IEC 61577-4

Edition 1.0 2009-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments – Part 4: Equipment for the production of reference atmospheres containing radon isotopes and their decay products (STAR)

Instrumentation pour la radioprotection – Instruments de mesure du radon et des descendants du radon – Partie 4: Dispositif pour la réalisation d'atmosphères de référence contenant des isotopes du radon et leurs descendants (STAR)

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

COMMISSION ELECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

U

ICS 13.280

ISBN 978-2-88910-545-8

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4
INTRODUCTION 6
1 Scope and object 7
2 Normative references 7
3 Terms, definitions and units 8
3.1 General terms and definitions 8
3.2 Specific terms and definitions 9
3.3 Units and conversion factors 12
4 General description of a System for Test Atmospheres with Radon (STAR) 13
4.1 General 13
4.2 Mode of operation of a STAR 14
4.2.1 Static mode of operation 14
4.2.2 Dynamic mode of operation 14
5 Characteristics of a STAR 15
5.1 General 15
5.2 STAR for radon 16
5.2.1 General 16
5.2.2 Technical characteristics of STAR containers 16
5.2.3 Radon sources 16
5.2.4 ^{222}Rn and ^{220}Rn analysis and control 17
5.2.5 Analysis and control of climatic parameters 18
5.3 STAR for radon and RnDP 18
5.3.1 General 18
5.3.2 Technical characteristics of STAR containers 18
5.3.3 RnDP sources 18
5.3.4 RnDP analysis and control 19
5.3.5 Sampling flow rate of equipment under test 19
5.3.6 Analysis and control of climatic parameters 20
6 Requirements for the reference atmosphere provided by STAR 20
6.1 General 20
6.2 Reference conditions 20
6.3 Influence quantities 21
6.3.1 General 21
6.3.2 Temperature 22
6.3.3 Relative humidity 22
6.3.4 Atmospheric pressure 22
6.3.5 Ambient gamma field 23
6.3.6 Working range for exposure to RnDP 23
6.3.7 Working range for aerosols 23
6.3.8 Exposure time for the instrument under test 23
7 Calibration and traceability of measurement methods and instruments used in a STAR 23
7.1 Traceability chains 23
7.2 Quality assurance 24
Annex A (informative) Characteristics of atmospheres that can be simulated in a STAR 25

Bibliography.....27

Figure 1 – Components of a STAR: general case.....13
Figure 2 – Minimum requirements for a STAR.....14
Figure 3 – Dynamic mode of operation of a STAR.....15

Table 1 – Reference and standard test conditions.....21
Table 2 – Tests with variation of the influence quantities 21
Table A.1 – Atmosphere characteristic ranges (typical values).....26

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

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

Part 4: Equipment for the production of reference atmospheres containing radon isotopes and their decay products (STAR)

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
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 61577-4 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

FDIS	Report on voting
45B/598/FDIS	45B/606/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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 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.

NOTE In normal conditions, due to the very short half-life of ^{219}Rn, its activity and the activity of its RnDP[1] are considered negligible compared to the activity of the two other series. Its health effects are therefore not important. Thus in this standard ^{219}Rn and its decay products are not considered.

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

Remark:

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

IEC 61577-1: This emphasizes the terminology and units of the specific field of radon and radon decay products (RnDP) measurement techniques and presents 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 $RnDP_{222}$ and $RnDP_{220}$ measuring instruments.

IEC 61577-4: Details how a STAR is constructed and how it can be used for testing.

[1] RnDP is the acronym of Radon Decay Products and it is equivalent to Radon Progeny (see [1] in the Bibliography).

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

Part 4: Equipment for the production of reference atmospheres containing radon isotopes and their decay products (STAR)

1 Scope and object

The IEC 61577 series covers the general features concerning test and calibration of radon and radon decay products measuring instruments. It is also intended to help define type tests, which have to be conducted in order to qualify these instruments. These type tests are described in IEC 61577-2 and IEC 61577-3. This standard addresses only the instruments and associated methods for measuring isotopes 220 and 222 of radon and their subsequent short-lived decay products in gases.

