries shall be fully charged by line power within 16 h. A device that turns off the charger upon complete charging of a battery should be provided. A minimum load indication shall be clearly displayed before the display malfunctions.

6 Test conditions

6.1 General

General test procedures covered in this part of IEC 61577 concern instruments with different technical characteristics. Except where otherwise specified, these are considered type tests. The stated requirements are minimum requirements and may be extended for any particular equipment or functional unit. Certain tests may be considered acceptance tests by agreement between manufacturer and purchaser.

Unless specified otherwise, the manufacturer shall specify at least one of the following quantities as a test quantity:

- a) the activity concentration of one or more short-lived radon decay products;
- b) the potential alpha energy concentration (PAEC) or exposure (PAEE) of short-lived radon decay products;
- c) the equilibrium equivalent concentration.

A test quantity is one with which the metrological characteristics of the instrument are tested. The specification of the test quantity can also be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

6.2 Standard test conditions

Unless otherwise specified, the tests described in this standard shall be executed under standard test conditions which are established in a radon reference atmosphere.

The standard test conditions listed in Table 1 shall be kept constant within the specified limits during a test.

6.3 Execution of tests

The radon decay product concentration in the test atmosphere shall induce an indication within the rated range. Unless otherwise specified the indication shall lie within the lower third of the rated range.

Statistical fluctuation of the measurements caused by the random nature of radioactivity shall be minimized by taking a sufficient number of measurements to guarantee that the average value is sufficiently precise to assess the conformity as to the relevant requirement.

In order to test the instrument for a specific influence quantity, this quantity shall be varied over the range specified in Table 3 while the other influence quantities shall be kept constant within the tolerances of the standard test conditions specified in Table 2. The relative error in the instrument indication under reference conditions shall be calculated.

NOTE When the instrument being tested is deployed under special ambient conditions, the range of influence quantities can be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

6.4 Test sources

6.4.1 Solid sources

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. Such sources make it possible to check the correct operation of the electronic circuits used for analysis starting with the detector through to the indicating device.

According to the principle of measurement, reference alpha or beta sources shall be used.

NOTE As a rule alpha or beta planar sources are used. Typical alpha emitting radionuclides are ^{244}Cm , ^{241}Am or ^{238}Pu ; typical beta emitting nuclides are ^{137}Cs , ^{99}Tc , ^{36}Cl , $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

The dimensions of the active surface of the sources should be the same as the area of the active deposit on the filter. When solid sources of the same dimensions as the active deposit collected on the filter are not available, the manufacturer shall state the source dimensions and methods to be used to correct the different sizes if this is necessary for the tests.

6.4.2 Reference atmospheres

The potential alpha-energy concentration of short-lived decay products of radon-222 (or radon-220) established in a real atmosphere depends on the specific climatic and aerosol-specific physical parameters. Tests shall assess the measurement capabilities of the instrument for the intended use and, therefore, test atmospheres shall be established to simulate real measurement conditions. These test atmospheres shall be generated in radon reference chambers using a STAR.

NOTE 1 The components and operation of a STAR as well as the generation of radon reference atmospheres for testing of instruments are described in IEC 61577-4.

STAR commonly operates with artificial test aerosols. A polydisperse aerosol distribution shall be used for standard testings. The activity median aerodynamic diameter of the aerosol particle, AMAD, should lie within the range between 150 nm and 500 nm and the geometric standard deviation, GSD, between 1,5 and 2,5.

NOTE 2 Monodisperse aerosols with a geometric standard deviation below 1,5 should be used for extended performance studies and investigations of fundamental aerosol behaviour.

7 Requirements and tests concerning radiation detection performance

7.1 Reference response to a test source

7.1.1 Requirements

The manufacturer shall state the nominal indication of the instrument and its approved tolerance to a test source provided.

NOTE This test is only mandatory when the manufacturer provides an appropriate test source.

7.1.2 Test method

The instrument shall operate under standard test conditions and in standard operation mode with no reference radiation present. The background indication of the instrument shall be noted.

The test source shall induce an indication within the rated range. The source shall be in a position specified by the manufacturer in place of the sampling medium (e.g., filter).

After the warm-up time of the instrument, the indication as to the test source reduced by the background shall be within the tolerances of the nominal indication given by the manufacturer.

7.2 Cross-interference to other radon isotopes

7.2.1 Requirements

The cross-interference to RnDP_{222} of an instrument made for RnDP_{220} shall not be more than 20 %.

The cross-interference to RnDP_{220} of an instrument made for RnDP_{222} shall not be more than 20 %.

7.2.2 Test method

The test shall be executed in a radon reference atmosphere established in a STAR under standard test conditions.

Concerning the cross-interference to RnDP_{220} the following is applied:

The instrument shall be prepared to measure quantities relevant to short-lived decay products of ^{222}Rn . Instead of ^{222}Rn , an amount of ^{220}Rn sufficient for establishing a volumetric activity of $1\,000\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ shall be injected into the reference atmosphere and kept constant for more than 50 h. The activity concentration of ^{222}Rn in the reference atmosphere shall be negligible. After at least 50 h after injection, the instrument shall acquire measurement data for at least 1 h. The ratio of the average value of indication during the data acquisition time to the average value of the corresponding quantity for RnDP_{220} shall be calculated and given in percent.

Concerning the cross-interference to RnDP_{222} the following is applied:

The instrument shall be prepared to measure quantities relevant to short-lived decay products of ^{220}Rn . Instead of ^{220}Rn , an amount of ^{222}Rn sufficient for establishing a volumetric activity of $1\,000\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ shall be injected into the reference atmosphere and kept constant during at least 4 h. The activity concentration of ^{220}Rn in the reference atmosphere shall be negligible. After at least 3 h after injection, the instrument shall acquire measurement data for at least 1 h. The ratio of the average value of indication during the data acquisition time to the average value of the corresponding quantity for RnDP_{222} shall be calculated and given in percent.

7.3 Linearity of indication

7.3.1 Requirements

The linearity shall be assessed by the linearity error which is the deviation from a straight line of the curve representing the output quantity as a function of the input quantity. The linearity error will be described by the parameter Q

$$Q = \left| \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\max} + R_{\min}} \right|,$$

where $R_{\max}$ is the response of the instrument when the input induce an output above 90 % of the rated range and $R_{\min}$ is the response of the instrument when the input induce an output below 10 % of the rated range.

The parameter of the linearity Q shall be below 0,15. If the instrument has different working ranges the parameter of the linearity Q shall be below 0,15 for each working range.

The linearity shall be tested over the rated range of the instrument.

7.3.2 Test method

The test shall be executed in a radon reference atmosphere established in a STAR under standard test conditions. The standard test conditions shall be kept constant during the test.

The conventionally true value of the test quantity shall be such as to induce an output above 90 % of the rated range. $R_{\max}$ shall be determined from the ratio of the input and output. The procedure is to be repeated to yield a value below 10 % of the rated range to determine $R_{\min}$. Then, the parameter of the linearity Q shall be calculated.

If the instrument has different working ranges the procedure is to be repeated for each.

7.4 Instrument statistical fluctuation

7.4.1 Requirements

The results of successive measurements of the same radiation quantity shall be repeatable. The coefficient of variation attributed to the sampling and signal processing of the instrument shall not exceed 10 %. Statistical fluctuations from radioactive decay shall be disregarded.

NOTE Statistical fluctuations are caused by the random nature of radiation and radioactivity, and by the sampling procedure and the signal processing of the instrument. The test for instrument statistical fluctuations in order to prove the repeatability of measurements does not include the statistical fluctuations caused by radioactive decay.

7.4.2 Test method

The test shall be executed in a radon reference atmosphere established in a STAR under standard test conditions. The standard test conditions shall be kept constant during the test. The test shall be performed in the upper half of the rated range. The time of sampling and

measurement shall be such as to limit the statistical fluctuations from radioactive decay to below 5 %.

A minimum of 10 independent measurements shall be taken. The mean value and the coefficient of variation V of all readings registered shall be determined. The coefficient of variation V_i attributed to the sampling and signal processing of the instrument is calculated by

$$V_i = \sqrt{V^2 - V_{\text{Rad}}^2} ,$$

where V_{Rad} is the coefficient of variation caused by the statistical fluctuation from radioactive decay.

NOTE In the case of counting measurements, the coefficient of variation V_{Rad} caused by the statistical fluctuation from radioactive decay is calculated by

$$V_{\text{Rad}} = \sqrt{\frac{\frac{R_b}{t_b} + \frac{R_0}{t_0}}{(R_b - R_0)^2}} ,$$

with R_b as gross counting rate, R_0 as counting rate of the background, t_b as time of measurement of the sample and t_0 as time of measurement of the background. When $R_b \gg R_0$, the equation simplifies to

$$V_{\text{Rad}} = \sqrt{\frac{1}{t_b R_b}} .$$

7.5 Response time

7.5.1 Requirements

The manufacturer shall specify the response time of the assembly.

NOTE This test is not relevant for instruments based on grab sampling or other short-term sampling methods.

7.5.2 Test method

The test shall be executed in a radon reference atmosphere established in a STAR under standard test conditions. When the activity concentration of the short-lived radon decay products is in equilibrium, the instrument shall be suddenly exposed to the test quantity established inside the STAR in order to achieve a step change.

The duration between the instant of a step change and the instant when the output signal reaches for the first time 90 % of its final value shall be measured and given as response time.

NOTE 1 A step change in the test quantity can be achieved by putting the instrument, which is already in operation, into the test atmosphere, or by turning on the sampling unit.

NOTE 2 A recorder should be connected to the instrument to determine the change in the indication as a function of time.

7.6 Signal accumulation

7.6.1 Requirements

An integrating instrument shall be capable of accumulating and summing time consecutive or simultaneous effects of the phenomenon and storing the quantity to be measured permanently or for at least the total of measurement. The integration can be performed electronically by the signal processing system or passively by a measuring sensor, that is directly affected by the phenomenon.

EXAMPLE In the case of a signal processing system, the integration can be exemplarily performed by the summation of pulses registered during the time of measurement. In contrast a passive measuring sensor could be a nuclear track detector whose property is being changed by accumulation of latent tracks while exposing to radiation. The measuring quantity is ascertained by processing the sensor.

The integrated value indicated by the instrument related to the conventionally true integrated value shall lie within the nominal tolerances given by the manufacturer.

7.6.2 Test method

The test shall be executed in a radon reference atmosphere established in a STAR under standard test conditions. The standard test conditions shall be kept constant during the test. The test shall be performed in the upper half of the rated range. The time period of accumulation and integration shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

8 Requirements and tests concerning air circuit performance

8.1 General

These tests shall be applied to all instruments where the response depends on a known flow-rate through the sampling and detection assemblies. When it is demonstrated that one or more tests are not needed to assess the conformity with performance requirements, those tests can be excluded. The decision on exclusion of tests shall be agreed upon between the manufacturer and the purchaser.

