

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Part 2: Specific requirements for ^{222}Rn and ^{220}Rn measuring instruments

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

Partie 2: Exigences spécifiques pour les instruments de mesure du ^{222}Rn et du ^{220}Rn



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2014 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 30 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 14 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

More than 55 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: csc@iec.ch.

A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 30 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 14 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

Plus de 55 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: csc@iec.ch.



IEC 61577-2

Edition 2.0 2014-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

Part 2: Specific requirements for ^{222}Rn and ^{220}Rn measuring instruments

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

Partie 2: Exigences spécifiques pour les instruments de mesure du ^{222}Rn et du ^{220}Rn

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

T

ICS 13.280

ISBN 978-2-8322-1675-0

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.

Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 General design considerations.....	9
4.1 Design considerations for the measurements.....	9
4.1.1 General	9
4.1.2 Effects caused by physical properties of ^{222}Rn and ^{220}Rn	10
4.2 Design considerations for handling and maintenance	10
4.2.1 Portability	10
4.2.2 Application under harsh environmental conditions	10
4.2.3 Automatic operation.....	11
4.2.4 Reliability	11
4.2.5 Capability for operational testing	11
4.2.6 Adjustment and maintenance facilities	11
4.2.7 Acoustic noise level.....	11
4.2.8 Electromagnetic interference	11
4.2.9 Storage	12
5 Technical components.....	12
5.1 Sampling assembly.....	12
5.2 Radiation detection assembly	12
5.3 Data processing and recording	13
5.4 Measurement display.....	13
5.5 Power supply	13
6 Test conditions	14
6.1 General.....	14
6.2 Standard test conditions	14
6.3 Execution of tests	14
6.4 Reference atmospheres	14
7 Requirements and tests concerning radiation detection performance.....	15
7.1 Reference response to a test source.....	15
7.1.1 Requirements	15
7.1.2 Test method	15
7.2 Cross-interference to other radon isotopes	15
7.2.1 Requirements	15
7.2.2 Test method	15
7.3 Linearity of indication.....	15
7.3.1 Requirements	15
7.3.2 Test method	16
7.4 Instrument statistical fluctuation.....	16
7.4.1 Requirements	16
7.4.2 Test method	16
7.5 Response time.....	17
7.5.1 Requirements	17

7.5.2	Test method	17
7.6	Signal accumulation.....	17
7.6.1	Requirements	17
7.6.2	Test method	17
8	Requirements and tests concerning air circuit performance	17
8.1	General.....	17
8.2	Flow-rate stability	18
8.2.1	Requirements	18
8.2.2	Test method	18
8.3	Accuracy of the air flow-rate measurement	18
8.3.1	Requirements	18
8.3.2	Test method	18
8.4	Effect of filter pressure drop.....	18
8.4.1	Requirements	18
8.4.2	Test method	18
8.5	Indication of low sampling flow-rate	19
8.5.1	Requirements	19
8.5.2	Test method	19
9	Requirements and tests concerning environmental performance.....	19
9.1	Response to ambient gamma radiation	19
9.1.1	Requirements	19
9.1.2	Test method	19
9.2	Ambient temperature	19
9.2.1	Requirements	19
9.2.2	Test method	19
9.3	Relative humidity and condensed moisture	20
9.3.1	Requirements	20
9.3.2	Test method	20
9.4	Atmospheric pressure	20
10	Requirements and tests concerning electrical performance	20
10.1	Power supply variations	20
10.1.1	Requirements	20
10.1.2	Test method	20
10.2	Battery test	21
10.2.1	Requirements	21
10.2.2	Test method	21
11	Requirements and tests concerning mechanical performance	21
11.1	Requirements	21
11.2	Test method.....	21
12	Operation and maintenance manual	21
13	Type test report and certificate	22
Table 1 – Reference conditions and standard test conditions (unless otherwise indicated by the manufacturer).....		23
Table 2 – Tests of the radiation detection performance		23
Table 3 – Tests of the air circuit performance		24
Table 4 – Tests performed with variation of influence quantities.....		24

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 2: Specific requirements for ^{222}Rn and ^{220}Rn 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 61577-2 has been prepared by sub-committee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

This second edition cancels and replaces the first edition issued in 2000. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) Addition of new requirements and tests concerning radiation detection performance.
- b) Addition of new requirements and tests concerning environmental performance.

- c) Harmonization of the requirements and tests concerning electrical and mechanical performance with other standards in the area of radon and radon decay product instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45B/793/FDIS	45B/798/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 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 is generally known as 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 other two series. Its health effects are therefore not important. Thus in this standard ^{219}Rn and its decay products are not considered.

In order to facilitate its use, the IEC 61577 series is divided into the following different parts:

IEC 61577-1: This part emphasizes the terminology and units used in the specific field of radon and radon decay products (RnDP) measurement techniques and describes briefly the concept of System for Test Atmospheres with Radon (STAR) used for test and calibration of radon and RnDP measuring devices.

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

IEC 61577-3: This part is dedicated to the tests of RnDP₂₂₂ and RnDP₂₂₀ measuring instruments.

IEC 61577-4: This part is dedicated to the construction of a STAR and its use for testing.

IEC/TR 61577-5 (informative): This is a technical report (to be developed) concerning special features of radon and/or RnDP 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 that one of these radionuclides is to be explicitly specified, the atomic mass number and the chemical symbol are given.