IEC 61577-4 concerns the System for Test Atmospheres with Radon (STAR) needed for testing, in a reference atmosphere, the instruments measuring radon and RnDP. The clauses that follow do neither claim to solve all the problems involved in the production of equipment for setting up reference atmospheres for radon and its decay products, nor to describe all the methods for doing so. They do however set out to be a guide enabling those faced with such problems to choose the best methods for adoption in full knowledge of the facts.

2 Normative references

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

IEC 60050-111:1996, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 111: Physics and chemistry*

IEC 60050-393:2003, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 393: Nuclear instrumentation – Physical phenomena and basic concepts*

IEC 60050-394:2007, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 394: Nuclear instrumentation – Instruments, systems, equipment and detectors*

IEC 61577 (all parts), *Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1 000 V a.c. and 1 500 V d.c. – Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures*

ISO/IEC Guide 99:2007, *International vocabulary of metrology – Basic and general concepts and associated terms (VIM)*

ISO/IEC 17025, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

ICRP 32: *Annals of the ICRP, Publication N° 32, Limits for inhalation of Radon Daughters by Workers, Vol. 6, N°1, 1981, Pergamon Press*

ICRP 38: *Annals of the ICRP, Publication N° 38, Radionuclides transformations, Energy and Intensity of Emissions, Vol. 11 - 13, 1983, Pergamon Press*

ICRP 65: *Annals of the ICRP, Publication N° 65, ICRP Publication 65: Protection Against Radon-222 at Home and at Work, Vol. 23/2,* 1994, Pergamon Press

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 32
INTRODUCTION 34
1 Domaine d'application et objet 35
2 Références normatives 35
3 Termes, définitions et unités 36
3.1 Termes et définitions généraux 36
3.2 Termes et définitions spécifiques 37
3.3 Unités et facteurs de conversion 40
4 Description générale d'un STAR 41
4.1 Généralités 41
4.2 Mode de fonctionnement d'un STAR 42
4.2.1 Mode de fonctionnement statique 42
4.2.2 Mode de fonctionnement dynamique 42
5 Caractéristiques d'un STAR 44
5.1 Généralité 44
5.2 STAR pour le radon 44
5.2.1 Généralité 44
5.2.2 Caractéristiques techniques des enceintes de STAR 44
5.2.3 Les sources de radon 44
5.2.4 Analyse et contrôle du ^{222}Rn et du ^{220}Rn 45
5.2.5 Analyse et contrôle des paramètres climatiques 46
5.3 STAR pour le radon et les RnDP 46
5.3.1 Généralités 46
5.3.2 Caractéristiques techniques des enceintes du STAR 46
5.3.3 Les sources de RnDP 46
5.3.4 Analyse et contrôle des RnDP 47
5.3.5 Débit d'échantillonnage des instruments en essai 48
5.3.6 Analyse et contrôle des paramètres d'ambiance 48
6 Exigences concernant l'atmosphère de référence produite par un STAR 48
6.1 Généralités 48
6.2 Conditions de référence 49
6.3 Grandeurs d'influence 49
6.3.1 Généralités 49
6.3.2 Température 50
6.3.3 Humidité relative 50
6.3.4 Pression atmosphérique 51
6.3.5 Rayonnement gamma ambiant 51
6.3.6 Domaine de fonctionnement pour l'exposition aux RnDP 51
6.3.7 Domaine de fonctionnement pour les aérosols 52
6.3.8 Temps d'exposition pour les instruments en essai 52
7 Etalonnage et traçabilité des méthodes et instruments de mesure utilisés dans un STAR 52
7.1 Chaîne métrologique 52
7.2 Assurance qualité 53
Annexe A (informative) Caractéristiques des atmosphères pouvant être simulées par un STAR 54

Bibliographie 56

Figure 1 – Constitution d'un STAR: cas général 41
Figure 2 – Exigences minimums d'un STAR 42
Figure 3 – Mode de fonctionnement dynamique d'un STAR 43

Tableau 1 – Conditions de référence et d'essai normalisées 49
Tableau 2 – Essais avec variation des grandeurs d'influence 50
Tableau A.1 – Domaine caractéristique des atmosphères (valeurs typiques) 55

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

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

Partie 4: Dispositif pour la réalisation d'atmosphères de référence contenant des isotopes du radon et leurs descendants (STAR)

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61577-4 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
45B/598/FDIS	45B/606/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

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

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

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

INTRODUCTION

Le radon est un gaz radioactif produit par la désintégration des ^{226}Ra, ^{223}Ra et ^{224}Ra, respectivement produits de désintégration de ^{238}U, ^{235}U et ^{232}Th qui sont 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.

NOTE Dans des conditions normales, du fait de la très courte période du ^{219}Rn, son activité et celle de ses RnDP[1] sont considérées comme négligeables comparées aux activités des deux autres séries. Ses effets sur la santé sont donc insignifiants. Cette norme ne concerne donc pas le ^{219}Rn et ses descendants.

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

Remarque:

Afin de faciliter son utilisation, la série CEI 61577 est divisée de la façon suivante:

CEI 61577-1: Cette norme présente plus particulièrement la terminologie et les unités utilisées dans le domaine spécifique de la mesure du radon et de ses descendants à vie courte (RnDP) et présente brièvement le Système de Test en Atmosphères contenant du Radon STAR utilisée pour tester et étalonner les appareils de mesure du radon et de ses descendants à vie courte.

CEI 61577-2: Cette partie est dédiée aux tests des appareils de mesure du ^{222}Rn et du ^{220}Rn.

CEI 61577-3: Cette partie est dédiée aux tests d'appareils de mesure des $RnDP_{222}$ et des $RnDP_{220}$.

CEI 61577-4: Cette norme décrit les différents constituants d'un STAR et comment l'utiliser pour réaliser les essais d'instruments de mesure.

---

1 RnDP est l'acronyme de «Radon Decay Products» et est équivalent au terme «descendants du radon» (voir [1] dans la Bibliographie).

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

Partie 4: Dispositif pour la réalisation d'atmosphères de référence contenant des isotopes du radon et leurs descendants (STAR)

1 Domaine d'application et objet

La série de normes CEI 61577 traite des caractéristiques générales concernant les essais et étalonnages des instruments de mesure du radon et de ses descendants. Elle a aussi pour but d'aider à la définition des essais de type à effectuer pour qualifier ces instruments. Ces essais de type sont décrits dans les normes CEI 61577-2 et CEI 61577-3. La présente norme ne concerne que les instruments et les méthodes associées permettant la mesure des isotopes 220 et 222 du radon et leurs descendants à vie courte dans les gaz.

La norme CEI 61577-4 concerne le Système de Test en Atmosphères contenant du Radon (STAR) servant à tester, dans une atmosphère de référence, les instruments mesurant le radon et les RnDP. Cette norme ne prétend ni résoudre tous les problèmes associés à la mise en place du matériel nécessaire pour la création des atmosphères de référence pour le radon et ses descendants ni décrire toutes les méthodes possibles. Cependant, elle se veut être un guide pour aider ceux qui se trouvent confrontés à de tels problèmes et pour leur permettre de choisir les meilleures méthodes à adopter en toute connaissance de cause.

2 Références normatives

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

CEI 60050-111:1996, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 111: Physique et chimie*

CEI 60050-393:2003, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 393: Instrumentation nucléaire – Phénomènes physiques et notions fondamentales*

CEI 60050-394:2007, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Partie 394: Instrumentation nucléaire – Instruments, systèmes, équipements et détecteurs*

CEI 61577 (toutes les parties), *Sécurité électrique dans les réseaux de distribution basse tension de 1 000 V c.a. et 1 500 V c.c. – Dispositifs de contrôle, de mesure ou de surveillance de mesures de protection*

ISO/IEC Guide 99:2007, *Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés (VIM)*

ISO/IEC 17025, *Exigences générales des laboratoires concernant la compétence d'étalonnages et d'essais*

CIPR 32: *Annals of the ICRP, Publication N° 32, Limits for inhalation of Radon Daughters by Workers, Vol. 6, N°1, 1981, Pergamon Press* (disponible en anglais seulement)

CIPR 38: *Annals of the ICRP, Publication N° 38, Radionuclides transformations, Energy and Intensity of Emissions, Vol. 11 – 13, Pergamon Press, 1983* (disponible en anglais seulement)

CIPR 65: *Annals of the ICRP, Publication N° 65, ICRP Publication 65: Protection against Radon-222 at Home and at Work, Vol. 23/2, Pergamon Press, 1994* (disponible en anglais seulement)