8.2 Flow-rate stability

8.2.1 Requirements

The manufacturer shall specify the nominal air flow-rate. After the nominal warm-up time of the instrument, the relative error of the sampling flow-rate shall not vary by more than 10 % for the subsequent 20 h of operation.

8.2.2 Test method

The test shall be carried out with dust-free air in order to avoid any variation of the pressure drop of the sampling device during the test.

An air flow meter calibrated under measuring conditions shall be incorporated in the air circuit in order to measure the flow-rate after 30 min, 5 h and 20 h of operation.

8.3 Accuracy of the flow-rate measurement

8.3.1 Requirements

The manufacturer shall specify the accuracy of the flow-rate measurement of the air. The relative error of the flow-rate measurement shall not be more than 10 %.

8.3.2 Test method

A flow-rate measurement device calibrated under measuring conditions shall be incorporated in the air circuit. Filtered, dust-free air shall flow through the air circuit under standard operating conditions of the instrument. The relative error of the air flow-rate measured after 30 min with respect to the air flow-rate specified by the manufacturer is to be calculated.

8.4 Effect of filter pressure drop

8.4.1 Requirements

An increasing pressure drop of 10 % from the nominal pressure drop shall not cause a relative error regarding the indication of the instrument of more than 10 % under standard test conditions. The relative error shall be determined with respect to a relevant radiation quantity indicated by the instrument.

8.4.2 Test method

In order to identify the effect on the whole measurement chain, the test shall be executed in a radon reference atmosphere established in a STAR under standard test conditions. The standard test conditions shall be kept constant during the test. The test quantity shall induce an indication within the rated range.

Before starting the test, the instrument is to be fitted with a clean sampling filter. A valve shall be inserted downstream to the air inlet. A calibrated pressure sensor relative to the atmospheric pressure shall be fitted to measure the pressure drop across the air inlet and the valve.

EXAMPLE A U-tube or a differential manometer can be used as a pressure sensor.

The nominal pressure drop through the filter shall be measured by the pressure sensor; the indication of the instrument shall be registered.

NOTE If the valve considerably affects the air flow, the nominal pressure drop shall be measured without the valve in the air circuit.

Then the valve shall be adjusted to obtain a pressure drop through the filter of 10 % above the nominal pressure drop. The indication of the instrument at this pressure drop is to be registered and the relative error regarding the indication at nominal pressure drop is to be determined.

8.5 Low sampling flow-rate indication

8.5.1 Requirements

The system shall indicate an alarm when the indication of the sampling flow-rate goes below an acceptable level.

8.5.2 Test method

The system shall operate normally at the beginning of the test. The air sampling flow-rate shall be reduced to a level below the preset air sampling flow-rate alarm level. An alarm shall be activated.

9 Requirements and tests concerning environmental performance

9.1 Response to ambient gamma radiation

9.1.1 Requirements

The instrument shall be designed in such a way that the influence of external gamma radiation on the measurement result is minimized. The manufacturer shall state the differential change of the indicated value caused by an ambient dose equivalent rate of $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ in relation to the indicated value at the lowest and highest limit of the rated range under standard test conditions.

9.1.2 Test method

The gamma radiation test field shall be produced by a ^{137}Cs source. At the reference point the test field shall have an ambient dose equivalent rate of $(1,0 \pm 0,1) \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ uniform over a plane area greater than the detector. The source shall be placed at a distance to achieve this.

The ambient dose equivalent rate of the external gamma radiation at the reference point shall be measured by a calibrated dose rate meter.

During the test, the instrument to be tested shall be positioned with the detector at the reference point.

9.2 Number concentration of aerosols

9.2.1 Requirements

The relative error due to variations of the number concentration of aerosol particles in the sampled atmosphere shall be within the limits specified in Table 3.

9.2.2 Test method

The test shall be performed in a radon reference atmosphere established in a STAR under standard test conditions. The standard test conditions shall be kept constant during the test. The test quantity shall give an indication within the upper half of the rated range.

By means of an aerosol generator, the number concentration of aerosols in the reference atmosphere shall be adjusted to 10^8 m^{-3} with an accuracy of $\pm 10 \%$. The characteristics of the test aerosol are described in 6.4.2. After reaching a steady state, the indication of the instrument is to be registered.

This procedure shall be repeated for number densities of 10^{10} m^{-3} (standard test condition) and 10^{12} m^{-3} . The maximum relative error with respect to standard test conditions shall be calculated.

9.3 Ambient temperature

9.3.1 Requirements

Over the ranges of temperature specified in Table 3, the relative error regarding the indication of the instrument shall remain within the limits specified in that table.

9.3.2 Test method

This test shall be executed in a radon reference atmosphere established in a STAR under standard test conditions for environmental characteristics except ambient temperature.

The measurement shall begin after a thermal steady state has been reached and should last 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 shall be compared with the corresponding reading under standard test conditions.

9.4 Relative humidity and condensed moisture

9.4.1 Requirements

The relative error regarding the indication of the instrument caused by humidity and condensed moisture shall be within the limits specified in Table 3. The test for condensed

moisture shall only be carried out if the manufacturer has not explicitly excluded the use of the instrument under such conditions.

9.4.2 Test method

This test shall be executed in a radon reference atmosphere established in a STAR under standard test conditions for environmental characteristics except ambient temperature and relative humidity. The relative humidity shall be 90 % at an ambient temperature of 30 °C. The test shall be carried out at a thermal steady state.

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

Then the temperature shall be reduced below the dew point in order to create moisture precipitation (condensed moisture). The test conditions shall be maintained for at least 1 h and the indication of the instrument measured during the last 30 min of this period shall be compared with the corresponding reading under standard test conditions.

9.5 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 shall be stated by the manufacturer.

10 Requirements and tests concerning electrical performance

10.1 Warm-up time

10.1.1 Requirements

Ten minutes after being switched on and when exposed to a radioactive source, the instrument shall give an indication that does not differ by more than ± 10 % from the value obtained under standard conditions (see Table 1).

10.1.2 Test method

Prior to this test, the instrument shall be disconnected from the power supply for at least 1 h. An appropriate radioactive source shall be used in order to yield an indication within the rated range.

During the first hour, the value indicated shall be recorded periodically in a time interval appropriate for the test. One hour after switch-on, sufficient readings shall be taken and the mean value shall be used as the “final value” of indication.

The difference between the “final value” and the value from the graph for 10 min shall be within the limits specified.

10.2 Power supply variations

10.2.1 Requirements

The instrument shall be capable of operating from the mains with a supply voltage tolerance of ± 10 % and supply frequencies of 47 Hz to 52 Hz (57 Hz to 62 Hz in countries where the nominal frequency is 60 Hz) without the indication varying by more than 10 % from the indication under standard test conditions.

10.2.2 Test method

The test shall be carried out in a radon reference atmosphere provided by a STAR. The volumetric activity of radon decay products shall be adequate for the instrument to generate an indication within the rated range. With the power supply voltage and frequency at their nominal values, the mean of a sufficient number of readings shall be taken.

a) Voltage test:

The mean of sufficient consecutive readings shall be taken with the supply operating at a nominal frequency and at a voltage 10 % above the nominal value. Repeat the procedure at a voltage 10 % below the nominal value.

These two mean values shall not differ from that obtained with the nominal supply voltage by more than ± 10 %.

b) Frequency test:

The mean of sufficient consecutive readings shall be taken with the supply operating at a nominal voltage and at a frequency of 47 Hz or 57 Hz in countries where the nominal frequency is 50 Hz or 60 Hz respectively. The procedure shall be repeated at a frequency of 52 Hz or 62 Hz in countries where the nominal frequency is 50 Hz or 60 Hz respectively.

These two mean values shall not differ from that obtained with the nominal frequency by more than ± 10 %.

10.3 Battery test

10.3.1 Requirements

The capacity of the battery (including secondary battery) shall be such that, after 8 h of continuous use, the indication of the assembly shall not differ from the initial indication by more than ± 10 %.

10.3.2 Test method

An appropriate radioactive source shall be used in order to induce an indication within the rated range.

The initial response shall be registered. After continuous operation for 8 h, the response shall be compared with the response at the beginning of the test.

11 Requirements and tests concerning mechanical performance

11.1 Requirements

The instrument shall be designed to withstand mechanical shock without degradation of performance. The manufacturer shall specify the performance of the instrument with mechanical shock.

The instrument shall withstand mechanical shocks from three mutually perpendicular directions involving an acceleration up to $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ for a time interval of 18 ms, the shape of the shock pulse being semi-sinusoidal. The instrument shall not be damaged and remain operable according to the requirements of technical standards (see IEC 60068-2-27) or this standard.

11.2 Test method

The test methods for the mechanical types of shock are defined in IEC 60068-2-27.

12 Operation and maintenance manual

Each instrument shall be supplied with an appropriate manual in accordance with IEC 61187.

The manual shall include the following information:

- a) manufacturer name or registered trade mark;
- b) relevant design characteristics of the instrument type;
- c) measurement quantities and units;
- d) type and dimension of aerosol filter;
- e) type of detector;
- f) instructions for use of the instrument;
- g) effective range of measurement;
- h) warm-up time;
- i) nominal air flow-rate;
- j) explosion proof qualification;
- k) nominal power supply voltage and current consumption;
- l) environmental conditions under which the instrument operates in compliance with this standard:
 - ambient gamma radiation;
 - ranges of temperature, relative humidity, atmospheric air pressure;
 - dust and other adverse conditions that affect the measurements;
 - external electromagnetic radiation and electrostatic discharge;
 - mechanical shock.

The documentation shall provide information on the expected operational lifetime of critical and replaceable components such as air pump, detector, flow-rate measuring device, batteries, etc., according to their technical characteristics.

The manual shall provide information on how to check the instrument's performance and how to identify technical malfunctions. A full description of the maintenance procedure shall be given. The maintenance requirements should be kept to a practical minimum.

NOTE The operational and maintenance manual may be issued as hard copy or by electronic data transfer.

13 Type test report and certificate

The results of performance tests shall be reported accurately, clearly, unambiguously and objectively.

The results shall be published in a test report, and shall include all the required information as requested by the customer for the proper implementation of test method used and the proper interpretation of test results.

Each test report shall include at least the following information:

- a) the name and address of the laboratory, and the location where the tests were carried out;
- b) the manufacturer's name of the instrument tested;
- c) relevant design characteristics of the instrument type;
- d) type and serial number of the instrument tested;

- e) year of manufacture of the instrument;
- f) a description of the test methods and the specific test conditions;
- g) test results with the proper units of measurement;
- h) a statement of compliance/non-compliance with the requirements of this standard;
- i) the name(s), function(s) and signature(s) or equivalent identification of person(s) authorizing the test report.