² RnDP is the acronym for Radon Decay Products, which are sometimes called radon progeny. The term *Radon Decay Products* or its abbreviation (RnDP) denotes the whole set of short-lived decay products that becomes 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 2: Specific requirements for ^{222}Rn and ^{220}Rn measuring instruments

1 Scope

This part of IEC 61577 describes the specific requirements for instruments measuring the activity concentration of airborne ^{222}Rn and ^{220}Rn outdoors, in dwellings, and in workplaces including underground mines.

This standard applies practically to all types of electronic measuring instruments that are based on either spot or continuous measurements. The activity concentration can be measured by pumping or by diffusing the air containing ^{222}Rn and/or ^{220}Rn into the sensitive volume of the detection unit or at a particular moment by taking an air sample (grab sampling).

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

The standard does not apply to instruments using charcoal adsorption, electrets or solid state nuclear track detectors.

2 Normative references

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

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*

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

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

ISO 11665-1, *Measurement of radioactivity in the environment – Air: radon-222 – Part 1: Origins of radon and its short-lived decay products and associated measurement methods*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

conventionally true value of a quantity

v_c

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

Note 1 to entry: "Conventionally true value of a quantity" is sometimes called assigned value, best estimate of the value, conventional value or reference value.

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

3.2

rated range

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

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

3.3

error

error of measurement

result of a measurement minus a true value of the measurand

Note 1 to entry: Since a true value cannot be determined, a conventional true value is used in practice.

Note 2 to entry: 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.

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

3.4

relative error

e_r

error of measurement divided by a true value of the measurand

Note 1 to entry: Since a true value cannot be determined, in practice a conventional true value is used.

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

3.5

intrinsic error

e_i

error of a measuring instrument, determined under reference conditions

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

3.6

response (of a radiation measuring assembly)

ratio, under specified conditions, given by the relation:

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

where v is the value measured by the equipment or assembly under test and v_c is the conventionally true value of this quantity

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

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

[SOURCE: 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:

$$R_{\text{ref}} = \frac{v}{v_c},$$

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

Note 1 to entry: The background value may be automatically taken in account by an algorithm included in the measurement system.

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

3.8

cross-interference

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

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:

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

Note 1 to entry: The coefficient of variation can be expressed in percent (%) of the arithmetic mean.

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

3.10

response time

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, usually 90 %, of its final value

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

4 General design considerations

4.1 Design considerations for the measurements

4.1.1 General

To measure the activity concentration of $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$, several methods of measurement can be used. General aspects of the physical principles involved and the performance of the instruments have been summarized in IEC 61577-1 and ISO 11665-1.

The air sample shall be filtered to remove $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ decay products before entering the sensitive volume of the detection unit. For the determination of ^{220}Rn volumetric activity, its very short half life shall be taken into account.

For spot measurement of the activity concentration of $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$, grab sampling methods are used. A sample of the air to be measured may be collected by filling a container, either a previously evacuated or flow-through type one, and sealing the container afterwards.

To measure the variation of the activity concentration of $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$, continuous measurement methods are used. There are two sampling methods: flow-through and diffusion sampling.

The air humidity may also affect the efficiency of some detectors and the instruments can be provided with air drying systems.

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

The response time of the instrument shall be adequate for the variability of the phenomenon measured.

4.1.2 Effects caused by physical properties of ^{222}Rn and ^{220}Rn

There is a large difference in the half lives of ^{222}Rn (3,8 d) and ^{220}Rn (55,4 s). Special attention shall be paid to the half life of ^{220}Rn when air samples are taken and measurements are made.

In the case of the simultaneous determination for ^{222}Rn and ^{220}Rn activity concentration, separation techniques using their different physical properties such as their half lives, the alpha-particle energies emitted, and their decay products shall be introduced.

The determination of the activity concentration for $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ may be affected by changes in the flow-rate. In particular the influence on ^{220}Rn measurement is significant because of its very short half life. The flow-rate shall be measured when the activity concentration of ^{220}Rn is being determined.

4.2 Design considerations for handling and maintenance

4.2.1 Portability

The instrument shall be portable in order to perform in-situ measurements. This requires, in particular, robustness against mechanical shock.

4.2.2 Application under harsh environmental conditions

If the instrument is applied under harsh 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) solar radiation;
- d) ice formation;
- e) moisture and spraying water;
- f) 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 will be achievable.

4.2.4 Reliability

The instrument shall be designed to provide reliable performance with unrevealed 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 on 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

The instrument shall be provided with a sufficient number 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 the instrument 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 shall select the components and design the instrument so that the noise level is not excessive. In particular, for instruments which are used indoors, the reduction of the 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 comply with current registration on 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 $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ and $+60\text{ }^{\circ}\text{C}$. 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 but is not limited by the following components and functional units:

- a) air pump;
- b) aerosol retention device;
- c) air-drying device;
- d) flow-rate control and measurement system.

The air pump circuit shall provide a total air flow adequate for the measurement method. The air pump shall be capable of withstanding the variations of pressure induced by operating conditions, sampling time, filter types, and atmospheric dust-mass blockage. Pipes and connections shall be sufficiently tight to maintain a stable flow rate and prevent leaks. Where an air pump is an integral part of the assembly it is recommended that the air pump shall be capable of continuous operation between scheduled maintenance operations. The flow-rate should be stabilized or measured.