NOTE 1 Test reports are sometimes called test certificates.

NOTE 2 The test reports may be issued as hard copy or by electronic data transfer.

**Table 1 – Reference conditions and standard test conditions
(unless otherwise indicated by the manufacturer)**

Quantity	Reference conditions	Standard test conditions
Warm-up time	10 min	≥ 10 min
Activity concentration of $^{222}\text{Rn}^b$	< 10 Bq·m ⁻³	< 10 Bq·m ⁻³
Activity concentration of $^{220}\text{Rn}^c$	< 10 Bq·m ⁻³	< 10 Bq·m ⁻³
Ambient temperature	20 °C	18 °C to 22 °C
Relative humidity	65 %	50 % to 75 %
Atmospheric pressure	101,3 kPa	90 kPa to 106 kPa ^a
Number concentration of aerosols	10 ¹⁰ m ⁻³	10 ⁹ m ⁻³ to 10 ¹¹ m ⁻³
Air flow velocity	< 2 m·s ⁻¹ (quiescent or slow moving air)	< 2 m·s ⁻¹
Power supply voltage	Nominal supply voltage U_N	Nominal supply voltage $U_N \pm 0,5 \%$
AC power supply frequency	Nominal frequency	Nominal frequency $\pm 0,5 \%$
AC power supply waveform	Sinusoidal	Sinusoidal with a total harmonic distortion less than 5 %
Ambient dose equivalent rate	< 0,20 μSv·h ⁻¹	< 0,20 μSv·h ⁻¹
Electromagnetic field of external origin	Negligible	Negligible
Magnetic induction of external origin	Negligible	Negligible
Radio frequency	Negligible	Less than the lowest value that causes interference
Sampling flow-rate	Nominal flow-rate	Nominal flow-rate $\pm 0,5 \%$
^a Where the detection technique is particularly sensitive to variation in atmospheric pressure, the conditions shall be limited to $\pm 0,5 \%$ of the reference pressure. ^b Only for instruments measuring short-lived decay products of ^{220}Rn . ^c Only for instruments measuring short-lived decay products of ^{222}Rn .		

Table 2 – Tests of the radiation detection performance

Characteristics under test	Requirement	Subclause
Cross-interference to RnDP ₂₂₂ ^a	Response to RnDP ₂₂₂ ≤ 20 %	7.2
Cross-interference to RnDP ₂₂₀ ^b	Response to RnDP ₂₂₀ ≤ 20 %	7.2
Linearity of indication	Test parameter for linearity $Q < 0,15$	7.3
Instrument statistical fluctuation	Coefficient of variation less than ± 10 %	7.4
Response time	In accordance with the manufacturers specifications	7.5
^a Only for instruments measuring short-lived decay products of ²²⁰ Rn. ^b Only for instruments measuring short-lived decay products of ²²² Rn.		

Table 3 – Tests performed with variation of influence quantities

Influence quantity	Range of value	Limits of variation ^a	Subclause
Ambient dose equivalent rate	≤ 1 µSv·h ⁻¹	In accordance with manufacturer's specification	9.1
Number concentration of aerosols	10 ⁸ m ⁻³ to 10 ¹² m ⁻³	± 25 %	9.2
Ambient temperature	–5 °C to 45 °C	± 10 %	9.3
Relative humidity	90 % at 30 °C	± 10 %	9.4
Moisture ^b	Condensed	± 50 %	9.4
Atmospheric pressure	90 kPa to 106 kPa	In accordance with manufacturer's specification	9.5
Warm-up time	10 min	± 10 %	10.1
AC power supply voltage	From 90 % U_N to 110 % U_N	± 10 %	10.2
AC power supply frequency	From 47 Hz to 52 Hz (From 57 Hz to 62 Hz) ^c	± 10 %	10.2
Battery capacity	After 8 h of continuous operation	± 10 %	10.3
Mechanical shock	As defined by the manufacturer	As defined by the manufacturer	11
^a Referring to reference conditions. ^b Only if not explicitly excluded by the manufacturer. ^c Only in countries where the nominal frequency is 60 Hz.			

Table 4 – Tests of the air circuit

Characteristics under test	Requirement	Subclause
Flow-rate stability	Variation less than ± 10 % in 20 h (operating hours)	8.2
Accuracy of air flow-rate	Relative error regarding the indication of the instrument less than ± 10 %	8.3
Filter pressure drop	Relative error regarding the indication of the instrument less than 10 % at an increasing pressure drop up to 10 %	8.4
Loss of sampling circuit	Indicate a fault when flow-rate goes below an acceptable level.	8.5

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	31
INTRODUCTION.....	33
1 Domaine d'application	34
2 Références normatives.....	34
3 Termes et définitions	35
4 Considérations générales relatives à la conception	36
4.1 Considérations liées à la conception concernant les mesures.....	36
4.1.1 Dépôt des descendants du radon sur des surfaces	36
4.1.2 Système d'écoulement d'air	37
4.2 Considérations liées à la conception concernant la manipulation et la maintenance.....	37
4.2.1 Transportabilité	37
4.2.2 Utilisation dans des conditions environnementales sévères	37
4.2.3 Fonctionnement automatique.....	38
4.2.4 Fiabilité	38
4.2.5 Aptitude aux essais de fonctionnement.....	38
4.2.6 Dispositifs de réglage et de maintenance	38
4.2.7 Niveau de bruit acoustique	38
4.2.8 Interférences électromagnétiques	38
4.2.9 Stockage	39
5 Constituants techniques	39
5.1 Ensemble de prélèvement	39
5.2 Ensemble du détecteur de rayonnement.....	39
5.3 Traitement et enregistrement des données	40
5.4 Affichage des mesures	40
5.5 Alimentation	40
6 Conditions d'essai	41
6.1 Généralités.....	41
6.2 Conditions d'essai normalisées	41
6.3 Réalisation des essais.....	41
6.4 Sources d'essai.....	42
6.4.1 Sources solides	42
6.4.2 Atmosphères de référence.....	42
7 Exigences et essais concernant les performances sous rayonnement	42
7.1 Réponse de référence à une source d'essai	42
7.1.1 Exigences.....	42
7.1.2 Méthode d'essai	43
7.2 Interférence croisée à d'autres isotopes du radon	43
7.2.1 Exigences.....	43
7.2.2 Méthode d'essai	43
7.3 Linéarité de l'indication.....	43
7.3.1 Exigences.....	43
7.3.2 Méthode d'essai	44
7.4 Fluctuations statistiques de l'instrument	44
7.4.1 Exigences.....	44
7.4.2 Méthode d'essai	44

7.5	Temps de réponse.....	45
7.5.1	Exigences.....	45
7.5.2	Méthode d'essai	45
7.6	Accumulation de signaux.....	45
7.6.1	Exigences.....	45
7.6.2	Méthode d'essai	46
8	Exigences et essais concernant les performances du circuit d'air	46
8.1	Généralités.....	46
8.2	Stabilité du débit	46
8.2.1	Exigences.....	46
8.2.2	Méthode d'essai	46
8.3	Précision de la mesure de débit	46
8.3.1	Exigences.....	46
8.3.2	Méthode d'essai	46
8.4	Effet de la chute de pression dans le filtre	46
8.4.1	Exigences.....	46
8.4.2	Méthode d'essai	47
8.5	Indication d'un faible débit de prélèvement.....	47
8.5.1	Exigences.....	47
8.5.2	Méthode d'essai	47
9	Exigences et essais concernant les performances environnementales.....	47
9.1	Réponse au rayonnement gamma ambiant	47
9.1.1	Exigences.....	47
9.1.2	Méthode d'essai	47
9.2	Concentration en aérosols.....	48
9.2.1	Exigences.....	48
9.2.2	Méthode d'essai	48
9.3	Température ambiante	48
9.3.1	Exigences.....	48
9.3.2	Méthode d'essai	48
9.4	Humidité relative et condensation.....	48
9.4.1	Exigences.....	48
9.4.2	Méthode d'essai	49
9.5	Pression atmosphérique	49
10	Exigences et essais concernant les performances électriques	49
10.1	Temps de mise à l'équilibre thermique	49
10.1.1	Exigences.....	49
10.1.2	Méthode d'essai	49
10.2	Variation de l'alimentation	49
10.2.1	Exigences.....	49
10.2.2	Méthode d'essai	50
10.3	Essai des piles et batteries.....	50
10.3.1	Exigences.....	50
10.3.2	Méthode d'essai	50
11	Exigences et essais concernant les performances mécaniques	50
11.1	Exigences	50
11.2	Méthode d'essai	50
12	Manuel d'utilisation et de maintenance	51

13 Rapport d'essais de type et certificat	51
Tableau 1 – Conditions de référence et conditions d'essai normalisées (sauf indication contraire du fabricant).....	52
Tableau 2 – Essais des performances de détection des rayonnements	53
Tableau 3 – Essais réalisés avec une variation des grandeurs d'influence	53
Tableau 4 – Essais du circuit d'air	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 Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets 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.

Cette deuxième édition de la CEI 61577-3 annule et remplace la CEI 61577-3:2002 et la CEI 61263:1994. La présente édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les changements techniques significatifs suivants par rapport à l'édition précédente:

- Ajout de nouvelles exigences et de nouveaux essais concernant les performances de détection de rayonnement.
- Ajout de nouvelles exigences et de nouveaux essais concernant les performances environnementales.

- Harmonisation des exigences et des essais, concernant les performances électriques et mécaniques, avec d'autres normes du domaine de l'instrumentation pour la radioprotection.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/700/FDIS	45B/716/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 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 61577, présentées sous le titre général: *Instrumentation pour la radioprotection – Instruments de mesure du radon et des descendants du radon*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

INTRODUCTION

Le radon est un gaz radioactif à l'état de traces, produit par la désintégration des ^{226}Ra , ^{223}Ra et ^{224}Ra , qui sont respectivement les produits de la décroissance de ^{238}U , ^{235}U et ^{232}Th présents dans la croûte terrestre. En se désintégrant, les isotopes du radon (c'est-à-dire ^{222}Rn , ^{219}Rn , ^{220}Rn) génèrent trois chaînes de désintégration finissant chacune par un isotope stable du plomb. L'isotope ^{220}Rn du radon est généralement appelé thoron¹.

NOTE Dans des conditions normales, du fait de la très courte période du ^{219}Rn , son activité et celle de ses RnDP² sont considérées comme négligeables comparées aux activités des deux autres séries. Ses effets sur la santé sont donc insignifiants. Par conséquent, la présente Norme ne concerne pas le ^{219}Rn et ses descendants.

Les isotopes du radon et leurs descendants à vie courte (RnDP) (c'est-à-dire ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po pour ^{222}Rn , et ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{212}Po , ^{208}Tl pour le ^{220}Rn) sont d'une importance considérable, puisqu'ils constituent la majeure partie de l'exposition des populations et des travailleurs à la radioactivité naturelle. Sur certains lieux de travail, telles que les mines souterraines, les stations thermales et les installations d'adduction d'eau, les travailleurs sont soumis à des expositions très importantes de RnDP. Des quantités variables de ces radionucléides sont présentes dans l'air sous forme de gaz dans le cas des isotopes du radon, et sous forme de particules très fines dans le cas de leurs descendants. Il importe aux experts de radiophysique médicale sanitaire de disposer de moyens pour mesurer, avec une grande précision, le niveau de ce type de radioactivité naturelle dans l'atmosphère. En raison du comportement très particulier de ces éléments radioactifs dans l'atmosphère et dans les instruments de mesure correspondants, il est nécessaire de formaliser la façon de contrôler ces instruments.

La série de normes CEI 61577 couvre des exigences spécifiques concernant l'essai et l'étalonnage des instruments de mesure du radon et de ses descendants à vie courte. Afin de faciliter son utilisation, la série CEI 61577 est divisée en plusieurs parties de la façon suivante:

CEI 61577-1 (Normative): Cette Partie met l'accent sur la terminologie et les unités utilisées dans le domaine spécifique des techniques de mesure du radon et de ses descendants à vie courte (RnDP) et décrit brièvement le Système de Test en Atmosphères contenant du Radon (STAR), utilisé pour les essais et l'étalonnage des dispositifs de mesure du radon et de ses descendants à vie courte.

CEI 61577-2 (Normative): Cette Partie est consacrée aux essais des instruments de mesure du ^{222}Rn et du ^{220}Rn .

CEI 61577-3 (Normative): Cette Partie est consacrée aux essais des instruments de mesure du RnDP₂₂₂ et du RnDP₂₂₀.

CEI 61577-4 (Normative): Cette partie détaille la manière dont un STAR est construit et comment il peut être utilisé pour réaliser les essais.

CEI 61577-5 (Informative): C'est un guide technique concernant des caractéristiques spécifiques du radon et de ses descendants à vie courte ainsi que leur mesure.

¹ Le terme *thoron* n'est pas utilisé dans cette norme. Le terme *radon* est utilisé à la place pour indiquer les radionucléides ^{220}Rn et ^{222}Rn . Dans le cas où un seul radionucléide serait explicitement spécifié, le nombre de masse et le symbole chimique sera donné.

² RnDP est l'acronyme de "Radon Decay Products" et est équivalent au terme "descendants du radon". Le terme "descendants du radon" ou son abréviation (RnDP) indique l'ensemble complet des descendants du radon à vie courte qui font l'objet de la présente Norme. Un isotope particulier est indiqué par son symbole chimique et par son nombre de masse. Les indices 222 , 220 ajoutés à l'abréviation RnDP désignent le jeu complet des descendants à vie courte de l'isotope radon correspondant (RnDP₂₂₂: ^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi , ^{214}Po , et RnDP₂₂₀: ^{216}Po , ^{212}Pb , ^{212}Bi , ^{212}Po , ^{208}Tl).

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

La présente Partie de la CEI 61577 décrit les exigences spécifiques relatives aux instruments destinés au mesurage de l'activité volumétrique des descendants du radon à vie courte en suspension dans l'air et/ou de leur énergie alpha potentielle volumique à l'extérieur, dans les habitations et sur les lieux de travail, y compris dans les mines souterraines.

En pratique, la présente Norme s'applique à tous les types d'instruments électroniques utilisant des méthodes basées sur un prélèvement instantané, un prélèvement en continu et des méthodes de mesure électroniques intégrées. 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 différents types d'instrumentation utilisés pour les mesures sont indiqués par la CEI 61577-1.

2 Références normatives

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

CEI 60050-394, *Vocabulaire Électrotechnique International (VEI) – Partie 394: Instrumentation nucléaire – Instruments, systèmes, équipements et détecteurs*

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

CEI 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

CEI 61140, *Protection contre les chocs électriques – Aspects communs aux installations et aux matériels*

CEI 61187, *Équipement de mesures électriques et électroniques – Documentation*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de la CEI 60050-394 s'appliquent ainsi que les suivants:

3.1

valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

valeur attribuée à une grandeur particulière et reconnue, parfois par convention, comme la représentant avec une incertitude appropriée pour un usage donné

NOTE La "valeur conventionnellement vraie d'une grandeur" est quelquefois appelée valeur assignée, meilleure estimation de la valeur, valeur convenue ou valeur de référence.

[CEI 60050-394:2007, 394-40-10]

3.2

domaine nominal

domaine des valeurs de la grandeur à mesurer, à observer, à fournir ou à afficher, assigné à l'appareillage

[CEI 60050-394:2007, 394-39-42]

3.3

erreur (de mesure)

résultat d'un mesurage moins une valeur vraie du mesurande

NOTE 1 Étant donné qu'une valeur vraie ne peut pas être déterminée, dans la pratique on utilise une valeur conventionnellement vraie.

NOTE 2 Lorsqu'il est nécessaire de faire la distinction entre «l'erreur» et «l'erreur relative», la première est parfois appelée «erreur absolue de mesure». Il ne faut pas la confondre avec la «valeur absolue de l'erreur» qui est le module de l'erreur.

[CEI 60050-394:2007, 394-40-13]

3.4

erreur relative

rapport de l'erreur de mesure à une valeur vraie du mesurande

NOTE Étant donné qu'une valeur vraie ne peut pas être déterminée, dans la pratique on utilise une valeur conventionnellement vraie.

[CEI 60050-394:2007, 394-40-11]

3.5

erreur intrinsèque

erreur d'un instrument de mesure déterminée dans les conditions de référence

[CEI 60050-394:2007, 394-40-12]

3.6

réponse (d'un ensemble de mesure de rayonnement)

rapport, dans des conditions spécifiées, donné par la relation:

$$R = \frac{v}{v_c}$$

où v est la valeur mesurée par l'équipement ou l'ensemble soumis à essai et v_c est la valeur conventionnellement vraie de cette grandeur

NOTE 1 Le signal d'entrée d'un système de mesure peut être appelé stimulus, et le signal de sortie peut être appelé réponse (VIM).

NOTE 2 Le terme réponse peut avoir plusieurs définitions. A titre d'exemple est indiquée la définition de la réponse d'un ensemble de mesure de rayonnement

[CEI 60050-394:2007, 394-40-21]

3.7

réponse de référence

réponse d'un ensemble dans des conditions de référence vis-à-vis d'un débit de dose de référence ou d'une activité de référence exprimée par:

$$R_{\text{ref}} = \frac{\nu}{\nu_c}$$

où ν est la valeur mesurée par l'équipement ou l'ensemble soumis au test et ν_c est la valeur conventionnellement vraie associée à la source de référence

NOTE La valeur du bruit de fond peut être prise en compte automatiquement par un algorithme inclus dans le système de mesure.

[CEI 60050-394:2007, 394-40-22]

3.8

interférence croisée

rapport de la réponse de l'instrument au rayonnement issu d'un radionucléide en interférence et de la réponse au rayonnement issu du radionucléide concerné

NOTE Dans le contexte de la présente Norme, le terme "interférence croisée" est utilisé pour caractériser la falsification du RnDP_{220} sur l'indication des instruments mesurant les grandeurs du RnDP_{222} , et vice versa.

3.9

coefficient de variation

rapport de l'écart type s à la moyenne arithmétique $\bar{x}$ d'une série de n mesures x_i donné par la formule suivante:

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

[CEI 60050-394:2007, 394-40-14]

3.10

temps de réponse (d'un ensemble de mesure)

durée entre l'instant où une variation brusque de la grandeur mesurée se produit et l'instant où un signal de sortie atteint un pourcentage donné de sa valeur finale pour la première fois, ce pourcentage étant normalement de 90 %

[CEI 60050-394:2007, 394-39-09]

4 Considérations générales relatives à la conception

4.1 Considérations liées à la conception concernant les mesures

4.1.1 Dépôt des descendants du radon sur des surfaces

Après la désintégration du radon, ses descendants nouvellement générés forment des agrégats (diamètres des particules de l'ordre du nanomètre) dont certains d'entre eux se mêlent à l'aérosol ambiant, et cette fraction des agrégats est nommée "fraction attachée" des

descendants du radon. La partie des agrégats libres est dénommée "fraction libre". La fraction libre des descendants a une mobilité élevée et se dépose de préférence sur des surfaces.

Le dépôt des descendants du radon sur des surfaces provoque un appauvrissement à proximité de l'instrument et peut entraîner des aberrations de mesures. Afin de minimiser ces effets, il est préférable d'utiliser un dispositif de prélèvement d'air ouvert.

Dans le cas où un tel dispositif de prélèvement n'est pas applicable, le fabricant doit spécifier l'erreur relative liée à la fraction libre des descendants du radon.

NOTE Les descendants du radon nouvellement formés semblent être principalement positifs dans l'atmosphère, leur taille augmentant rapidement par agrégation avec les molécules environnantes de l'air (eau, traces de gaz). Ces particules ultrafines avec les diamètres thermodynamiques dans la gamme conventionnelle de moins de 5 nanomètres sont nommées "fraction libre". Des toiles métalliques sont communément utilisées pour la mesure de la fraction libre.

4.1.2 Système d'écoulement d'air

Les appareils fonctionnant avec un prélèvement d'air doivent être convenablement conçus et construits pour éviter qu'un recyclage ne se produise entre l'entrée d'air et la sortie d'air. La distance minimale entre l'entrée d'air et la sortie d'air doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

Il convient que la conception du système de prélèvement d'air évite la formation de turbulences. L'impact du débit et de la chute de pression sur les mesures doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

4.2 Considérations liées à la conception concernant la manipulation et la maintenance

4.2.1 Transportabilité

L'instrument doit être conçu pour être facilement transporté à la main, afin d'effectuer des mesures in-situ. Ceci exige, en particulier, qu'il présente une bonne robustesse vis-à-vis des chocs mécaniques.

4.2.2 Utilisation dans des conditions environnementales sévères

Si l'instrument est mis en œuvre dans des conditions environnementales sévères, comme cela se présente la plupart du temps en extérieur ou sur les lieux de travail, en particulier dans les mines, l'instrument doit être de construction "tout-terrain". Lorsque cela est applicable, des mesures appropriées doivent être prises pour protéger l'instrument et ses composants contre les influences externes ou des conditions impliquant:

- a) les impacts mécaniques;
- b) la corrosion et les solvants corrosifs;
- c) les moisissures;
- d) les organismes nuisibles;
- e) le rayonnement solaire;
- f) la formation de glace;
- g) l'humidité et les projections d'eau;
- h) les atmosphères explosives.