Most instruments use a filter to prevent $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ decay products from entering the detector active volume. The manufacturer shall state the type of filter.

If the response is dependent on the humidity of the sampled air, the instrument may be equipped with an air-drying device (for example chemical drying agents or electrically operated Peltier-elements). Care should be taken to choose a drying agent which does not adsorb $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$. When chemical drying agents are used, the life-time of the drying agent shall be clearly stated.

If the measurements are influenced by flow-rate, particularly in the determination of ^{220}Rn activity concentration, 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, shall be provided.

5.2 Radiation detection assembly

The radiation detection assembly transforms the radiation emitted by the sampled ^{222}Rn , ^{220}Rn and their decay products into an electronic signal. In this case, the response shall be optimized.

Contamination of the detector may increase the background. Precautions should be taken for the protection against airborne contamination, when the instrument is not in use.

NOTE The contamination can be caused by:

- deposition of air-borne decay products;
- radioactive materials inside the relevant components of the instrument.

5.3 Data processing and recording

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

The manufacturer shall publish the measurement principles and procedures for yielding a 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 a capacity sufficient for recording all measurement data generated during a long automatic data-acquisition period. The data shall be retained on a medium that ensures 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, flow-rate indication shall be provided.

The display shall show the activity concentration of $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$.

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 the measurement shall comprise both the value attributed to the quantity to be measured and the uncertainty of the measurement associated with that value when possible. The uncertainty given should be based on the requirements of 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:

- a) display;
- b) data recorder;
- c) printer;
- d) computer;
- e) or other devices via data port.

The instrument should be equipped with a preset threshold level to give a warning that relevant radiation quantity (e.g., the activity concentration of $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$) exceeds a predetermined value. The preset threshold level should be adjustable.

5.5 Power supply

The power supply subassembly 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 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 function unit. Certain tests may be considered acceptance tests by agreement between manufacturer and purchaser.

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 $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ 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 activity concentration of $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ 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 yield a sufficiently precise average value in the assessment of the instrument conformity against relevant requirements.

In order to test the instrument for a specific influence quantity, this quantity shall be varied over the range specified in Table 4 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.

6.4 Reference atmospheres

Test and calibration of $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ measuring instrument shall be performed, using a STAR.

Besides appropriate gas standards, emanation standards based on ^{226}Ra - or ^{228}Th - sources can be used alternatively. These sources are available as solid matrixes or liquid solutions.

The activity concentration of $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ established in a real atmosphere depends on the specific climatic parameters. Tests shall assess the measurement capabilities of the instrument for the intended use and, therefore, it is recommended that test atmospheres simulate measurement conditions. These test atmospheres shall be generated in $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ reference chambers performed by the STAR.

NOTE The components and operation of a STAR as well as the generation of $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ reference atmospheres for testing of instruments are described in IEC 61577-4.

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.

7.1.2 Test method

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

After the warm-up time of the instrument, the indication induced by the test source minus the background shall be within the tolerance of the nominal indication given by the manufacturer.

7.2 Cross-interference to other radon isotopes

7.2.1 Requirements

The cross-interference of ^{222}Rn for an instrument made for ^{220}Rn shall be less than 20 %.

The cross-interference of ^{220}Rn for an instrument made for ^{222}Rn shall be less than 20 %.

7.2.2 Test method

The test shall be executed in a $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ reference atmosphere established in a STAR under standard test conditions.

Concerning the cross-interference of ^{220}Rn , the following paragraph applies.

The instrument shall be prepared to measure quantities relevant to ^{222}Rn . Instead of ^{222}Rn , an amount of ^{220}Rn sufficient for establishing a activity concentration of $1\,000\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ shall be injected into the reference atmosphere and kept constant for at least 4 h. The activity concentration of ^{222}Rn in the reference atmosphere shall be negligible. After at least 4 h, 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 ^{220}Rn shall be calculated and expressed as a percentage.

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 is given 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 induces an output above 90 % of the rated range;

$R_{\min}$ is the response of the instrument when the input induces an output below 10 % of the rated range.

The parameter of linearity Q shall be below 0,15. If the instrument has different working ranges the parameter of linearity 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 indication of the instrument above 90 % of the rated range. $R_{\max}$ shall be determined according to the definition given in 3.6. The procedure is to be repeated to yield a value below 10 % of the rated range to determine $R_{\min}$. Hereinafter, 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 $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ 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

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

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 $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ is constant, 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 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.

7.6 Signal accumulation

7.6.1 Requirements

An integrating instrument shall be capable of accumulating and summing consecutive or simultaneous effects and storing the measured values permanently or for at least the duration of measurement. The integration can be performed electronically by the signal processing system or passively by a measuring sensor that can accumulate the signals.

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 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 (see Table 3). 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 air flow-rate when the airflow system is used. After the warm-up time of the instrument, the relative error of the sampling flow-rate shall not vary by more than $\pm 10\%$ 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 air 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 $\pm 10\%$.

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

Then the valve shall be adjusted to yield a pressure drop across 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 Indication of low sampling flow-rate

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 level 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 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 of 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 Ambient temperature

9.2.1 Requirements

Over the ranges of temperature specified in Table 4, the relative error shall remain within the limits specified in that table.

9.2.2 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.