Dans le cas où il n'est pas possible d'éliminer totalement l'impact des influences externes, elles ne doivent pas affecter le bon fonctionnement de l'instrument ou compromettre sa sécurité. Les projections d'eau ne doivent pas avoir d'effet néfaste.

Le fabricant doit spécifier les domaines minimaux relatifs aux conditions environnementales ou aux influences externes dans lesquels un fonctionnement satisfaisant de l'instrument est assuré. Le fabricant doit indiquer les influences ou les conditions réduisant de manière significative les possibilités de mesure de l'instrument.

Le fabricant doit indiquer explicitement si l'instrument peut ou ne peut pas être utilisé en atmosphères explosives (par exemple, dans les mines).

4.2.3 Fonctionnement automatique

L'instrument doit être tel que le cycle de mesures puisse être effectué manuellement ou avec une programmation, de sorte qu'un fonctionnement automatique puisse être réalisé.

4.2.4 Fiabilité

L'instrument doit être conçu pour offrir des performances fiables, avec des défaillances réduites minimum.

4.2.5 Aptitude aux essais de fonctionnement

Il convient que l'instrument soit prévu pour permettre à l'acheteur d'effectuer des contrôles périodiques de son fonctionnement.

Ces contrôles doivent être effectués en utilisant une ou plusieurs sources radioactives appropriées, si cela est nécessaire.

4.2.6 Dispositifs de réglage et de maintenance

Tous les constituants électroniques doivent être équipés d'un nombre suffisant de points de mesure, accessibles et identifiables, afin de faciliter les réglages et la localisation des défauts. Tout outil spécifique de maintenance doit être fourni, ainsi que les manuels de maintenance adéquats.

La conception de tous les constituants doit être telle que la réparation et la maintenance soient facilitées.

4.2.7 Niveau de bruit acoustique

Le niveau de bruit acoustique de l'instrument doit provenir principalement du dispositif d'échantillonnage et des vibrations en résultant.

Il convient que le fabricant choisisse les composants et conçoive l'instrument de telle manière que le niveau de bruit soit minimisé. En particulier, pour les instruments utilisés à l'intérieur, la réduction du niveau de bruit acoustique doit être prise en compte.

4.2.8 Interférences électromagnétiques

Toutes les précautions nécessaires doivent être prises pour prévenir les effets préjudiciables des interférences électromagnétiques reçues ou émises par l'instrument.

Le fabricant doit quantifier les émissions électromagnétiques de l'instrument. Les limites d'émission applicables à l'instrument, objet de la présente Norme, sont données par la CEI 61000-6-4. De plus, le fabricant doit indiquer l'influence que peuvent avoir sur l'instrument les téléphones cellulaires et les talkies-walkies, à une distance donnée, et doit stipuler des mises en garde appropriées.

4.2.9 Stockage

L'instrument doit rester fonctionnel et répondre aux exigences spécifiées par la présente Norme après stockage, sans piles, ni batterie, ni transport dans l'emballage du fabricant et à toutes les températures comprises entre $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. Dans certains cas, des exigences plus sévères peuvent être énoncées, comme la capacité à supporter le transport aérien à basse pression atmosphérique.

5 Constituants techniques

5.1 Ensemble de prélèvement

L'ensemble de prélèvement peut inclure les composants et les unités fonctionnelles suivants:

- a) les tubulures de prélèvement et d'échappement;
- b) l'entrée de prélèvement d'air;
- c) le dispositif de rétention des aérosols;
- d) la pompe à air;
- e) les dispositifs de réglage du débit d'air et de mesure.

Un dispositif de prélèvement ayant une face ouverte est recommandé. Le dispositif de prélèvement doit être conçu pour minimiser les pertes d'aérosols.

Dans le cas où un filtre à air est appliqué pour la rétention des aérosols et le prélèvement des radionucléides en suspension dans l'air, il convient de mettre en place un filtre à particules de haute performance (HEPA). Le fabricant doit préciser le type de filtre.

L'accès au filtre doit être conçu de manière à pouvoir le remplacer facilement. 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. Un avertissement doit être donné lorsque la chute de pression est telle qu'un changement de filtre est nécessaire. La conception doit permettre le changement du filtre de façon simple et sans dommage.

La pompe à air doit être placée en aval du filtre ou de tout autre élément de prélèvement, et doit pouvoir supporter les variations de pression induites par les conditions de fonctionnement, les types de filtre et le colmatage dû à un amas des poussières atmosphériques. La pompe doit être capable de fonctionner en continu entre les interventions de maintenance programmée.

Le domaine des débits acceptables doit être précisé par le fabricant. Si les mesures sont influencées par le débit, un dispositif de régulation du débit doit être prévu, sa plage de réglage étant suffisante pour compenser la variation des caractéristiques intrinsèques de la pompe à air et de tout filtre utilisé. Si l'instrument mesure et indique le débit, la pression et la température, auxquelles le débitmètre est étalonné et pour lesquelles le débit est exprimé, doivent être données.

5.2 Ensemble du détecteur de rayonnement

L'ensemble du détecteur de rayonnement produit un signal électrique associé au rayonnement émis par les descendants du radon prélevés ayant une incidence sur le détecteur. L'efficacité de détection doit être optimisée.

Une contamination du détecteur peut entraîner un bruit de fond plus élevé. Des précautions doivent être prises pour sa protection contre la contamination, quand l'instrument n'est pas utilisé. Lorsque cela est possible, il convient de protéger la fenêtre du détecteur à l'aide d'un écran mince, facile à remplacer, ou bien d'utiliser un détecteur renforcé à l'état solide.

NOTE La contamination peut être provoquée par:

- le dépôt des descendants du radon en suspension dans l'air;
- le recul des descendants du radon prélevés.

5.3 Traitement et enregistrement des données

Cet ensemble comprend les unités fonctionnelles assurant l'acquisition et le traitement des signaux délivrés par le détecteur.

Le fabricant doit publier les principes et toutes les procédures de mesure applicables utilisés pour obtenir un résultat de mesure et ses incertitudes. Le détail des informations doit faciliter la vérification des résultats de mesure par l'acheteur.

Le système électronique d'enregistrement doit avoir la capacité suffisante pour enregistrer toutes les données de mesure, y compris celles de spectrométrie générées pendant une longue période par acquisition autonome des données. Les données doivent être conservées sur des médias qui en assurent la protection et la disponibilité, particulièrement en cas de défaut et d'interruption de fonctionnement ou de défaillance de l'alimentation en énergie. Le fabricant doit spécifier la capacité du système d'enregistrement des données.

5.4 Affichage 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. Si la méthode de mesure l'exige, le débit de prélèvement, la pression atmosphérique et la température ambiante doivent être indiqués.

L'affichage doit présenter une ou plusieurs grandeurs ci-après:

- l'activité volumique des descendants du radon;
- l'énergie alpha potentielle volumique ou l'exposition à l'énergie alpha potentielle;
- la concentration équivalente en radon à l'équilibre.

Les grandeurs doivent être données en unités SI combinées. Il convient d'utiliser les sous-multiples appropriés. Il convient que l'affichage montre l'incertitude de mesure.

Le résultat d'une mesure doit comprendre la valeur mesurée et l'incertitude associée à cette valeur mesurée. Il convient de baser l'incertitude donnée sur les exigences du Guide ISO/CEI 98-3, relatives à l'expression de l'incertitude de mesure.

Il convient que l'instrument soit pourvu de sorties de 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.

Il convient que l'instrument soit pourvu d'un niveau de seuil préétabli donnant une alarme en cas de dépassement d'une grandeur de rayonnement pertinente et prédéterminée (par exemple, activité volumique de descendants du radon ou énergie alpha potentielle volumique). Il convient que le niveau du seuil soit réglable.

5.5 Alimentation

L'ensemble d'alimentation doit satisfaire aux exigences relatives à la protection des personnes contre les chocs électriques, telles que spécifiées par la CEI 61140.

Certains instruments peuvent être équipés de piles ou de batteries. Celles-ci peuvent être connectées de n'importe quelle façon et doivent être remplaçables individuellement. La polarité correcte doit être clairement indiquée. Le fabricant doit préciser le type ou les types de piles ou de batteries.

Les batteries rechargeables doivent être complètement chargées à partir du réseau électrique en moins de 16 h. Il convient qu'un dispositif coupant le chargeur après la charge complète de la batterie soit prévu. Une indication de charge minimale doit être clairement affichée avant que l'affichage ne fonctionne plus.

6 Conditions d'essai

6.1 Généralités

Les procédures générales d'essai traitées dans la présente Partie de la CEI 61577 concernent des instruments ayant différentes caractéristiques techniques. Sauf indication contraire, ces essais sont considérés comme des "essais de type". Les exigences énoncées sont des exigences minimales et peuvent être modifiées pour s'adapter à un instrument particulier ou à une unité fonctionnelle particulière. Certains essais peuvent être considérés comme des essais d'acceptation, après accord établi entre le fabricant et l'acheteur.

Sauf spécification contraire, le fabricant doit indiquer au moins l'une des grandeurs suivantes comme étant une grandeur d'essai:

- a) l'activité volumique d'un ou de plusieurs descendants du radon à vie courte;
- b) l'énergie alpha potentielle volumique (EAPV) ou l'exposition à l'énergie alpha potentielle (EAP) des descendants du radon à vie courte;
- c) la concentration équivalente à l'équilibre.

Une grandeur d'essai est celle avec laquelle les caractéristiques métrologiques de l'instrument sont soumises aux essais. La spécification de la grandeur d'essai peut également être convenue entre le fabricant et l'acheteur.

6.2 Conditions d'essai normalisées

Sauf indication contraire, les essais décrits dans la présente Norme doivent être effectués dans les conditions d'essai normalisées établis dans une atmosphère de référence contenant du radon.

Les conditions d'essai normalisées, données par le Tableau 1, doivent être maintenues constantes dans les limites spécifiées, pendant un essai.

6.3 Réalisation des essais

La concentration des descendants du radon dans l'atmosphère d'essai doit induire une indication incluse dans le domaine nominal. Sauf indication contraire, l'indication doit se situer dans le tiers inférieur du domaine nominal.

La fluctuation statistique des mesures, due à la nature aléatoire de la radioactivité, doit être minimisée en effectuant un nombre suffisant de relevés de mesures pour garantir une précision satisfaisante à la valeur moyenne, permettant ainsi d'évaluer la conformité, eu égard à l'exigence correspondante.

Afin de soumettre l'instrument aux essais d'une grandeur d'influence particulière, celle-ci doit varier sur le domaine spécifié par le Tableau 3, tandis que les autres grandeurs d'influence doivent être maintenues constantes et inférieures aux tolérances des conditions d'essai normalisées spécifiées par le Tableau 2. L'erreur relative de l'indication de l'instrument dans les conditions de référence doit être calculée.