9.3 Relative humidity and condensed moisture

9.3.1 Requirements

The relative error regarding the indication of the instrument caused by humidity and condensed moisture shall be within the limits specified in Table 4. 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.

9.3.2 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 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 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.

9.4 Atmospheric pressure

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

10 Requirements and tests concerning electrical performance

10.1 Power supply variations

10.1.1 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.

10.1.2 Test method

The test shall be carried out in a $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ reference atmosphere provided by a STAR. The activity concentration of $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ shall be adequate for the instrument to generate an indication within the rated range.

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. The procedure shall be repeated 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 nominal

supply voltage and 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 $\pm 10\%$.

10.2 Battery test

10.2.1 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 $\pm 10\%$.

10.2.2 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 norms (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's 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 (if needed);
- 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 pressure;
 - 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.

13 Type test report and certificate

The results of performance tests shall be reported 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 Test reports are sometimes called test certificates.

**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 $^{222}\text{Rn}^b$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$
Activity concentration of $^{220}\text{Rn}^c$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$
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
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	$< 0,20 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$	$< 0,20 \mu\text{Sv} \cdot \text{h}^{-1}$
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 of ^{220}Rn . ^c Only for instruments measuring of ^{222}Rn .		

Table 2 – Tests of the radiation detection performance

Characteristics under test	Requirement	Subclause
Cross-interference to $^{222}\text{Rn}^a$	Response to $^{222}\text{Rn} \leq 20 \%$	7.2
Cross-interference to $^{220}\text{Rn}^b$	Response to $^{220}\text{Rn} \leq 20 \%$	7.2
Linearity of indication	Test parameter for linearity $Q < 0,15$	7.3
Statistical fluctuation	Coefficient of variation less than $\pm 10 \%$	7.4
Response time	In accordance with the manufacturer's specifications	7.5
^a Only for instruments measuring ^{220}Rn . ^b Only for instruments measuring ^{222}Rn .		

Table 3 – Tests of the air circuit performance

Characteristics under test	Requirement	Subclause
Flow-rate stability	Variation less than $\pm 10\%$ in 20 h (operating hours)	8.2
Accuracy of air flow-rate	Relative error regarding the indication of the instrument less than $\pm 10\%$	8.3
Filter pressure drop	Relative error regarding the indication of the instrument less than $\pm 10\%$ 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

Table 4 – Tests performed with variation of influence quantities

Influence quantity	Range of values	Limits of variation ^a	Subclause
Ambient dose equivalent rate	$\leq 1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	In accordance with manufacturer's specification	9.1
Ambient temperature	$-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ to $+45\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 10\%$	9.2
Relative humidity	90 % at $30\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 10\%$	9.3
Moisture ^b	Condensed	$\pm 50\%$	9.3
Atmospheric pressure	90 kPa to 106 kPa	In accordance with manufacturer's specification	9.4
AC power supply voltage	From 90 % U_N to 110 % U_N	$\pm 10\%$	10.1
AC power supply frequency	From 47 Hz to 52 Hz (From 57 Hz to 62 Hz) ^c	$\pm 10\%$	10.1
Battery capacity	After 8 h of continuous operation	$\pm 10\%$	10.2
Mechanical shock	As defined by the manufacturer	As defined by the manufacturer	11
^a Referring to reference conditions. ^b Only if not exclusively excluded by the manufacturer. ^c Only in countries where the nominal frequency is 60 Hz.			

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	29
INTRODUCTION	31
1 Domaine d'application	32
2 Références normatives	32
3 Termes et définitions	33
4 Considérations générales relatives à la conception.....	35
4.1 Considérations liées à la conception concernant les mesures	35
4.1.1 Généralités	35
4.1.2 Effets causés par les propriétés physiques du ^{222}Rn et du ^{220}Rn	35
4.2 Considérations liées à la conception concernant la manipulation et la maintenance	35
4.2.1 Transportabilité	35
4.2.2 Utilisation dans des conditions environnementales sévères	36
4.2.3 Fonctionnement automatique	36
4.2.4 Fiabilité	36
4.2.5 Aptitude aux essais de fonctionnement	36
4.2.6 Dispositifs de réglage et de maintenance	36
4.2.7 Niveau de bruit acoustique	36
4.2.8 Interférences électromagnétiques	37
4.2.9 Stockage	37
5 Constituants techniques	37
5.1 Ensemble de prélèvement.....	37
5.2 Ensemble du détecteur de rayonnement	38
5.3 Traitement et enregistrement des données	38
5.4 Affichage des mesures.....	38
5.5 Alimentation.....	39
6 Conditions d'essai	39
6.1 Généralités	39
6.2 Conditions d'essai normalisées	39
6.3 Réalisation des essais	39
6.4 Atmosphères de référence	40
7 Exigences et essais concernant les performances sous rayonnement.....	40
7.1 Réponse de référence à une source d'essai.....	40
7.1.1 Exigences.....	40
7.1.2 Méthode d'essai	40
7.2 Interférence croisée avec d'autres isotopes du radon	40
7.2.1 Exigences.....	40
7.2.2 Méthode d'essai	40
7.3 Linéarité de l'indication	41
7.3.1 Exigences.....	41
7.3.2 Méthode d'essai	41
7.4 Fluctuations statistiques de l'instrument.....	41
7.4.1 Exigences.....	41
7.4.2 Méthode d'essai	42
7.5 Temps de réponse	42
7.5.1 Exigences.....	42