NOTE Lorsque l'instrument soumis aux essais est exploité dans des conditions ambiantes particulières, le domaine des grandeurs d'influence peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

6.4 Sources d'essai

6.4.1 Sources solides

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. Ces sources permettent de vérifier le bon fonctionnement des circuits électroniques utilisés pour l'analyse, depuis le détecteur jusqu'à l'affichage.

Conformément au principe de la mesure, des sources alpha ou bêta de référence doivent être utilisées.

NOTE En règle générale, des sources alpha ou bêta planaires sont utilisés. Habituellement, les radionucléides émettant des particules alpha sont le ^{244}Cm , ^{241}Am ou le ^{238}Pu ; habituellement, les radionucléides émettant des particules bêta sont le ^{137}Cs , ^{99}Tc , ^{36}Cl , ou le $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

Il convient que les dimensions de la surface active de ces sources soient toutes identiques à l'aire du dépôt actif sur le filtre. Lorsque des sources solides, 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, si cela s'avère nécessaire pour les essais.

6.4.2 Atmosphères de référence

L'énergie alpha potentielle volumique des descendants du radon à vie courte, radon-222, (ou radon-220), établis dans une atmosphère réelle, dépend des paramètres climatiques particuliers et des paramètres physiques spécifiques des aérosols. Les essais doivent évaluer les possibilités de mesure de l'instrument pour son utilisation prévue et, en conséquence, des atmosphères d'essai doivent être reproduites pour simuler des conditions de mesure réelles. Ces atmosphères d'essai doivent être générées dans des chambres à radon de référence, en utilisant un Système de Test en Atmosphères contenant du Radon (STAR).

NOTE 1 Les composants et le fonctionnement d'un STAR, ainsi que la génération des atmosphères de référence contenant du radon et destinées aux essais des instruments, sont décrits dans la CEI 61577-4.

Un STAR fonctionne généralement avec des aérosols artificiels d'essai. Une distribution d'aérosols poly-dispersés doit être utilisée pour les essais normalisés. Il convient que le diamètre médian aérodynamique en activité (AMAD) de la particule d'aérosol se trouve dans le domaine compris entre 150 nm et 500 nm et l'écart type géométrique (GSD) entre 1,5 et 2,5.

NOTE 2 Il convient d'utiliser des aérosols mono-dispersés avec un écart type géométrique inférieur à 1,5 pour des études de performance plus poussées et des recherches sur leur comportement fondamental.

7 Exigences et essais concernant les performances sous rayonnement

7.1 Réponse de référence à une source d'essai

7.1.1 Exigences

Le fabricant doit préciser quelle est l'indication nominale de l'instrument et sa tolérance approuvée en présence d'une source d'essai fournie.

NOTE Cet essai n'est obligatoire que lorsque le fabricant fournit une source d'essai appropriée.

7.1.2 Méthode d'essai

L'instrument doit fonctionner dans les conditions d'essai normalisées et en mode de fonctionnement normalisé, en l'absence d'un rayonnement de référence. L'indication du bruit de fond doit être consignée.

La source d'essai doit induire une indication comprise dans le domaine nominal. La source doit être positionnée selon les instructions du fabricant, à l'emplacement du médium de prélèvement (par exemple, un filtre).

Après la mise à l'équilibre thermique de l'instrument, l'indication correspondant à la réponse à la source d'essai, corrigée du bruit de fond, doit être dans les tolérances de l'indication nominale donnée par le fabricant.

7.2 Interférence croisée à d'autres isotopes du radon

7.2.1 Exigences

L'interférence croisée au RnDP_{222} d'un instrument construit pour le RnDP_{220} ne doit pas être supérieure à 20 %.

L'interférence croisée au RnDP_{220} d'un instrument construit pour le RnDP_{222} ne doit pas être supérieure à 20 %.

7.2.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être effectués dans une atmosphère de référence contenant du radon établie dans un STAR, dans les conditions d'essai normalisées.

Concernant l'interférence croisée au RnDP_{220} , ce qui suit s'applique:

L'instrument doit être préparé pour mesurer les grandeurs relatives aux descendants à vie courte du ^{222}Rn . À la place du ^{222}Rn , une quantité suffisante de ^{220}Rn doit être injectée dans l'atmosphère de référence pour établir une activité volumétrique de $1\,000\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ et la maintenir constante pendant plus de 50 h. L'activité volumique du ^{222}Rn dans l'atmosphère de référence doit être négligeable. Après au moins 50 h après injection, l'instrument doit acquérir les données de mesure pendant au moins 1 h. Le rapport de la valeur moyenne de l'indication, pendant le temps d'acquisition des données, à la valeur moyenne de la grandeur correspondante du RnDP_{220} doit être calculé et donné en pourcentage.

Concernant l'interférence croisée au RnDP_{222} , ce qui suit s'applique:

L'instrument doit être préparé pour mesurer les grandeurs relatives aux descendants à vie courte du ^{220}Rn . À la place du ^{220}Rn , une quantité suffisante de ^{222}Rn doit être injectée dans l'atmosphère de référence pour établir une activité volumétrique de $1\,000\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ et la maintenir constante pendant au moins 4 h. L'activité volumique du ^{220}Rn dans l'atmosphère de référence doit être négligeable. Après au moins 3 h après injection, l'instrument doit acquérir les données de mesure pendant au moins 1 h. Le rapport de la valeur moyenne de l'indication, pendant le temps d'acquisition des données, à la valeur moyenne de la grandeur correspondante du RnDP_{222} doit être calculé et donné en pourcentage.

7.3 Linéarité de l'indication

7.3.1 Exigences

La linéarité doit être comprise comme étant l'erreur de linéarité constituée par l'écart de la courbe, représentant la grandeur de sortie en fonction de la grandeur d'entrée, par rapport à une ligne droite. L'erreur de linéarité est représentée par le paramètre Q:

$$Q = \left| \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R_{\max} + R_{\min}} \right|,$$

où $R_{\max}$ est la réponse de l'instrument lorsque l'entrée induit un résultat en sortie supérieur à 90 % du domaine nominal et $R_{\min}$ est la réponse de l'instrument lorsque l'entrée induit un résultat en sortie inférieur à 10 % du domaine nominal.

Le paramètre de linéarité, Q , doit être inférieur à 0,15. Si l'instrument a différents domaines de travail, le paramètre de linéarité, Q , doit être inférieur à 0,15 pour chacun des domaines.

Les essais de linéarité doivent être effectués sur le domaine nominal de l'instrument.

7.3.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être effectués dans une atmosphère de référence contenant du radon établie dans un STAR, dans les conditions d'essai normalisées. Les conditions d'essai normalisées doivent être maintenues constantes pendant l'essai.

La valeur conventionnellement vraie de la grandeur d'essai doit être telle qu'une sortie supérieure à 90 % du domaine nominal soit induite. $R_{\max}$ doit être déterminé à partir du rapport entre l'entrée et la sortie. La procédure doit être répétée pour générer une valeur inférieure à 10 % du domaine nominal, afin de déterminer $R_{\min}$. Ensuite, le paramètre de linéarité, Q , doit être calculé.

Si l'instrument a différents domaines de travail, la procédure doit être répétée pour chacun des domaines.

7.4 Fluctuations statistiques de l'instrument

7.4.1 Exigences

Les résultats des mesures successives d'une même grandeur de rayonnement doivent être reproductibles. Le coefficient de variation attribué au prélèvement et au traitement des signaux de l'instrument ne doit pas dépasser 10 %. Les fluctuations statistiques de la décroissance radioactive doivent être négligées.

NOTE Les fluctuations statistiques sont dues à la nature aléatoire du rayonnement et de la radioactivité, ainsi qu'au processus de prélèvement et au traitement de signal de l'instrument. L'essai concernant les fluctuations statistiques de l'instrument destiné à éprouver la reproductibilité des mesures n'inclut pas les fluctuations statistiques générées par la décroissance radioactive.

7.4.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être effectués dans une atmosphère de référence contenant du radon établie dans un STAR, dans les conditions d'essai normalisées. Les conditions d'essai normalisées doivent être maintenues constantes pendant l'essai. L'essai doit être effectué dans la moitié supérieure du domaine nominal. Les temps de prélèvement et de mesure doivent être tels que les fluctuations statistiques provenant de la décroissance radioactive soient limitées à moins de 5 %.

Une série d'au moins 10 mesures indépendantes doivent être réalisées. La valeur moyenne et le coefficient de variation V de toutes les lectures enregistrées doivent être déterminés. Le coefficient de variation V_i attribué au prélèvement et au traitement de signal de l'instrument est calculé par:

$$V_i = \sqrt{V^2 - V_{\text{Rad}}^2},$$

où V_{Rad} est le coefficient de variation généré par les fluctuations statistiques de la décroissance radioactive.

NOTE Dans le cas des mesures par comptage, le coefficient de variation V_{Rad} généré par la fluctuation statistique de la décroissance radioactive est calculé par:

$$V_{\text{Rad}} = \sqrt{\frac{\frac{R_b}{t_b} + \frac{R_0}{t_0}}{(R_b - R_0)^2}},$$

avec R_b qui est le taux de comptage brut, R_0 le taux de comptage du bruit de fond, t_b le temps de mesure de l'échantillon et t_0 le temps de mesure du bruit de fond. Lorsque $R_b \gg R_0$, l'équation se simplifie en:

$$V_{\text{Rad}} = \sqrt{\frac{1}{t_b R_b}}.$$

7.5 Temps de réponse

7.5.1 Exigences

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

NOTE Cet essai n'est pas approprié aux instruments basés sur le prélèvement ponctuel ou sur d'autres méthodes de prélèvement à court terme.

7.5.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être effectués dans une atmosphère de référence contenant du radon établie dans un STAR, dans les conditions d'essai normalisées. Lorsque l'activité volumique des descendants du radon à vie courte est à l'équilibre, l'instrument doit être exposé soudainement à la grandeur d'essai établie à l'intérieur du STAR, afin de réaliser une brusque variation de la grandeur mesurée.

On doit mesurer le temps écoulé entre l'instant où la brusque variation de la grandeur mesurée se produit et l'instant où le signal de sortie atteint, pour la première fois, 90 % de sa valeur finale. Ce temps est alors le temps de réponse de l'instrument.

NOTE 1 Une brusque variation de la grandeur d'essai peut être obtenue en immergeant l'instrument, déjà en fonctionnement, dans l'atmosphère d'essai, ou en activant le dispositif de prélèvement.

NOTE 2 Il convient de connecter un enregistreur à l'instrument, pour déterminer la variation de l'indication en fonction du temps.

7.6 Accumulation de signaux

7.6.1 Exigences

Un instrument intégrateur doit être capable d'accumuler et d'additionner des effets d'un phénomène consécutifs ou simultanés au cours du temps et de stocker les quantités à mesurer de manière permanente ou tout au moins pendant la période de mesure. L'intégration peut être effectuée électroniquement par le dispositif de traitement de signal ou passivement par une sonde de mesure directement soumise au phénomène à mesurer.

EXEMPLE Dans le cas d'un dispositif de traitement de signal, l'intégration peut être exécutée de façon exemplaire par la somme des impulsions enregistrées pendant la durée de la mesure. Par opposition, un capteur de mesure passif peut être un détecteur de trace nucléaire dont les propriétés changent en fonction de l'accumulation des traces latentes lors de l'exposition au rayonnement. La quantité mesurée est vérifiée par le traitement du capteur.

La valeur intégrée indiquée par l'instrument et correspondant à la valeur intégrée conventionnellement vraie doit se trouver dans les tolérances nominales indiquées par le fabricant.

7.6.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être effectués dans une atmosphère de référence contenant du radon établie dans un STAR, dans les conditions d'essai normalisées. Les conditions d'essai normalisées doivent être maintenues constantes pendant l'essai. L'essai doit être effectué dans la moitié supérieure du domaine nominal. La période d'accumulation et d'intégration doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

8 Exigences et essais concernant les performances du circuit d'air

8.1 Généralités

Ces essais doivent être réalisés sur tous les instruments pour lesquels la réponse dépend d'un débit défini traversant les ensembles de prélèvement et de détection. Lorsqu'il est démontré qu'un ou plusieurs essais ne sont pas nécessaires pour évaluer la conformité aux exigences de performances, ces essais peuvent être exclus. La décision d'exclure des essais doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'utilisateur.

8.2 Stabilité du débit

8.2.1 Exigences

Le fabricant doit spécifier le débit d'air nominal. Après la période nominale de mise à l'équilibre thermique de l'instrument, l'erreur relative du débit de prélèvement ne doit pas varier de plus de 10 % pendant les 20 h suivantes de fonctionnement.

8.2.2 Méthode d'essai

L'essai doit être effectué avec de l'air dépoussiéré, afin d'éviter pendant l'essai toute variation de la chute de pression du dispositif de prélèvement.

Un débitmètre, étalonné dans les conditions de mesure, doit être inséré dans le circuit d'air, afin de mesurer le débit après 30 min, 5 h et 20 h de fonctionnement.

8.3 Précision de la mesure de débit

8.3.1 Exigences

Le fabricant doit spécifier la précision de la mesure du débit d'air. L'erreur relative de la mesure du débit ne doit pas être supérieure à 10 %.

8.3.2 Méthode d'essai

Un dispositif de mesure du débit, étalonné dans les conditions de mesure, doit être inséré dans le circuit d'air. De l'air filtré et dépoussiéré doit s'écouler à travers le circuit d'air, dans les conditions normalisées de fonctionnement de l'instrument. L'erreur relative, entre le débit d'air mesuré après 30 min et le débit d'air spécifié par le fabricant, doit être calculée.

8.4 Effet de la chute de pression dans le filtre

8.4.1 Exigences

Un accroissement de chute de pression de 10 % par rapport à la chute de pression nominale ne doit pas entraîner d'erreur relative par rapport à l'indication de l'instrument supérieure à 10 %, dans les conditions d'essai normalisées. L'erreur relative doit être déterminée par rapport à une grandeur de rayonnement pertinente, indiquée par l'instrument.

8.4.2 Méthode d'essai

Afin d'identifier les effets de l'ensemble de la chaîne de mesure, les essais doivent être effectués dans une atmosphère de référence contenant du radon établie dans un STAR, dans les conditions d'essai normalisées. Les conditions d'essai normalisées doivent être maintenues constantes pendant l'essai. La grandeur d'essai doit induire une indication comprise dans le domaine nominal.

Avant de commencer l'essai, l'instrument doit être équipé d'un filtre de prélèvement propre. Un robinet doit être inséré en aval de l'entrée d'air. Une sonde de pression, étalonnée relativement à la pression atmosphérique, doit être installée pour mesurer la chute de pression à travers l'entrée d'air et le robinet.

EXEMPLE Un tube en U ou un manomètre différentiel peut être utilisé comme sonde de pression.

La chute de pression nominale à travers le filtre doit être mesurée par la sonde de pression; l'indication de l'instrument doit être consignée.

NOTE Si la présence du robinet affecte considérablement la circulation d'air, la chute de pression nominale doit être mesurée sans qu'il soit installé dans le circuit d'air.

Ensuite le robinet doit être réglé pour obtenir une chute de pression à travers le filtre de 10 % supérieure à la chute de pression nominale. L'indication de l'instrument, avec cette chute de pression, doit être consignée et l'erreur relative par rapport à l'indication avec la chute de pression nominale doit être déterminée.

8.5 Indication d'un faible débit de prélèvement

8.5.1 Exigences

Le système doit donner une alarme lorsque l'indication du débit de prélèvement passe sous un niveau minimal acceptable.

8.5.2 Méthode d'essai

Le système doit fonctionner normalement au début de l'essai. Le débit de prélèvement d'air doit être réduit à un niveau inférieur au niveau d'alarme du débit de prélèvement d'air pré-réglé. Une alarme doit être activée.

9 Exigences et essais concernant les performances environnementales

9.1 Réponse au rayonnement gamma ambiant

9.1.1 Exigences

L'instrument doit être conçu pour minimiser l'influence sur les résultats des mesures du rayonnement gamma externe. Le fabricant doit préciser la variation différentielle de la valeur indiquée, provoquée par un débit d'équivalent de dose ambiant de $1 \mu\text{Sv h}^{-1}$, par rapport à la valeur indiquée à la limite la plus basse et la plus haute du domaine nominal, dans les conditions d'essai normalisées.

9.1.2 Méthode d'essai

Le champ de rayonnement gamma pour l'essai doit être produit par une source de ^{137}Cs . Au point de référence, le champ destiné à l'essai doit avoir un débit d'équivalent de dose ambiant de $(1,0 \pm 0,1) \mu\text{Sv h}^{-1}$, uniforme sur une surface plane plus grande que le détecteur. La source doit être placée à une distance pour obtenir cela.

Le débit d'équivalent de dose ambiant du rayonnement gamma externe au point de référence doit être mesuré par un débitmètre de dose étalonné.

Pendant l'essai, l'instrument soumis aux essais doit être positionné avec son détecteur au point de référence.

9.2 Concentration en aérosols

9.2.1 Exigences

L'erreur relative due aux variations de la concentration en particules d'aérosol dans l'atmosphère prélevée doit être dans les limites spécifiées par le Tableau 3.

9.2.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être effectués dans une atmosphère de référence contenant du radon établie dans un STAR, dans les conditions d'essai normalisées. Les conditions d'essai normalisées doivent être maintenues constantes pendant l'essai. La grandeur d'essai doit donner une indication comprise dans la moitié supérieure du domaine nominal.

À l'aide d'un générateur d'aérosol, la concentration en aérosols dans l'atmosphère de référence doit être ajustée à 10^8 m^{-3} , avec une précision de $\pm 10 \%$. Les caractéristiques de l'aérosol d'essai sont décrites en 6.4.2. Après avoir atteint un état d'équilibre, l'indication de l'instrument doit être consignée.

Cette procédure doit être répétée pour les nombres volumiques de 10^{10} m^{-3} (condition d'essai normalisée) et de 10^{12} m^{-3} . L'erreur relative maximale par rapport aux conditions d'essai normalisées doit être calculée.

9.3 Température ambiante

9.3.1 Exigences

L'erreur relative par rapport à l'indication de l'instrument doit rester dans les limites spécifiées par le Tableau 3, dans la gamme des températures indiquée par ce même Tableau.

9.3.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être effectués dans une atmosphère de référence contenant du radon établie dans un STAR, dans les conditions d'essai normalisées pour les caractéristiques environnementales, excepté pour la température ambiante.

La mesure doit commencer après avoir atteint l'équilibre thermique de l'instrument et il convient qu'elle soit effectuée pendant une durée dépendant des caractéristiques de ce dernier.

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

9.4 Humidité relative et condensation

9.4.1 Exigences

L'erreur relative, par rapport à l'indication de l'instrument causée par l'humidité et à la condensation, doit être dans les limites spécifiées par le Tableau 3. L'essai de condensation ne doit être effectué que si le fabricant n'a pas explicitement exclu l'utilisation de l'instrument dans de telles conditions.

9.4.2 Méthode d'essai

Les essais doivent être effectués dans une atmosphère de référence contenant du radon établie dans un STAR, dans les conditions d'essai normalisées pour les caractéristiques environnementales, excepté pour la température ambiante et l'humidité relative. L'humidité relative doit être de 90 % à une température ambiante de 30 °C. L'essai doit être effectué à un état d'équilibre thermique.

Les conditions d'essai doivent être maintenues au moins 1 h et l'indication de l'instrument doit être mesurée pendant les 30 dernières minutes de cette période pour la comparer à la lecture correspondante faite dans les conditions d'essai normalisées.

Ensuite, la température doit être réduite en-dessous du point de rosée afin de créer la précipitation de l'humidité (condensation). Les conditions d'essai doivent être maintenues au moins 1 h et l'indication de l'instrument doit être mesurée pendant les 30 dernières minutes de cette période pour la comparer à la lecture correspondante faite dans les conditions d'essai normalisées.

9.5 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 tous les essais sont réalisés et les effets des variations de pression atmosphérique doivent être précisés par le fabricant.

10 Exigences et essais concernant les performances électriques

10.1 Temps de mise à l'équilibre thermique

10.1.1 Exigences

Dix minutes après avoir été mis sous tension et lorsqu'il est exposé à une source radioactive, l'instrument doit donner une indication ne différant pas de plus de $\pm 10\%$ de la valeur obtenue dans les conditions normalisées (voir le Tableau 1).

10.1.2 Méthode d'essai

Avant cet essai, l'instrument doit être déconnecté de l'alimentation électrique pendant au moins 1 h. Une source radioactive appropriée doit être utilisée afin que l'instrument affiche une indication dans le domaine nominal.

Pendant la première heure, la valeur indiquée doit être enregistrée périodiquement avec un intervalle de temps approprié à l'essai. Une heure après la mise sous tension, un nombre suffisant de lectures doivent être effectuées et la valeur moyenne doit être utilisée comme "valeur finale" de l'indication.

La différence entre la "valeur finale" et la valeur issue du graphique sur 10 min doit être dans les limites spécifiées.

10.2 Variation de l'alimentation

10.2.1 Exigences

L'instrument doit pouvoir fonctionner avec une tolérance de tension d'alimentation de $\pm 10\%$ et avec une fréquence d'alimentation de 47 Hz à 52 Hz (57 Hz à 62 Hz dans les pays où la fréquence nominale est de 60 Hz) sans que l'indication ne varie de plus de 10 % par rapport à l'indication obtenue dans les conditions d'essai normalisées.