7.5.2	Méthode d'essai	42
7.6	Accumulation de signaux	43
7.6.1	Exigences.....	43
7.6.2	Méthode d'essai	43
8	Exigences et essais concernant les performances du circuit d'air	43
8.1	Généralités	43
8.2	Stabilité du débit	43
8.2.1	Exigences.....	43
8.2.2	Méthode d'essai	43
8.3	Précision de la mesure de débit d'air	43
8.3.1	Exigences.....	43
8.3.2	Méthode d'essai	43
8.4	Effet de la chute de pression dans le filtre	44
8.4.1	Exigences.....	44
8.4.2	Méthode d'essai	44
8.5	Indication d'un faible débit de prélèvement	44
8.5.1	Exigences.....	44
8.5.2	Méthode d'essai	44
9	Exigences et essais concernant les performances environnementales.....	44
9.1	Réponse au rayonnement gamma ambiant.....	44
9.1.1	Exigences.....	44
9.1.2	Méthode d'essai	45
9.2	Température ambiante	45
9.2.1	Exigences.....	45
9.2.2	Méthode d'essai	45
9.3	Humidité relative et condensation	45
9.3.1	Exigences.....	45
9.3.2	Méthode d'essai	45
9.4	Pression atmosphérique.....	46
10	Exigences et essais concernant les performances électriques	46
10.1	Variation de l'alimentation.....	46
10.1.1	Exigences.....	46
10.1.2	Méthode d'essai	46
10.2	Essai des piles et batteries	46
10.2.1	Exigences.....	46
10.2.2	Méthode d'essai	46
11	Exigences et essais concernant les performances mécaniques	47
11.1	Exigences	47
11.2	Méthode d'essai.....	47
12	Manuel d'utilisation et de maintenance	47
13	Rapport d'essais de type et certificat	48

Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai (sauf indication contraire du fabricant)	49
Tableau 2 – Essais des performances de détection des rayonnements	49
Tableau 3 – Essais de la performance du circuit d'air	50
Tableau 4 – Essais réalisés avec une variation des grandeurs d'influence	50

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**INSTRUMENTATION POUR LA RADIOPROTECTION –
INSTRUMENTS DE MESURE DU RADON ET
DES DESCENDANTS DU RADON –****Partie 2: Exigences spécifiques pour les instruments
de mesure du ^{222}Rn et du ^{220}Rn**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC 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 IEC 61577-2 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de l'IEC: Instrumentation nucléaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2000. La présente édition constitue une révision technique.

Cette seconde édition inclut les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Ajout de nouvelles exigences et de nouveaux essais concernant les performances de détection des rayonnements.

- b) Ajout de nouvelles exigences et de nouveaux essais concernant les performances environnementales.
- c) Harmonisation des exigences et des essais, concernant les performances électriques et mécaniques, avec d'autres normes du domaine de l'instrumentation pour le radon et les descendants du radon.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/793/FDIS	45B/798/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/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 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 l'IEC.

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 l'IEC 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 des ^{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 connu sous le nom de 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.

Afin de faciliter son utilisation, la série IEC 61577 est divisée en plusieurs parties de la façon suivante:

IEC 61577-1: 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.

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

IEC 61577-3: Cette Partie est consacrée aux essais des instruments de mesure du RnDP₂₂₂ et du RnDP₂₂₀.

IEC 61577-4: Cette partie est consacrée à la construction d'un STAR et à la manière dont il peut être utilisé pour réaliser les essais.

IEC/TR 61577-5 (informative): Cette partie (à l'étude) est un rapport technique concernant des caractéristiques spécifiques du radon et/ou de la mesure de ses descendants à vie courte.

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 doit être explicitement spécifié, le nombre de masse et le symbole chimique sont donnés.

² RnDP est l'acronyme de "Radon Decay Products" qui 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 sont désormais 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 2: Exigences spécifiques pour les instruments de mesure du ^{222}Rn et du ^{220}Rn

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61577 décrit les exigences spécifiques relatives aux instruments destinés au mesurage de l'activité volumique des ^{222}Rn et ^{220}Rn en suspension dans l'air 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 de mesure électroniques utilisant des méthodes basées sur des prélèvements instantanés ou en continu. L'activité volumique peut être mesurée en faisant passer l'air qui contient les ^{222}Rn et/ou ^{220}Rn à travers le volume sensible de l'ensemble de détection, soit à l'aide d'une pompe, soit par diffusion, ou bien l'activité d'un prélèvement d'air peut être mesurée à un moment précis (prélèvement instantané).

Les différents types d'instrumentation utilisés pour les mesures sont indiqués par l'IEC 61577-1.

La présente norme ne s'applique pas aux instruments utilisant l'adsorption sur charbon, aux électrets ou aux détecteurs solides de traces nucléaires.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

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

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

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

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

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

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

ISO 11665-1, *Mesurage de la radioactivité dans l'environnement – Air: radon-222 – Partie 1: Origine du radon et de ses descendants à vie courte, et méthodes de mesure associées*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

v_c

valeur attribuée à une grandeur particulière et acceptée souvent par convention, ayant une incertitude appropriée à un usage donné

Note 1 à l'article: La "valeur conventionnellement vraie d'une grandeur" est quelquefois appelée valeur assignée, meilleure estimation de la valeur, valeur convenue ou valeur de référence.

[SOURCE: IEC 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

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

3.3

erreur

erreur de mesure

résultat d'un mesurage moins une valeur vraie du mesurande

Note 1 à l'article: Étant donné qu'une valeur vraie ne peut pas être déterminée, dans la pratique on utilise une valeur conventionnellement vraie.

Note 2 à l'article: 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.

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

3.4

erreur relative

e_r

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

Note 1 à l'article: Puisque la valeur vraie ne peut être déterminée, on utilise en pratique une valeur conventionnellement vraie.

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

3.5

erreur intrinsèque

e_i

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

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

3.6

réponse

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 à l'article: 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 à l'article: 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.

[SOURCE: IEC 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:

$$R_{\text{ref}} = \frac{v}{v_c},$$

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

Note 1 à l'article: La valeur du bruit de fond peut être prise en compte automatiquement par un algorithme inclus dans le système de mesure.

[SOURCE: IEC 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 à la réponse au rayonnement issu du radionucléide concerné

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:

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

Note 1 à l'article: Le coefficient de variation peut être exprimé en pour cent (%) de la moyenne arithmétique.

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

3.10

temps de réponse

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 pour la première fois, ce pourcentage étant normalement de 90 %

[SOURCE: IEC 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 Généralités

Plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour mesurer l'activité volumique des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$. Un résumé de certains aspects de caractère général concernant les principes physiques impliqués et les performances des instruments est présenté dans l'IEC 61577-1 et l'ISO 11665-1.

Le prélèvement d'air doit être filtré pour éliminer les descendants $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ avant de l'introduire dans le volume sensible de l'ensemble de détection. La très courte période du ^{220}Rn doit être prise en compte pour déterminer son activité volumique.

Des méthodes basées sur un prélèvement instantané sont utilisées pour la mesure de l'activité volumique des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$. Un volume d'air à mesurer peut être prélevé, en remplissant soit un récipient qui aura été préalablement vidé, soit un récipient à circulation en continu, puis en le refermant.

Plusieurs méthodes de mesure en continu sont utilisées pour mesurer la variation de l'activité volumique de $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$. Il existe deux méthodes de prélèvement: à circulation en continu et par diffusion.

L'humidité de l'air peut aussi modifier l'efficacité de certains détecteurs et les instruments peuvent être équipés de systèmes pour sécher l'air.

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

Le temps de réponse de l'instrument doit être approprié à la variabilité du phénomène mesuré.

4.1.2 Effets causés par les propriétés physiques du ^{222}Rn et du ^{220}Rn

Il existe une grande différence de période entre le ^{222}Rn (3,8 d) et le ^{220}Rn (55,4 s). Une attention particulière doit être apportée à la période du ^{220}Rn pendant les prélèvements d'air et les mesures.

Lorsque l'activité volumique du ^{222}Rn et du ^{220}Rn est déterminée simultanément, des techniques de séparation utilisant leurs différentes propriétés physiques telles que leurs périodes, les énergies des particules alpha qu'ils émettent et leurs descendants doivent être introduites.

La détermination de l'activité volumique des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ peut être affectée par les variations de débit. En particulier, l'influence sur la mesure du ^{220}Rn est significative en raison de sa très courte période. Le débit doit être mesuré lorsque l'activité volumique du ^{220}Rn est en cours de détermination.

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

4.2.1 Transportabilité

Les instruments doivent être portables pour la réalisation des mesures sur site. Ceci exige, en particulier, qu'ils présentent 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 c'est nécessaire, 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) le rayonnement solaire;
- d) la formation de glace;
- e) l'humidité et les projections d'eau;
- f) 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 cachées réduites au 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

L'instrument doit être équipé 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 l'instrument 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.

Le fabricant doit choisir les composants et concevoir l'instrument de telle manière que le niveau de bruit ne soit pas excessif. 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 l'IEC 61000-6-4. De plus, le fabricant doit être conforme à l'enregistrement actuel en ce qui concerne 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 °C et $+60\text{ °C}$. 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, sans que la liste soit exhaustive, les composants et les unités fonctionnelles suivants:

- a) la pompe à air;
- b) le dispositif de rétention des aérosols;
- c) système de séchage d'air;
- d) les dispositifs de réglage du débit d'air et de mesure.

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

La plupart des instruments utilisent un filtre pour empêcher les descendants des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ de pénétrer dans le volume sensible du détecteur. Le fabricant doit préciser le type de filtre à utiliser.

Si la réponse dépend de l'humidité de l'air prélevé, l'instrument peut être équipé d'un dispositif de séchage d'air (par exemple des dessiccants chimiques ou des dispositifs à effet Peltier à fonctionnement électrique). Il convient de prendre soin de choisir un dessiccant qui n'adsorbe pas les $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$. Dans le cas d'utilisation d'un dessiccant chimique, sa durée de vie doit être précisée.

Si les mesures sont influencées par le débit, en particulier pour la détermination de l'activité volumique du ^{220}Rn , 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 doivent être données.

5.2 Ensemble du détecteur de rayonnement

L'ensemble du détecteur de rayonnement transforme en signal électronique le rayonnement émis par les ^{222}Rn , ^{220}Rn prélevés et leurs descendants. Dans ce cas, la réponse doit être optimisée.

Une contamination du détecteur peut entraîner un bruit de fond plus élevé. Il convient de prendre des précautions pour sa protection contre la contamination par l'air, quand l'instrument n'est pas utilisé.

NOTE La contamination peut être provoquée par:

- le dépôt des descendants du radon en suspension dans l'air;
- les matières radioactives à l'intérieur des composants correspondants de l'instrument.

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 les procédures de mesure utilisés pour générer 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 une capacité suffisante pour enregistrer toutes les données de mesure générées pendant une longue période par acquisition automatique des données. Les données doivent être conservées sur un medium qui en assure 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 d'air doit être indiqué.

L'écran doit afficher l'activité volumique des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$.

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 de la mesure doit comprendre à la fois la valeur attribuée à la grandeur à mesurer et l'incertitude de mesure associée à cette valeur mesurée, lorsque cela est possible. Il convient de baser l'incertitude donnée sur les exigences du Guide ISO/IEC 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:

- a) affichage;
- b) enregistreur de données;
- c) imprimante;
- d) ordinateur;
- e) 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 des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$). Il convient que le niveau du seuil soit réglable.

5.5 Alimentation

Le sous-ensemble d'alimentation doit satisfaire aux exigences relatives à la protection des personnes contre les chocs électriques, telles que spécifiées par l'IEC 61140.

Certains instruments peuvent être équipés de piles ou de batteries. Les piles doivent pouvoir être remplacées 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 l'IEC 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.

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 $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$.

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

L'activité volumique des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ 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 générer une précision satisfaisante de la valeur moyenne au cours de l'évaluation de la conformité de l'instrument aux exigences pertinentes.

Afin de soumettre l'instrument aux essais d'une grandeur d'influence particulière, celle-ci doit varier sur le domaine spécifié par le Tableau 4, 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.

6.4 Atmosphères de référence

Les essais et l'étalonnage d'un instrument de mesure des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ doivent être effectués avec un STAR.

Outre les normes de gaz appropriées, des normes d'émanation basées sur les sources ^{226}Ra - ou ^{228}Th - peuvent être utilisées en tant qu'alternatives. Ces sources sont disponibles sous la forme de matrices solides ou de solutions liquides.

L'activité volumique des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ établie dans une atmosphère réelle, dépend des paramètres climatiques particuliers. Les essais doivent évaluer les possibilités de mesure de l'instrument pour son utilisation prévue et, en conséquence, il est recommandé que les atmosphères d'essai soient reproduites pour simuler des conditions de mesure. Ces atmosphères d'essai doivent être générées dans les chambres à $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ de référence réalisées par le STAR.

NOTE Les composants et le fonctionnement d'un STAR, ainsi que la génération des atmosphères de référence contenant des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ et destinées aux essais des instruments, sont décrits dans l'IEC 61577-4.

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.

7.1.2 Méthode d'essai

L'instrument doit être mis en fonctionnement 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 notée.

La source d'essai doit induire une indication comprise dans le domaine nominal. La source doit être dans une position spécifiée par le fabricant.

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

7.2 Interférence croisée avec d'autres isotopes du radon

7.2.1 Exigences

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

L'interférence croisée avec le ^{220}Rn d'un instrument construit pour le ^{222}Rn 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 $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ établie dans un STAR, dans les conditions d'essai normalisées.

En ce qui concerne l'interférence croisée avec le ^{220}Rn , l'alinéa suivant s'applique.

L'instrument doit être préparé pour mesurer les grandeurs relatives aux ^{222}Rn . A la place du ^{222}Rn , une quantité de ^{220}Rn suffisante pour établir une activité volumique de $1\,000\text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ doit être injectée dans l'atmosphère de référence et maintenue constante pendant au moins 4 h. La concentration d'activité du ^{222}Rn dans l'atmosphère de référence doit être négligeable. Après au moins 4 h, 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 ^{220}Rn doit être calculé et exprimé 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 donnée 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;

$R_{\min}$ 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 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 de l'instrument supérieure à 90 % du domaine nominal soit induite. $R_{\max}$ doit être déterminé conformément à la définition donnée au 3.6. La procédure doit être répétée pour générer une valeur inférieure à 10 % du domaine nominal, afin de déterminer $R_{\min}$. Ci-après, 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 $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ 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 doit être réalisée. 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 $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ est constante, 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 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.

7.6 Accumulation de signaux

7.6.1 Exigences

Un instrument intégrateur doit être capable d'accumuler et d'additionner des effets consécutifs ou simultanés et de stocker les valeurs mesurées 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 un capteur de mesure qui peut accumuler les signaux.

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. 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 (voir Tableau 3). 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 lorsque le système d'écoulement d'air est utilisé. Après la période de mise à l'équilibre thermique de l'instrument, l'erreur relative du débit de prélèvement ne doit pas varier de plus de $\pm 10\%$ 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 d'air

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 $\pm 10\%$.

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

Ensuite le robinet doit être réglé pour générer 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 préréglé. Un niveau d'alarme doit être activé.

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 indiquer la variation différentielle de la valeur indiquée causée par un débit d'équivalent de dose ambiant de $1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$ en relation avec la valeur indiquée à la limite inférieure et supérieure du domaine normale dans des 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 $(1,0 \pm 0,1) \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$, uniforme sur une surface plane plus grande que le détecteur. La source doit être placée à une distance pour obtenir ce résultat.

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 Température ambiante

9.2.1 Exigences

L'erreur relative doit rester dans les limites spécifiées par le Tableau 4, dans la gamme des températures indiquée par ce même Tableau.

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 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.

9.3 Humidité relative et condensation

9.3.1 Exigences

L'erreur relative concernant l'indication de l'instrument causée par l'humidité et la condensation, doit être dans les limites spécifiées par le Tableau 4. 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.

9.3.2 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 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.

Après, la température doit être réduite en-dessous du point de rosée afin de créer la 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.

9.4 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 ses variations doivent être précisées par le fabricant.

10 Exigences et essais concernant les performances électriques

10.1 Variation de l'alimentation

10.1.1 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 $\pm 10\%$ par rapport à l'indication obtenue dans les conditions d'essai normalisées.

10.1.2 Méthode d'essai

L'essai doit être effectué dans une atmosphère de référence contenant des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ fournie par un STAR. L'activité volumique des $^{222}\text{Rn}/^{220}\text{Rn}$ doit être telle que l'instrument donne une indication dans le domaine nominal.

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. La procédure doit être répétée à une tension inférieure de 10 % à la valeur nominale.

Ces deux valeurs moyennes ne doivent pas varier de plus de $\pm 10\%$ de celle obtenue avec une 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 de 47 Hz ou 57 Hz en fonction du pays d'utilisation, selon que la fréquence nominale peut être de 50 Hz ou de 60 Hz. La procédure doit être répétée à une tension d'alimentation nominale et à une fréquence de 52 Hz ou de 62 Hz en fonction du pays d'utilisation où la fréquence nominale est de 50 Hz ou de 60 Hz, respectivement.

Ces deux valeurs moyennes ne doivent pas varier de plus de $\pm 10\%$ par rapport à celle obtenue avec une fréquence nominale.

10.2 Essai des piles et batteries

10.2.1 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 $\pm 10\%$ de l'indication initiale.

10.2.2 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 $300 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ pendant une durée de 18 ms, la forme de l'impulsion du choc étant semi-sinusoidale. L'instrument ne doit pas être endommagé, et doit rester fonctionnel conformément aux exigences des normes de chocs mécaniques (voir l'IEC 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 l'IEC 60068-2-27.

12 Manuel d'utilisation et de maintenance

Chaque instrument doit être fourni avec un manuel approprié, conformément à l'IEC 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 (si nécessaire);
- 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;
 - 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.

13 Rapport d'essais de type et certificat

Les résultats des essais de performances doivent faire l'objet d'un compte-rendu 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 Les rapports d'essai sont parfois nommés "certificats d'essai".

**Tableau 1 – Conditions de référence et conditions normales d'essai
(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 $^{222}\text{Rn}^b$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$
Activité volumique du $^{220}\text{Rn}^c$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$	$< 10 \text{ Bq} \cdot \text{m}^{-3}$
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
Tension d'alimentation	Tension d'alimentation nominale U_N	Tension d'alimentation nominale $U_N \pm 0,5 \%$
Fréquence d'alimentation à 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 inférieure à 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 Seulement pour les instruments mesurant le ^{220}Rn . ^c Seulement pour les instruments mesurant le ^{222}Rn .		

Tableau 2 – Essais des performances de détection des rayonnements

Caractéristiques à contrôler	Exigence	Paragraphe
Interférence croisée avec le $^{222}\text{Rn}^a$	Réponse au $^{222}\text{Rn} \leq 20 \%$	7.2
Interférence croisée avec le $^{220}\text{Rn}^b$	Réponse au $^{220}\text{Rn} \leq 20 \%$	7.2
Linéarité de l'indication	Paramètre d'essai pour une linéarité $Q < 0,15$	7.3
Fluctuation statistique	Coefficient de variation inférieur à $\pm 10 \%$	7.4
Temps de réponse	Selon les spécifications du fabricant	7.5
^a Seulement pour les instruments mesurant le ^{220}Rn . ^b Seulement pour les instruments mesurant le ^{222}Rn .		

Tableau 3 – Essais de la performance du circuit d'air

Caractéristiques à contrôler	Exigence	Paragraphe
Stabilité du débit	Variation inférieure à $\pm 10 \%$ 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 $\pm 10 \%$	8.3
Chute de pression dans le filtre	Erreur relative par rapport à l'indication de l'instrument inférieure à $\pm 10 \%$ 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

Tableau 4 – 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	$\leq 1 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$	Selon les spécifications du fabricant	9.1
Température ambiante	$-5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ à $+45 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 10 \%$	9.2
Humidité relative	90% à $30 \text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 10 \%$	9.3
Humidité ^b	Condensée	$\pm 50 \%$	9.3
Pression atmosphérique	90 kPa à 106 kPa	Selon les spécifications du fabricant	9.4
Tension d'alimentation à courant alternatif	De 90% U_N à 110% U_N	$\pm 10 \%$	10.1
Fréquence d'alimentation à courant alternatif	De 47 Hz à 52 Hz (De 57 Hz à 62 Hz) ^c	$\pm 10 \%$	10.1
Capacité des piles ou de la batterie	Après 8 h de fonctionnement continu	$\pm 10 \%$	10.2
Chocs mécaniques	Telle que définie 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 exclusivement par le fabricant.			
^c Uniquement dans les pays où la fréquence nominale est de 60 Hz .			

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