10.2.2 Méthode d'essai

L'essai doit être effectué dans une atmosphère de référence contenant du radon fournie par un STAR. L'activité volumétrique des descendants du radon doit être telle que l'instrument donne une indication dans le domaine nominal. La tension et la fréquence étant à leurs valeurs nominales, la moyenne d'un nombre suffisant de lectures doit être consignée.

a) Essai de tension:

La moyenne d'un nombre suffisant de lectures consécutives doit être consignée, avec l'alimentation à la fréquence nominale et à une tension supérieure de 10 % à la valeur nominale. Répéter la procédure à une tension inférieure de 10 % à la valeur nominale.

Ces deux valeurs moyennes ne doivent pas différer de plus de ± 10 % de celles obtenues avec la tension d'alimentation nominale.

b) Essai de fréquence:

La moyenne d'un nombre suffisant de lectures consécutives doit être consignée, avec l'alimentation à la tension nominale et la fréquence à respectivement 47 Hz ou 57 Hz en fonction du pays d'utilisation, où la fréquence nominale peut être de 50 Hz ou de 60 Hz. La procédure doit être répétée à une fréquence respectivement de 52 Hz ou de 62 Hz en fonction du pays d'utilisation où la fréquence nominale peut être de 50 Hz ou de 60 Hz.

Ces deux valeurs moyennes ne doivent pas différer de plus de ± 10 % de celles obtenues avec la fréquence nominale.

10.3 Essai des piles et batteries

10.3.1 Exigences

La capacité des piles ou de la batterie (batterie d'accumulateurs) doit être telle qu'après 8 h d'utilisation continue, l'indication de l'instrument ne doit pas différer de plus de ± 10 % de l'indication initiale.

10.3.2 Méthode d'essai

Une source radioactive appropriée doit être utilisée pour que l'instrument donne une indication dans le domaine nominal.

La réponse initiale doit être consignée. Après un fonctionnement continu pendant 8 h, la réponse doit être comparée à la réponse initiale.

11 Exigences et essais concernant les performances mécaniques

11.1 Exigences

L'instrument doit être conçu pour résister aux chocs mécaniques sans dégradation de performances. Le fabricant doit spécifier les performances de l'instrument lorsqu'il subit un choc mécanique.

L'instrument doit pouvoir résister aux chocs mécaniques venant de trois directions orthogonales avec une accélération jusqu'à $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$, d'une durée de 18 ms, la forme de l'impulsion du choc étant semi-sinusoïdale. L'instrument ne doit pas être endommagé, et doit rester fonctionnel conformément aux exigences des normes de chocs mécaniques (voir la CEI 60068-2-27) ou aux exigences de la présente Norme.

11.2 Méthode d'essai

Les méthodes d'essai relatives aux différents types de chocs mécaniques sont définies par la CEI 60068-2-27.

12 Manuel d'utilisation et de maintenance

Chaque instrument doit être fourni avec un manuel approprié, conformément à la CEI 61187.

Le manuel doit inclure les informations suivantes:

- a) le nom ou la marque déposée du fabricant;
- b) les caractéristiques de conception correspondantes au type d'instrument;
- c) les grandeurs à mesurer et les unités;
- d) le type et les dimensions du filtre à aérosols;
- e) le type de détecteur;
- f) les instructions d'utilisation de l'instrument;
- g) le domaine de fonctionnement;
- h) le temps de mise à l'équilibre thermique;
- i) le débit d'air nominal;
- j) la qualification antidéflagrante;
- k) la tension d'alimentation nominale et la consommation de courant;
- l) les conditions environnementales dans lesquelles l'instrument fonctionne conformément à la présente Norme:
 - le rayonnement gamma ambiant;
 - les domaines de température, d'humidité relative et de pression atmosphérique;
 - les poussières et les autres conditions défavorables affectant les mesures;
 - le rayonnement électromagnétique externe et les décharges électrostatiques;
 - les chocs mécaniques.

La documentation doit fournir des informations sur la durée de vie opérationnelle prévue des constituants critiques et remplaçables, tels que la pompe à air, le détecteur, le dispositif de réglage de débit, les piles ou la batterie, etc., conformément à leurs caractéristiques techniques.

Le manuel doit donner des informations sur la façon dont il faut vérifier les performances de l'instrument et sur la façon d'identifier des défauts techniques de fonctionnement. Une description complète de la procédure de maintenance doit être donnée. Il convient de conserver les exigences de maintenance à un niveau minimum raisonnable.

NOTE Le manuel d'utilisation et de maintenance peut être publié sous forme de document papier ou transmis par transfert de données électroniques.

13 Rapport d'essais de type et certificat

Les résultats des essais de performances doivent faire l'objet d'un compte-rendu précis, clair, non ambigu et objectif.

Les résultats doivent être publiés dans un rapport d'essais, et doivent comprendre toutes les informations requises, telles que demandées par le client, quant à l'application satisfaisante des méthodes d'essai utilisées et à l'interprétation appropriée des résultats d'essai.

Chaque rapport d'essai doit inclure au moins les informations suivantes:

- a) le nom et l'adresse du laboratoire et le lieu où les essais ont été effectués;
- b) le nom du fabricant de l'instrument soumis aux essais;
- c) les caractéristiques de conception correspondantes au type d'instrument;

- d) le type et le numéro de série de l'instrument soumis aux essais;
- e) l'année de fabrication de l'instrument;
- f) une description des méthodes d'essai et des conditions d'essai spécifiques;
- g) les résultats d'essai avec les unités de mesure appropriées;
- h) une déclaration de conformité / de non-conformité aux exigences de la présente Norme;
- i) le ou les noms, fonctions et signatures, ou identifications équivalentes, des personnes autorisant la publication du rapport d'essai.

NOTE 1 Les rapports d'essai sont parfois nommés "certificats d'essai".

NOTE 2 Le rapport d'essai peut être publié sous forme de document papier ou transmis par transfert de données électroniques.

**Tableau 1 – Conditions de référence et conditions d'essai normalisées
(sauf indication contraire du fabricant)**

Grandeur	Conditions de référence	Conditions d'essai normalisées
Temps de mise à l'équilibre thermique	10 min	≥ 10 min
Activité volumique du $^{222}\text{Rn}^{\text{b}}$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$
Activité volumique du $^{220}\text{Rn}^{\text{c}}$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$
Température ambiante	20 °C	18 °C à 22 °C
Humidité relative	65 %	50 % à 75 %
Pression atmosphérique	101,3 kPa	90 kPa à 106 kPa ^a
Concentration en aérosols	10^{10} m^{-3}	10^9 m^{-3} à 10^{11} m^{-3}
Vitesse d'écoulement de l'air	$< 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (air au repos ou s'écoulant lentement)	$< 2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$
Tension d'alimentation	Tension d'alimentation nominale U_{N}	Tension d'alimentation nominale $U_{\text{N}} \pm 0,5 \%$
Fréquence d'alimentation (courant alternatif)	Fréquence nominale	Fréquence nominale $\pm 0,5 \%$
Forme d'onde de la tension d'alimentation (courant alternatif)	Sinusoïdale	Sinusoïdale avec distorsion harmonique totale $< 5 \%$
Débit d'équivalent de dose ambiant	$< 0,20 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$	$< 0,20 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$
Champ électromagnétique d'origine externe	Négligeable	Négligeable
Induction magnétique d'origine externe	Négligeable	Négligeable
Fréquences radio	Négligeable	Inférieure à la plus petite valeur provoquant une interférence.
Débit de prélèvement	Débit nominal	Débit nominal $\pm 0,5 \%$
^a Lorsque la technique de détection est particulièrement sensible aux variations de pression atmosphérique, les conditions doivent être limitées à $\pm 0,5 \%$ de la pression de référence. ^b Uniquement pour les instruments mesurant les descendants à vie courte du ^{220}Rn . ^c Uniquement pour les instruments mesurant les descendants à vie courte du ^{222}Rn .		

Tableau 2 – Essais des performances de détection des rayonnements

Caractéristiques à contrôler	Exigence	Paragraphe
Interférence croisée au RnDP ₂₂₂ ^a	Réponse au RnDP ₂₂₂ ≤ 20 %	7.2
Interférence croisée au RnDP ₂₂₀ ^b	Réponse au RnDP ₂₂₀ ≤ 20 %	7.2
Linéarité de l'indication	Paramètre d'essai pour une linéarité $Q < 0,15$	7.3
Fluctuations statistiques de l'instrument	Coefficient de variation inférieur à ± 10 %	7.4
Temps de réponse	Selon les spécifications du fabricant	7.5
^a Uniquement pour les instruments mesurant les descendants à vie courte du ²²⁰ Rn. ^b Uniquement pour les instruments mesurant les descendants à vie courte du ²²² Rn.		

Tableau 3 – Essais réalisés avec une variation des grandeurs d'influence

Grandeur d'influence	Domaine de valeurs	Limite de variation ^a	Paragraphe
Débit d'équivalent de dose ambiant	≤ 1 μSv·h ⁻¹	Selon les spécifications du fabricant	9.1
Concentration en aérosols	10 ⁸ m ⁻³ à 10 ¹² m ⁻³	± 25 %	9.2
Température ambiante	–5 °C à 45 °C	± 10 %	9.3
Humidité relative	90 % à 30 °C	± 10 %	9.4
Humidité ^b	Condensée	± 50 %	9.4
Pression atmosphérique	90 kPa à 106 kPa	Selon les spécifications du fabricant	9.5
Temps de mise à l'équilibre thermique	10 min	± 10 %	10.1
Tension d'alimentation à courant alternatif	De 90 % U_N à 110 % U_N	± 10 %	10.2
Fréquence d'alimentation à courant alternatif	De 47 Hz à 52 Hz (De 57 Hz à 62 Hz) ^c	± 10 %	10.2
Capacité des piles ou de la batterie	Après 8 h de fonctionnement continu	± 10 %	10.3
Chocs mécaniques	Tel que défini par le fabricant	Telle que définie par le fabricant	11
^a Par rapport aux conditions de référence. ^b Uniquement si la grandeur n'est pas exclue explicitement par le fabricant. ^c Uniquement dans les pays où la fréquence nominale est de 60 Hz.			

Tableau 4 – Essais du circuit d'air

Caractéristiques à contrôler	Exigence	Paragraphe
Stabilité du débit	Variation inférieure à ± 10 % en 20 h (heures de fonctionnement)	8.2
Précision du débit d'air	Erreur relative par rapport à l'indication de l'instrument inférieure à ± 10 %	8.3
Chute de pression dans le filtre	Erreur relative par rapport à l'indication de l'instrument inférieure à 10 % pour un accroissement de chute de pression jusqu'à 10 %	8.4
Perte dans le circuit de prélèvement	Indication d'un défaut (alarme) lorsque le débit passe sous un niveau minimal acceptable.	8.5

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch