

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61577-1**

Deuxième édition  
Second edition  
2006-07

---

---

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

**Partie 1:  
Règles générales**

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

**Part 1:  
General principles**



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 61577-1:2006

## Numérotation des publications

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

## Editions consolidées

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

## Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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

- Site web de la CEI ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- Catalogue des publications de la CEI

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

- IEC Just Published

Ce résumé des dernières publications parues ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- Service clients

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

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tél: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

## Publication numbering

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

## Consolidated editions

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

## Further information on IEC publications

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

- IEC Web Site ([www.iec.ch](http://www.iec.ch))
- Catalogue of IEC publications

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

- IEC Just Published

This summary of recently issued publications ([www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- Customer Service Centre

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

Email: [custserv@iec.ch](mailto:custserv@iec.ch)  
Tel: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**61577-1**

Deuxième édition  
Second edition  
2006-07

---

---

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

**Partie 1:  
Règles générales**

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

**Part 1:  
General principles**

© IEC 2006 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

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



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

**T**

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

## SOMMAIRE

|                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS.....                                                                                 | 4  |
| INTRODUCTION.....                                                                                 | 8  |
| 1 Domaine d'application et objet.....                                                             | 12 |
| 2 Références normatives.....                                                                      | 12 |
| 3 Termes, définitions et unités.....                                                              | 12 |
| 3.1 Définitions générales.....                                                                    | 14 |
| 3.2 Définitions spécifiques .....                                                                 | 20 |
| 3.3 Unités et facteurs de conversion .....                                                        | 28 |
| 4 Instruments de mesure du radon et de ses descendants à vie courte .....                         | 28 |
| 4.1 Généralités.....                                                                              | 28 |
| 4.2 Critères de classement des appareils de mesures du radon et des RnDP.....                     | 30 |
| 4.3 Méthodes de mesure du radon dans une atmosphère.....                                          | 30 |
| 4.4 Méthodes de mesure des descendants du radon dans une atmosphère.....                          | 32 |
| 4.5 Grandeurs d'influence .....                                                                   | 34 |
| 4.6 Gamme de paramètres d'essais .....                                                            | 34 |
| 5 Nécessité d'une atmosphère de référence.....                                                    | 34 |
| 5.1 Limites des méthodes d'essai usuelles.....                                                    | 34 |
| 5.2 Mélanges d'isotopes du radon.....                                                             | 36 |
| 6 Le concept de STAR.....                                                                         | 36 |
| 7 Procédures pour les essais des instruments de mesure du radon et des descendants du radon ..... | 38 |
| 7.1 Procédures pour les essais des instruments de mesure du $^{222}\text{Rn}$ .....               | 38 |
| 7.2 Procédures pour les essais des instruments de mesure du $^{220}\text{Rn}$ .....               | 38 |
| 7.3 Procédures pour les essais des instruments de mesure des RnDP $_{222}$ .....                  | 38 |
| 7.4 Procédures pour les essais des instruments de mesure des RnDP $_{220}$ .....                  | 40 |
| Annexe A (informative) Structure de la série CEI 61577.....                                       | 42 |
| Bibliographie.....                                                                                | 44 |

## CONTENTS

|                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                       | 5  |
| INTRODUCTION.....                                                                   | 9  |
| 1 Scope and object.....                                                             | 13 |
| 2 Normative references .....                                                        | 13 |
| 3 Terms, definitions and units.....                                                 | 13 |
| 3.1 General definitions .....                                                       | 15 |
| 3.2 Specific definitions .....                                                      | 21 |
| 3.3 Units and conversion factors .....                                              | 29 |
| 4 Instruments used for measuring radon and radon decay product .....                | 29 |
| 4.1 General.....                                                                    | 29 |
| 4.2 Criteria for the classification of radon and RnDP measuring instruments .....   | 31 |
| 4.3 Methods of measuring radon in an atmosphere .....                               | 31 |
| 4.4 Methods of measuring radon decay product in an atmosphere.....                  | 33 |
| 4.5 Influence quantities .....                                                      | 35 |
| 4.6 Range of test parameters .....                                                  | 35 |
| 5 Need for a reference atmosphere .....                                             | 35 |
| 5.1 Usual test methods limitations .....                                            | 35 |
| 5.2 Mixtures of radon isotopes .....                                                | 37 |
| 6 The concept of STAR .....                                                         | 37 |
| 7 Protocols for testing radon and RnDP measuring instruments.....                   | 39 |
| 7.1 Specific requirements for testing $^{222}\text{Rn}$ measuring instruments ..... | 39 |
| 7.2 Specific requirements for testing $^{220}\text{Rn}$ measuring instruments ..... | 39 |
| 7.3 Specific requirements for testing RnDP $_{222}$ measuring instruments .....     | 39 |
| 7.4 Specific requirements for testing RnDP $_{220}$ measuring instruments .....     | 41 |
| Annex A (informative) Structure of the IEC 61577 series.....                        | 43 |
| Bibliography.....                                                                   | 45 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

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

#### **Partie 1: Règles générales**

#### **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 61577-1 a été établie par le sous-comité 45B: Instrumentation pour la radioprotection, du comité d'études 45 de la CEI: Instrumentation nucléaire.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2000, dont elle constitue une révision technique.

Les principaux changements par rapport à la première édition sont les suivants :

- a) nouvelle structure de la série (voir Annexe A);
- b) proposition de classification des instruments de mesure du radon et RnDP.

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION –  
RADON AND RADON DECAY PRODUCT  
MEASURING INSTRUMENTS –****Part 1: General principles**

## 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 61577-1 has been prepared by subcommittee 45B: Radiation protection instrumentation, of IEC technical committee 45: Nuclear instrumentation.

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

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

- a) new structure of the series (see Annex A);
- b) proposal for classification of instruments used for measuring radon and RnDP.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS         | Rapport de vote |
|--------------|-----------------|
| 45B/496/FDIS | 45B/508/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.CEI.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61577-1:2006

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

| FDIS         | Report on voting |
|--------------|------------------|
| 45B/496/FDIS | 45B/508/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 the 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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61577-1:2006

## INTRODUCTION

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

NOTE 1 Dans des conditions normales, du fait de la très courte période du  $^{219}\text{Rn}$ , son activité et celle de ses RnDP 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  $^{219}\text{Rn}$  et ses descendants.

Les isotopes du radon et leurs descendants à vie courte (RnDP) (c'est-à-dire  $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Po}$  pour le  $^{222}\text{Rn}$ , et  $^{216}\text{Po}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{212}\text{Po}$ ,  $^{208}\text{Tl}$  pour le  $^{220}\text{Rn}$ ) (voir Figures 1 et 2) 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 [1], [2]<sup>1</sup>.

NOTE 2 Toutes les données nucléaires utilisées dans les Figures 1 et 2 proviennent de la CIPR 38, car cette norme concerne principalement les instruments utilisés en radioprotection.

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie.

## INTRODUCTION

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

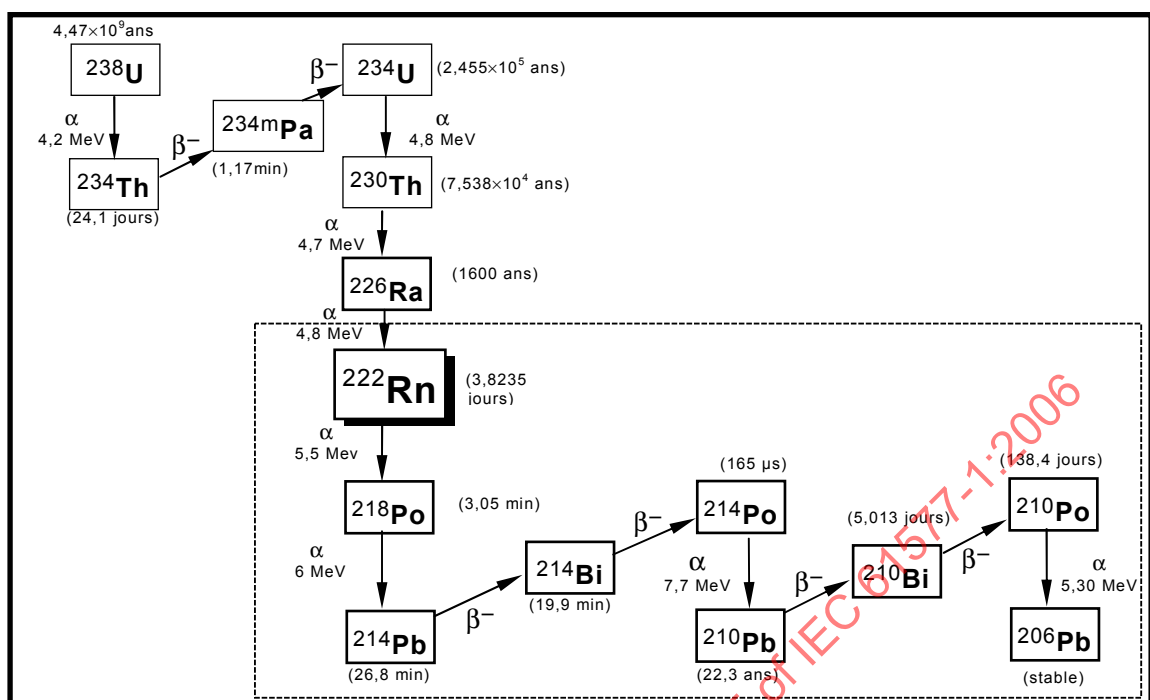
NOTE 1 In normal conditions, due to the very short half-life of  $^{219}\text{Rn}$ , its activity and the activities of its RnDP are considered negligible compared to the activity of the other two series. Its health effects are therefore not important. Thus, in this standard,  $^{219}\text{Rn}$  and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

Radon isotopes and their corresponding short-lived radon decay products (RnDP) (i.e.,  $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Po}$  for  $^{222}\text{Rn}$ , and  $^{216}\text{Po}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{212}\text{Po}$ ,  $^{208}\text{Tl}$  for  $^{220}\text{Rn}$ ) (see Figures 1 and 2) 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 worth while for health physicists to be able to measure with great accuracy the level of this kind of natural radioactivity in the atmosphere. Because of the very particular behaviour of these radioactive elements in the atmosphere and corresponding measuring instruments, it is necessary to regulate the way such instruments could be tested [1], [2]<sup>1</sup>.

NOTE 2 The nuclear data of Figures 1 and 2 refer to ICRP 38, because this standard applies mainly to instruments used for radiation protection purposes.

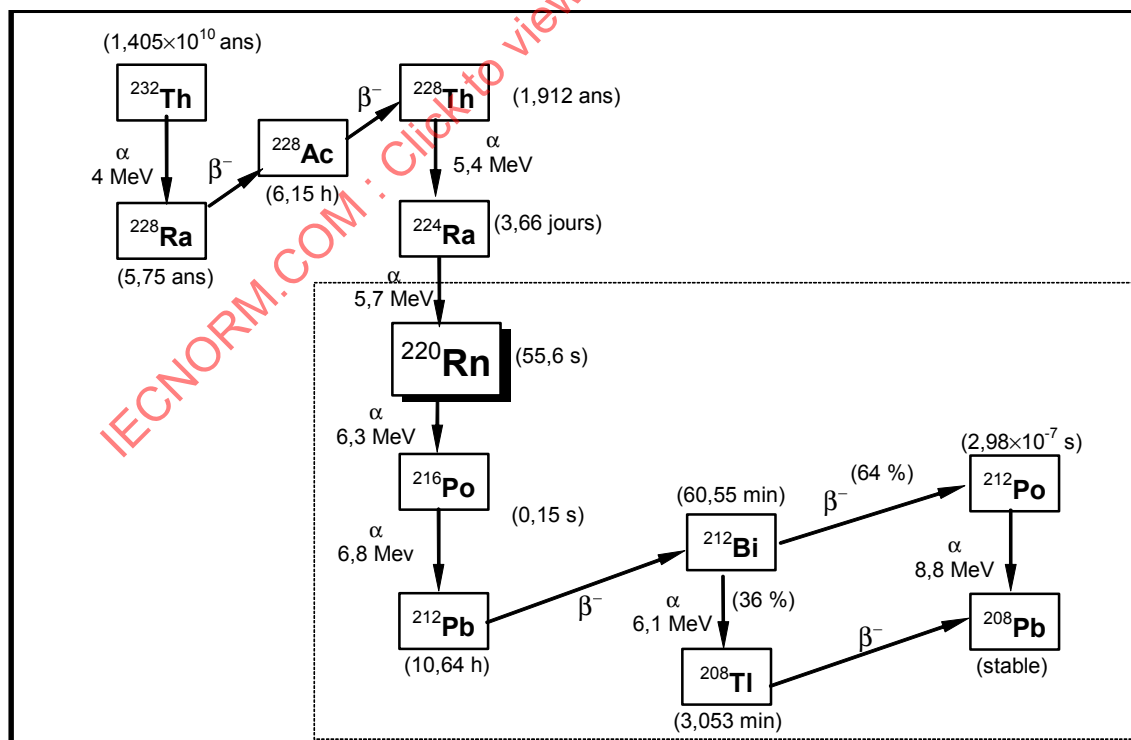
---

<sup>1</sup> Figures in square brackets refer to the Bibliography.



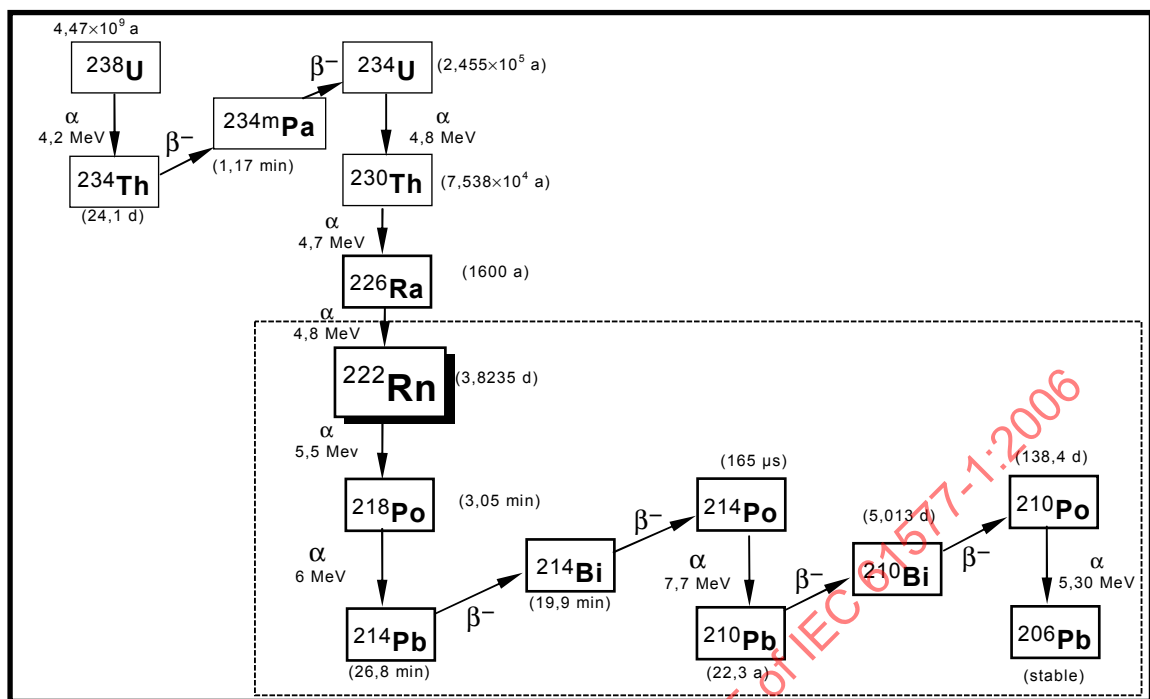
IEC 1119/06

Figure 1 – Chaîne de désintégration de l'<sup>238</sup>U

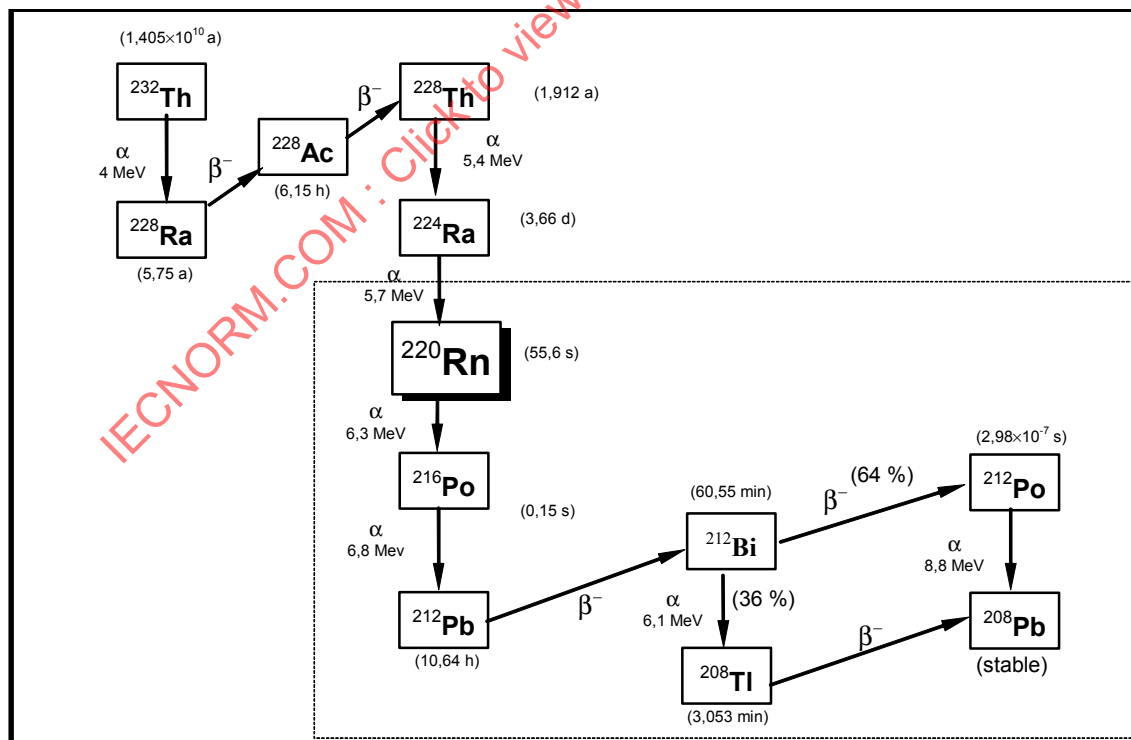


IEC 1120/06

Figure 2 – Chaîne de désintégration du <sup>232</sup>Th



IEC 1119/06

Figure 1 –  $^{238}\text{U}$  decay chain

IEC 1120/06

Figure 2 –  $^{232}\text{Th}$  decay chain

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

## Partie 1: Règles générales

### 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.

Cette 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.

Cette norme a pour but d'aider à la définition des essais de type à effectuer pour qualifier ces instruments.

NOTE Ces essais de type seront décrits dans les futures CEI 61577-2-1, CEI 61577-2-2, CEI 61577-3-1 et CEI 61577-3-2 (voir structure de la série CEI 61577 dans l'annexe A).

Pour aider à la compréhension du présent document, cette norme propose une classification des instruments de mesure du radon ou des RnDP, basée sur la durée du prélèvement réalisé.

### 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 61577 (toutes les parties), *Instrumentation pour la radioprotection – Instruments de mesure du radon et des descendants du radon*

### 3 Termes, définitions et unités

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

NOTE 1 Dans l'ensemble de la présente norme, le mot RADON est utilisé pour désigner tous les isotopes du radon concernés. Un isotope particulier sera indiqué par son symbole chimique précédé de son nombre de masse (par exemple  $^{220}\text{Rn}$ ,  $^{222}\text{Rn}$ ).

NOTE 2 Le terme DESCENDANTS DU RADON ou son abréviation (RnDP) représente l'ensemble des descendants à vie courte. Un isotope particulier est indiqué par son symbole chimique précédé de son nombre de masse. Les indices  $^{222}$ ,  $^{220}$  ajoutés à l'abréviation RnDP désignent tous les descendants à vie courte de l'isotope radon correspondant ( $^{218}\text{Po}$ ,  $^{214}\text{Pb}$ ,  $^{214}\text{Bi}$ ,  $^{214}\text{Po}$ ), ( $^{216}\text{Po}$ ,  $^{212}\text{Pb}$ ,  $^{212}\text{Bi}$ ,  $^{212}\text{Po}$ ,  $^{208}\text{Tl}$ ).

NOTE 3 Toutes les données nucléaires utilisées dans le présent document proviennent de la CIPR 38, car cette norme concerne principalement les instruments utilisés en radioprotection.

# **RADIATION PROTECTION INSTRUMENTATION – RADON AND RADON DECAY PRODUCT<sup>2</sup> MEASURING INSTRUMENTS –**

## **Part 1: General principles**

### **1 Scope and object**

The IEC 61577 series covers the general features concerning test and calibration of radon and radon decay product measuring instruments.

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.

Its object is to help to define type tests which have to be conducted in order to qualify these instruments.

NOTE These type tests will be described in the future IEC 61577-2-1, IEC 61577-2-2, IEC 61577-3-1 and IEC 61577-3-2 (see IEC 61577 structure in Annex A).

For the suitability of the document, this standard also proposes a classification of the instruments measuring radon or RnDP based on the duration of sampling.

### **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 61577 (all parts), *Radiation protection instrumentation – Radon and radon decay product measuring instruments*

### **3 Terms, definitions and units**

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

NOTE 1 Throughout the whole document, the term “radon” is used to denote all the radon isotopes which are concerned by this standard. When a particular isotope is to be referred to, it will be indicated by its chemical symbol preceded by its mass number (for example, <sup>220</sup>Rn, <sup>222</sup>Rn).

NOTE 2 The term “radon decay product” or its abbreviation (RnDP) denotes the whole set of short-lived decay products, which are concerned by this standard. A particular isotope is indicated by its chemical symbol preceded by its mass number. The subscripts <sup>222</sup>, <sup>220</sup> added to the symbol RnDP refer to the whole set of short-lived decay products of the corresponding radon isotope (<sup>218</sup>Po, <sup>214</sup>Pb, <sup>214</sup>Bi, <sup>214</sup>Po), (<sup>216</sup>Po, <sup>212</sup>Pb, <sup>212</sup>Bi, <sup>212</sup>Po, <sup>208</sup>Tl).

NOTE 3 All the nuclear data used in this standard refer to ICRP 38, because this standard applies mainly for instruments used for radiation protection purposes.

<sup>2</sup> The term “decay product” is used in the whole document instead of “daughters” or “progeny” following the recommendation of K. Ph. HOPKE, in Health Physics, vol. 64, No. 5, May 1993, p. 459.

### 3.1 Définitions générales

#### 3.1.1 activité

$A$

quotient de  $dN$  par  $dt$ , où  $dN$  est l'espérance mathématique du nombre de transitions nucléaires spontanées à partir d'un état énergétique donné, à un instant donné, pendant l'intervalle de temps  $dt$

$$A = \frac{dN}{dt}$$

[VEI 393-14-12, modifiée]

#### 3.1.2 activité volumique

$C$

activité par unité de volume ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ )

[VEI 393-14-16, modifiée]

#### 3.1.3 étalon primaire

étalon qui est désigné ou largement reconnu comme présentant les plus hautes qualités métrologiques et dont la valeur est établie sans se référer à d'autres étalons de la même grandeur

NOTE Le concept d'étalon primaire est valable aussi bien pour les grandeurs de base que pour les grandeurs dérivées.

[ISO Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie, 6.4]

#### 3.1.4 étalon secondaire

étalon dont la valeur est établie par comparaison à un étalon primaire de la même grandeur

[ISO Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie, 6.5]

#### 3.1.5 étalon de référence

étalon, en général de la plus haute qualité métrologique disponible en un lieu donné ou dans une organisation donnée, dont dérivent les mesurages qui y sont faits

[ISO Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie, 6.6]

#### 3.1.6 étalon de transfert

étalon utilisé comme l'intermédiaire pour comparer entre eux des étalons

NOTE Le terme dispositif de transfert doit être utilisé lorsque l'intermédiaire n'est pas un étalon.

[ISO Vocabulaire international des termes fondamentaux et généraux de métrologie, 6.8]

#### 3.1.7 débit massique

masse d'un gaz circulant dans un conduit pendant une unité de temps ( $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ )

#### 3.1.8 débit volumique

volume d'un gaz circulant dans un conduit pendant une unité de temps ( $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ )

### 3.1 General definitions

#### 3.1.1

##### **activity**

*A*

quotient of  $dN$  by  $dt$ , where  $dN$  is the expectation value of the number of spontaneous nuclear transitions from a particular energy state at a given time, in the time interval  $dt$

$$A = \frac{dN}{dt}$$

[IEV 393-14-12, modified]

#### 3.1.2

##### **volume activity**

##### **activity concentration**

*C*

activity per unit volume ( $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ )

[IEV 393-14-16, modified]

#### 3.1.3

##### **primary standard**

standard designed or widely acknowledged as having the highest metrological qualities and whose value is accepted without reference to other standards of the same quantity

NOTE The concept of primary standard is equally valid for base quantities and derived quantities.

[ISO International vocabulary of basic and general terms in metrology, 6.4]

#### 3.1.4

##### **secondary standard**

standard whose value is assigned by comparison with a primary standard of the same quantity

[ISO International vocabulary of basic and general terms in metrology, 6.5]

#### 3.1.5

##### **reference standard**

standard generally having the highest metrological quality available at a given location or in a given organization, from which measurements made there are derived

[ISO International vocabulary of basic and general terms in metrology, 6.6]

#### 3.1.6

##### **transfer standard**

standard used as an intermediary to compare standards

NOTE The term transfer device should be used when the intermediary is not a standard.

[ISO International vocabulary of basic and general terms in metrology, 6.8]

#### 3.1.7

##### **mass flow rate**

mass of a gas flowing in a conduit during a unit time ( $\text{kg}\cdot\text{s}^{-1}$ )

#### 3.1.8

##### **volume flow rate**

volume of gas flowing in a conduit during a unit time ( $\text{m}^3\cdot\text{s}^{-1}$ )

### 3.1.9

#### conditions atmosphériques normales

##### TPN

conditions climatiques correspondant à une température de 0 °C et une pression de 101 325 Pa (pression atmosphérique au niveau de la mer). Le volume ou le débit volumique d'un gaz sont généralement normalisés à ces conditions

### 3.1.10

#### temps de réponse (d'un ensemble de mesure)

temps nécessaire après une variation brusque de la grandeur à mesurer pour que la variation du signal de sortie atteigne pour la première fois un pourcentage donné, en général 90 %, de sa valeur finale

NOTE Pour les ensembles de mesure intégrateurs, le temps de réponse est pris à 90 % de la valeur à l'équilibre de la première dérivée ou de la pente de l'indication.

[VEI 394-19-09]

### 3.1.11

#### temps de mise à l'équilibre en température de l'électronique

temps nécessaire à un instrument de mesure, après avoir été mis sous tension, pour afficher une valeur s'éloignant de moins de 10 % de la valeur conventionnellement vraie (s)

### 3.1.12

#### valeur conventionnellement vraie d'une grandeur

##### $v_c$

meilleure estimation de la valeur d'une grandeur utilisée pour un but donné.

NOTE Une valeur conventionnellement vraie est en général considérée comme suffisamment proche de la valeur vraie pour que la différence soit insignifiante pour le but donné. Par exemple, une valeur déterminée à partir d'un étalon primaire ou secondaire ou à partir d'un instrument de référence, peut être prise égale à la valeur conventionnellement vraie.

[VEI 394-20-10]

### 3.1.13

#### erreur d'indication

##### $\Delta v$

différence entre la valeur indiquée  $v$  d'une grandeur et la valeur conventionnellement vraie  $v_c$  de cette grandeur au point de mesure

$$\Delta v = v - v_c$$

[VEI 394-20-13]

### 3.1.14

#### erreur relative

##### $e_r$

erreur relative d'une indication d'un matériel ou d'un ensemble, donnée en pourcentage par la relation:

$$e_r = (v - v_c) / v_c$$

où  $v$  est la valeur indiquée de la grandeur et  $v_c$  la valeur conventionnellement vraie de cette grandeur

[VEI 394-20-11]

**3.1.9****atmospheric standard conditions****STP**

climatic conditions corresponding to a temperature of 0°C and a pressure of 101 325 Pa (atmospheric pressure at sea-level). The volume of gas or the volume flow rate is generally normalized to these standard conditions

**3.1.10****response time** (of a measuring assembly)

time required after a step variation in the measured quantity for the output signal variation to reach for the first time a given percentage, usually 90 %, of its final value

NOTE For integrating measuring assemblies, the response time is 90 % of the equilibrium value of the first derivative or slope of the indication.

[IEV 394-19-09]

**3.1.11****electronic warm-up time**

time needed after applying power, for a measuring instrument, for the indicated value to reach a value departing less than 10% from the conventionally true value, in s

**3.1.12****conventionally true value of a quantity** **$v_c$** 

best estimate of the value of a quantity used for a given purpose

NOTE A conventionally true value is, in general, regarded as sufficiently close to the true value for the difference to be insignificant for the given purpose. For example, a value determined from a primary or secondary standard or by a reference instrument, may be taken as the conventionally true value.

[IEV 394-20-10]

**3.1.13****error of indication** **$\Delta v$** 

difference between the indicated value  $v$  of a quantity and the conventionally true value  $v_c$  of that quantity at the point of measurement

$$\Delta v = v - v_c$$

[IEV 394-20-13]

**3.1.14****relative error** **$e_r$** 

relative error of indication of a piece of equipment or an assembly, given by the relation:

$$e_r = (v - v_c) / v_c$$

where  $v$  is the indicated value of a quantity and  $v_c$  is the conventionally true value of this quantity

[IEV 394-20-11]

### 3.1.15

#### erreur relative intrinsèque

$e_i$

erreur relative d'une indication concernant une grandeur fournie par un matériel ou un ensemble de mesure soumis à une grandeur de référence donnée dans des conditions de référence déterminées, exprimée par la relation:

$$e_i = (v - v_c) / v_c$$

où  $v$  est la valeur indiquée de la grandeur et  $v_c$  la valeur conventionnellement vraie de la grandeur, au point de mesure

[VEI 394-20-12]

### 3.1.16

#### quantité détectable minimale (d'un ensemble de mesure de rayonnements)

quantité, par exemple l'activité, qui donnerait une indication moyenne qui, en présence d'un bruit de fond spécifié, aurait 95 % de probabilité qu'une telle indication ne soit pas produite par le bruit de fond spécifié seul

[VEI 394-20-24]

### 3.1.17

#### limite de détection

#### seuil de détection

valeur de l'indication de mesure pour laquelle l'incertitude aléatoire relative est égale à  $\pm 100$  % au niveau de probabilité de 95 %

[VEI 394-20-20]

### 3.1.18

#### 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:

$$V = \frac{s}{\bar{x}} = \bar{x}^{-1} \left[ (n-1)^{-1} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

[VEI 394-20-14]

### 3.1.19

#### essai de qualification

essais réalisés sur un échantillon représentatif d'équipements afin de vérifier la validité de la conception et sa conformité aux spécifications ayant fait l'objet d'un accord entre constructeur et utilisateur pour les conditions normales de fonctionnement et les conditions d'incidents de fonctionnement prévus.

NOTE 1 Les essais de qualification sont effectués dans le but de vérifier quelles prescriptions d'une spécification sont satisfaites.

NOTE 2 Les essais de qualification incluent les essais de type et les essais individuels de série.

[VEI 394-20-07]

### 3.1.20

#### essai de type

essai effectué sur un ou plusieurs dispositifs réalisés selon une conception donnée pour vérifier que cette conception répond aux spécifications prescrites

[VEI 394-20-28]

**3.1.15****relative intrinsic error** $e_i$ 

relative error of indication of a piece of equipment or an assembly with respect to a quantity when subjected to a specified reference quantity under specified reference conditions, expressed as

$$e_i = (v - v_c) / v_c$$

where  $v$  is the indicated value of a quantity and  $v_c$  is the conventionally true value of the quantity at the point of measurement

[IEV 394-20-12]

**3.1.16****minimum detectable quantity** (of a radiation measuring assembly)

quantity, for example activity, which will give a mean indication that in the presence of a specified background there is a 95 % probability that such an indication will not be produced by specified background alone

[IEV 394-20-24]

**3.1.17****detection limit****detection threshold**

value of the indication of the measurement for which the relative random uncertainty equals  $\pm 100$  % at the probability level of 95 %

[IEV 394-20-20]

**3.1.18****coefficient of variation**

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

$$V = \frac{s}{\bar{x}} = \bar{x}^{-1} \left[ (n-1)^{-1} \sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

[IEV 394-20-14]

**3.1.19****qualification test**

test performed on a representative sample of equipment to verify the adequacy of the design and that the equipment meets the specifications agreed upon between manufacturer and user under normal, operational conditions and anticipated operation occurrences

NOTE 1 Qualification tests are performed in order to verify that the requirements of a specification are fulfilled.

NOTE 2 Qualification tests are subdivided into type tests and routine tests.

[IEV 394-20-07]

**3.1.20****type test**

test of conformity on the basis of one or more specimens of a product representative of the production

[IEV 394-20-28]

### 3.1.21

#### essai individuel de série

essai auquel est soumis chaque dispositif en cours ou en fin de fabrication pour vérifier qu'il satisfait à des critères définis

[VEI 394-20-08, modifiée]

### 3.1.22

#### essai de réception

essai contractuel ayant pour objet de prouver au client que le dispositif répond à certaines conditions de sa spécification

[VEI 394-20-09]

## 3.2 Définitions spécifiques

### 3.2.1

#### énergie alpha potentielle $\varepsilon_p$

*EAP*

énergie alpha totale émise pendant la désintégration d'atomes de RnDP le long de la chaîne, jusqu'au  $^{210}\text{Pb}$  ou  $^{208}\text{Pb}$  respectivement pour les chaînes du  $^{222}\text{Rn}$  et du  $^{220}\text{Rn}$ .

$$\varepsilon_{p\ 222} = [(6,003 + 7,687) \times N_{218\text{Po}} + 7,687 \times (N_{214\text{Pb}} + N_{214\text{Bi}}) + 7,687 \times N_{214\text{Po}}] \times 1,602 \times 10^{-13} \quad (\text{J})$$

$$\varepsilon_{p\ 220} = [(6,779 + 7,804) \times N_{216\text{Po}} + 7,804 \times (N_{212\text{Pb}} + N_{212\text{Bi}}) + 8,785 \times N_{212\text{Po}}] \times 1,602 \times 10^{-13} \quad (\text{J})$$

où N est le nombre d'atomes

NOTE 1 L'énergie alpha de 7,804 MeV correspond à une émission alpha virtuelle due à l'embranchement du  $^{212}\text{Bi}$ , comme indiqué dans la figure 2.

NOTE 2 La Limite Annuelle d'Incorporation (LAI) peut être exprimée en fonction de l'  $EAP_{222}$  et de l'  $EAP_{220}$ . C'est pour cette raison que l'  $EAP_{222}$  et l'  $EAP_{220}$  sont utilisés comme indicateur du risque sanitaire.

[CIPR 32]

### 3.2.2

#### énergie alpha potentielle volumique $c_p$

*EAP<sub>v</sub>*

concentration dans l'air d'un mélange quelconque de descendants à vie courte du radon se désintégrant jusqu'au  $^{210}\text{Pb}$  ou  $^{208}\text{Pb}$ , exprimée en énergie alpha émise au cours de ces désintégrations

NOTE Cette quantité s'exprime dans le système international (SI) en  $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$ .

[CIPR 32]

### 3.2.3

#### exposition à l'énergie alpha potentielle volumique

$P_p(T)$

intégrale sur le temps de l'énergie alpha potentielle volumique à laquelle un individu est exposé sur une période de temps donnée T, par exemple sur un an.

$$P_p(T) = \int_T c_p(t) \cdot dt$$

NOTE Cette quantité s'exprime dans le SI en  $\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}$ .

[CIPR 65]

**3.1.21****routine test**

test to which each individual device is subjected during or after manufacture to ascertain whether it complies with certain criteria

[IEV 394-20-08]

**3.1.22****acceptance test**

contractual test to prove to the customer that the device meets certain conditions of its specifications

[IEV 394-20-09]

**3.2 Specific definitions****3.2.1****potential alpha energy**

*PAE or  $\epsilon_p$*

total alpha energy emitted during the decay of RnDP atoms along the decay chain through to  $^{210}\text{Pb}$  or  $^{208}\text{Pb}$  respectively for the decay chains of the  $^{222}\text{Rn}$  and  $^{220}\text{Rn}$

$$\epsilon_{p\ 222} = [(6,003 + 7,687) \times N_{218\text{Po}} + 7,687 \times (N_{214\text{Pb}} + N_{214\text{Bi}}) + 7,687 \times N_{214\text{Po}}] \times 1,602 \times 10^{-13} \quad (\text{J})$$

$$\epsilon_{p\ 220} = [(6,779 + 7,804) \times N_{216\text{Po}} + 7,804 \times (N_{212\text{Pb}} + N_{212\text{Bi}}) + 8,785 \times N_{212\text{Po}}] \times 1,602 \times 10^{-13} \quad (\text{J})$$

where  $N$  is the number of atoms

NOTE 1 The 7,804 MeV alpha energy corresponds to a virtual alpha emission due to the branching ratio of  $^{212}\text{Bi}$ , as indicated in Figure 2.

NOTE 2 Annual limits of intake (ALI) can be expressed in terms of  $\text{PAE}_{222}$  and  $\text{PAE}_{220}$ . For this reason  $\text{PAE}_{222}$  and  $\text{PAE}_{220}$  are used as health-risk indicators.

[ICRP 32]

**3.2.2****potential alpha energy concentration**

*PAEC or  $c_p$*

concentration of any mixture of short-lived radon decay products in air in terms of the alpha energy released during complete decay through  $^{210}\text{Pb}$  and/or  $^{208}\text{Pb}$  respectively.

NOTE This quantity is expressed in the SI unit  $\text{J} \cdot \text{m}^{-3}$ .

[ICRP 32]

**3.2.3****potential alpha energy exposure**

*$P_p(T)$*

time integral of the potential alpha energy concentration in air,  $c_p$ , to which an individual is exposed over a given time period  $T$ , for example, one year

$$P_p(T) = \int_T c_p(t) \cdot dt$$

NOTE This quantity is expressed in the SI unit  $\text{J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{h}$ .

[ICRP 65]

### 3.2.4

#### activité volumique équivalente du radon à l'équilibre

$c_{eq}$

activité volumique du radon à l'équilibre radioactif avec ses RnDP qui a la même énergie alpha potentielle que le mélange non à l'équilibre auquel  $c_{eq}$  fait référence

NOTE Cette quantité s'exprime dans le SI en Bq·m<sup>-3</sup>.

[CIPR 32]

### 3.2.5

#### facteur d'équilibre

$F$

rapport entre l'activité volumique équivalente du radon à l'équilibre et l'activité volumique du radon gaz

$$F = \frac{c_{eq}}{C_{Rn}}$$

[CIPR 65]

### 3.2.6

#### rapport d'équilibre

#### fraction d'équilibre

rapport entre l'activité volumique d'un descendant du radon donné  $i$  et l'activité de l'isotope du radon parent dans l'atmosphère considérée

$$f_i = \frac{C_i}{C_{Rn}}$$

### 3.2.7

#### coefficient d'émanation

rapport entre le nombre d'atomes de radon ( $n$ ) transférés dans l'espace occupé par les pores d'un matériau et le nombre ( $N$ ) d'atomes de radon présents dans la totalité du matériau, y compris l'espace des pores

$$\tau = \frac{n}{N}$$

### 3.2.8

#### taux d'émanation

valeur de l'activité des atomes de radon quittant un corps par unité de surface et par unité de temps. (Bq·kg<sup>-1</sup>·s<sup>-1</sup>) [3], [4]

### 3.2.9

#### taux d'exhalation

valeur de l'activité des atomes de radon quittant un corps par unité de surface et par unité de temps. (Bq·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>) [3], [4]

### 3.2.10

#### déconvolution

traitement mathématique d'un ensemble de données constituant un résultat de mesure (par exemple un nombre d'impulsions totalisées), permettant, par l'usage d'un ensemble particulier d'équations, d'obtenir la valeur de la grandeur à mesurer

**3.2.4****equilibrium equivalent concentration** $c_{eq}$ 

activity concentration of radon, in radioactive equilibrium with its short-lived decay products that has the same potential alpha energy concentration as the non-equilibrium mixture to which the  $c_{eq}$  refers

NOTE This quantity is expressed in the SI unit  $Bq \cdot m^{-3}$ .

[ICRP 32]

**3.2.5****equilibrium factor** $F$ 

ratio of equilibrium equivalent concentration to the radon gas concentration

$$F = \frac{c_{eq}}{C_{Rn}}$$

[ICRP 65]

**3.2.6****equilibrium ratio****equilibrium fraction**

ratio between the activity concentration of a given radon decay product  $i$  and the activity concentration of the parent radon isotope in the atmosphere considered

$$f_i = \frac{C_i}{C_{Rn}}$$

**3.2.7****emanating power****emanation coefficient**

ratio between the number of radon atoms ( $n$ ) transferred to the pore space of the material and the number ( $N$ ) of radon atoms present in the material itself, including the pores space

$$\tau = \frac{n}{N}$$

**3.2.8****emanation rate**

value of the activity of radon atoms leaving a material per unit mass per unit time ( $Bq \cdot kg^{-1} \cdot s^{-1}$ ) [3], [4]

**3.2.9****exhalation rate**

value of the activity of radon atoms leaving a material per unit surface of the material and per unit time ( $Bq \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ ) [3], [4]

**3.2.10****deconvolution**

mathematical treatment of a set of data resulting from a measurement (i.e. counted events) allowing, through the use of a particular set of equations, the obtention of the value of the original quantity to be measured

### 3.2.11

#### **aérosol**

suspension dans un milieu gazeux de particules solides ou liquides de dimensions comprise en général entre quelques nanomètres et 10  $\mu\text{m}$

[VEI 393-11-37, modifiée]

### 3.2.12

#### **diamètre aérodynamique médian en activité**

##### **AMAD**

médiane de la distribution en activité des diamètres de sphères de densité unité ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) qui ont la même vitesse limite de chute que les particules de l'aérosol considéré

### 3.2.13

#### **diamètre thermodynamique médian en activité**

##### **AMTD**

médiane de la distribution en activité des diamètres de sphères de densité unité ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) qui ont les mêmes propriétés thermodynamiques que les particules de l'aérosol considéré

### 3.2.14

#### **fraction libre de l'EAPv**

une fraction des RnDP peut ne pas être attachée à l'aérosol; cette grandeur est souvent appelée fraction libre ou non attachée.

fraction de l'énergie alpha potentielle volumique des RnDP non attachés à l'aérosol ambiant.

NOTE 1 La taille des particules concernées est de l'ordre du nm.

NOTE 2 Dans le cas du  $^{220}\text{Rn}$ , la relative longue période  $^{212}\text{Pb}$  peut conduire dans certains cas où le  $^{220}\text{Rn}$  a complètement disparu avant le  $^{212}\text{Bi}$ ; dans ce cas, la fraction libre du  $\text{RnDP}_{220}$  ne peut pas être définie.

[CIPR 65]

### 3.2.15

#### **fraction attachée**

la fraction de l'énergie alpha potentielle volumique des descendants du radon à vie courte attachés à l'aérosol ambiant

NOTE La taille de l'aérosol porteur, auquel sont attachés les RnDP, est généralement comprise entre 0,1 et 0,3  $\mu\text{m}$ .

### 3.2.16

#### **méthode de mesure directe**

méthode qui permet la mesure, sans perturbation, d'une propriété physique du radionucléide concerné (par exemple la mesure du  $^{222}\text{Rn}$  par détection de sa désintégration alpha à 5,490 MeV)

### 3.2.17

#### **méthode de mesure indirecte**

méthode de mesure qui permet de déterminer la mesure d'un radionucléide par une combinaison de données acquises à partir des propriétés physique ou radioactive du parent et des descendants du radionucléide concerné (par exemple une estimation de l'énergie alpha potentielle obtenue en calculant les équations de la désintégration, compte tenu de la période radioactive des descendants)

### 3.2.18

#### **prélèvement ponctuel**

prélèvement d'un échantillon (par exemple de l'air contenant du radon ou des particules d'aérosols) sur une période de temps considérée comme courte comparée aux fluctuations de la grandeurs étudiées (par exemple l'activité volumique de l'air)

**3.2.11****aerosol**

suspension in a gaseous medium of solid or liquid particles with dimension generally in the range of a few nanometres to 10  $\mu\text{m}$

[IEV 393-11-37, modified]

**3.2.12****activity median aerodynamic diameter****AMAD**

median of the activity distribution of diameters of the unit density ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) spheres that have the same settling velocity as the aerosol particle concerned

**3.2.13****activity median thermodynamic diameter****AMTD**

median of the activity distribution of diameters of the unit density ( $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ ) spheres that have the same thermodynamic properties as the aerosol particle concerned

**3.2.14****unattached fraction of PAEC**

fraction of RnDP which may not become attached to airborne particles and this quantity is often referred to as the free or unattached fraction

fraction of the potential alpha energy concentration of short-lived RnDP that is not attached to the ambient aerosol

NOTE 1 The particle size concerned is in the order of magnitude of nm.

NOTE 2 In the case of  $^{220}\text{Rn}$ , the relatively long half-life of  $^{212}\text{Pb}$  may lead to cases where  $^{220}\text{Rn}$  completely disappears before  $^{212}\text{Bi}$ ; in this case, the unattached fraction of  $\text{RnDP}_{220}$  cannot be defined.

[ICRP 65]

**3.2.15****attached fraction**

fraction of the potential alpha energy concentration of short-lived RnDP that is attached to the ambient aerosol

NOTE The sizes of the carrier aerosol to which most of the RnDP are attached are generally in the 0,1 to 0,3  $\mu\text{m}$  range.

**3.2.16****direct method of measurement**

method of measurement which allows the measure, without any disturbance, a physical property of the radionuclide concerned (i.e. measurement of  $^{222}\text{Rn}$  by detection of its alpha decay at 5,490 MeV)

**3.2.17****indirect method of measurement**

method of measurement which allows a determination of a radionuclide by combination of data gained from the physical or radioactive properties of the parent and of the decay products of the radionuclide concerned (i.e. estimation of volume potential alpha energy by calculation of the decay equations, knowing the half-life of the decay products)

**3.2.18****grab sampling**

collection of a sample (i.e. of air containing radon or aerosol particles) during a period considered short compared with the fluctuations of the quantity under study (i.e. volume activity of the air)

### 3.2.19

#### **méthode de mesure en continu**

méthode qui permet un enregistrement en continu de la valeur à mesurer, pendant une période de temps définie, et avec une résolution temporelle adaptée au phénomène à étudier

### 3.2.20

#### **méthode de mesure intégrée**

méthode basée sur la mesure de l'intégrale de la grandeur considérée sur une période définie comprenant la durée du prélèvement et la durée de mesure

### 3.2.21

#### **prélèvement passif**

se dit d'instruments n'utilisant pas de dispositifs actifs comme des pompes pour prélever dans l'atmosphère. Dans ce cas, le prélèvement s'effectue essentiellement par diffusion

### 3.2.22

#### **prélèvement actif**

se dit d'instruments utilisant des dispositifs actifs comme des pompes pour les prélèvements dans l'atmosphère

### 3.2.23

#### **taux d'émission surfacique (d'une source)**

nombre de particules d'un type donné sous une énergie donnée sortant de la surface d'une source ou de sa fenêtre, par unité de temps

[VEI 393-04-92]

### 3.2.24

#### **source d'essai**

source radioactive utilisée pour vérifier le fonctionnement normal des appareils de mesure

NOTE La source placée à une distance donnée du détecteur fournit une indication stable et reproductible.

[VEI 394-20-18]

### 3.2.25

#### **source de référence**

source radioactive étalon secondaire utilisée pour étalonner les appareils de mesure

[VEI 394-20-19]

### 3.2.26

#### **atmosphère de référence**

atmosphère dans laquelle les paramètres d'influence (aérosols, radioactivité, conditions climatiques, etc.) sont suffisamment bien connus et contrôlés pour permettre son utilisation dans une procédure de test d'instruments de mesure du radon ou des descendants du radon. Les valeurs des paramètres concernés doivent être traçables à des étalons reconnus.

### 3.2.27

#### **réponse de référence à une atmosphère de référence**

NOTE 1 Comme indiqué, il convient que les instruments et méthodes concernés par cette norme soient testés avec des atmosphères de référence pour obtenir une réponse de référence.

quotient, défini pour certaines conditions spécifiques, exprimé selon la relation:

$$R_{\text{ref}} = (I_{\text{rs}} - I_{\text{b}}) / Q_{\text{rs}}$$

**3.2.19****continuous method**

method which ensures a continuous recording of the parameter to be measured, over a defined period of time, and with a time resolution adapted to the phenomenon to be studied

**3.2.20****integrating method**

method that relies on the measurement of the integral over a defined sampling and measurement time of the quantity under study

**3.2.21****passive sampling**

applies to instruments using no active device like pumps for sampling the atmosphere. In this case the sampling is in most instruments mainly made by diffusion

**3.2.22****active sampling**

applies to instruments using active devices like pumps for sampling the atmosphere

**3.2.23****surface emission rate** (of a source)

number of particles of a given type above a given energy emerging from the face of the source or its window per unit time

[IEV 393-04-92]

**3.2.24****checking source**

radioactive source for use in confirming the normal operation of measuring instruments

NOTE A source placed at a given distance from the detector delivers a stable and reproducible indication.

[IEV 394-20-18]

**3.2.25****reference source**

radioactive secondary standard source for use in the calibration of the measuring instruments

[IEV 394-20-19]

**3.2.26****reference atmosphere**

radioactive atmosphere in which the influencing parameters (aerosols, radioactivity, climatic conditions, etc.) are sufficiently well-known or controlled to allow its use in a testing procedure for radon or RnDP measuring instruments. The parameter values concerned shall be traceable to recognized standards

**3.2.27****reference response to reference atmosphere**

NOTE 1 As indicated, the instruments and methods concerned by this standard should be tested using reference atmospheres to get a reference response.

ratio, under specified conditions, given by the relation

$$R_{\text{ref}} = (I_{\text{rs}} - I_{\text{b}}) / Q_{\text{rs}}$$

où

$I_{rs}$  est la valeur de la grandeur mesurée par l'équipement testé dans l'atmosphère de référence;

$I_b$  est la valeur due au bruit de fond radiatif;

$Q_{rs}$  est la valeur conventionnellement vraie de la grandeur mesurée

NOTE 2 L'indication due au bruit de fond radiatif doit être prise en compte dans la réponse de référence parce que les mesures automatiques de bruit de fond des instruments de mesure du radon ne sont pas toujours réalisées correctement.

### 3.2.28

#### STAR

#### Système de Test en Atmosphères contenant du Radon

acronyme désignant un équipement où l'on crée et utilise une atmosphère de référence.

### 3.2.29

#### source solide de RnDP

dépôt d'un radionucléide parent ( $^{226}\text{Ra}$ , par exemple) qui permet à son isotope du radon d'atteindre un certain état d'équilibre avec le  $^{226}\text{Ra}$ . L'émanation du radon provenant de ce dépôt a été bloquée par des moyens physiques (par exemple en l'encapsulant sous une couche de résine synthétique ou une couche métallique mince évaporée sous vide).

### 3.2.30

#### filtres à particules à haute efficacité (filtres HEPA)

filtres utilisés pour le prélèvement de particules d'aérosol avec une efficacité minimum de 99,97 % pour une taille de particule de  $0,3\ \mu\text{m}$

## 3.3 Unités et facteurs de conversion

Cette norme utilise le Système International d'unités (SI).

Cependant, les unités «non réglementaires» suivantes sont parfois encore utilisées:

Curie (Ci), unité d'activité:  $1\ \text{Ci} = 3,7 \times 10^{10}\ \text{Bq}$

$\text{MeV}\cdot\text{l}^{-1}$ , unité d'énergie alpha potentielle volumique  $1\ \text{MeV}\cdot\text{l}^{-1} = 1,6 \times 10^{-4}\ \mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$

Les facteurs de conversion suivants sont donnés à titre d'information:

Working Level (WL), quantité d'énergie alpha potentielle volumique  $1\ \text{WL} = 20,8\ \mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$

Working Level Month (WLM), quantité d'exposition  
à l'énergie alpha potentielle  $1\ \text{WLM} = 3,6\ \text{mJ}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$

$c_{eq}$ , quantité d'énergie alpha potentielle volumique  $1\ c_{eq} = 5,62 \times 10^{-3}\ \mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$  pour RnDP<sup>222</sup>

$1\ c_{eq} = 75,8 \times 10^{-3}\ \mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$  pour RnDP<sup>220</sup>

## 4 Instruments de mesure du radon et de ses descendants à vie courte

### 4.1 Généralités

Les instruments utilisés pour mesurer les isotopes du radon ou leurs RnDP font partie d'une catégorie particulière d'instruments de mesure de la radioactivité. Du fait de la nature même de la radioactivité à mesurer, ils doivent être décrits non seulement en termes de performance mais aussi par rapport à leur utilisation potentielle et/ou leurs principes de mesure.

Dans le cas particulier de la mesure de radon et de ses descendants, la méthode de mesure et l'instrument utilisé pour effectuer la mesure sont souvent étroitement liés. Sauf indication contraire, l'expression "méthode de mesure" sera donc utilisée dans le reste du texte comme terme générique désignant la méthode de mesure et l'instrument de mesure associé.

where

$I_{rs}$  is the value of the quantity measured by the equipment or assembly under test in a reference atmosphere;

$I_b$  is the value due to radiation background;

$Q_{rs}$  is the conventionally true value of the measured quantity.

NOTE 2 The indication due to radiation background should be taken into account in the reference response because automatic backgrounds of radon instruments are not well achieved.

### 3.2.28

#### **STAR (system for test atmospheres with radon)**

acronym used for the designation of the equipment needed for the creation and the use of a reference atmosphere

### 3.2.29

#### **solid source of RnDP**

deposit of a parent radionuclide ( $^{226}\text{Ra}$ , for example) allowing  $^{222}\text{Rn}$  to reach an equilibrium with  $^{226}\text{Ra}$ , by blocking the radon emanation using physical means (for example, encapsulation using a synthetic resin or a vacuum evaporated coated thin metal layer).

### 3.2.30

#### **high-efficiency particulate air filters**

##### **HEPA filters**

filters used for the aerosol collection, with a minimum efficiency of 99,97 % for a particle size of 0,3  $\mu\text{m}$

## 3.3 Units and conversion factors

This standard uses the International System of Units (SI).

However, the following "non-standard" units are still sometimes used.

Curie (Ci), unit of activity:  $1 \text{ Ci} = 3,7 \times 10^{10} \text{ Bq}$

$\text{MeV}\cdot\text{l}^{-1}$ , unit for potential alpha energy concentration  $1 \text{ MeV}\cdot\text{l}^{-1} = 1,6 \times 10^{-4} \mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$

The following conversion factors are given for information.

Working Level (WL), quantity of volume potential alpha energy  $1 \text{ WL} = 20,8 \mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$

Working Level Month (WLM), quantity of exposure to potential alpha energy  $1 \text{ WLM} = 3,6 \text{ mJ}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-3}$

$c_{eq}$ , quantity of potential alpha energy concentration  $1 c_{eq} = 5,62 \times 10^{-3} \mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$  for  $\text{RnDP}^{222}$

$1 c_{eq} = 75,8 \times 10^{-3} \mu\text{J}\cdot\text{m}^{-3}$  for  $\text{RnDP}^{220}$

## 4 Instruments used for measuring radon and radon decay product

### 4.1 General

The instruments used for the measurement of radon isotopes or of RnDP constitute a special class of radioactivity measuring instruments. Due to the nature of the radioactivity to be measured, they need to be described, not only by their performances, but also by their potential use and/or their principles of measurement.

In the special case of radon and RnDP measurements, the method of measurement and the device used to make the measurement are often very closely linked. The expression "method of measurement" will therefore be used in the rest of the text as a generic term for both the method of measurement and the associated device used to carry it out, except when there is a specific indication to the contrary.

Ceci implique que pour une «méthode de mesure» dans laquelle les systèmes de détection et d'analyse sont séparés, la totalité du système doit être considéré.

## 4.2 Critères de classement des appareils de mesures du radon et des RnDP

Les appareils de mesures concernés par cette norme peuvent être classés par groupes sur la base de différents critères. La méthode de mesure utilisée par l'instrument de mesure considéré est habituellement associée à ce groupe.

Les critères les plus souvent utilisés pour classer ces instruments de mesure sont les suivants:

- domaine d'application (à l'extérieur, dans les mines, etc.);
- durée du prélèvement (prélèvement ponctuel, long prélèvement ou prélèvement intégré, prélèvement en continu);
- type de prélèvement (par diffusion, par pompage, etc.);
- méthode de comptage (alpha total, spectrométrie, intégrée, etc.);
- type de détecteur (détecteur silicium, scintillateur, détecteurs solides de traces nucléaires, chambre d'ionisation, etc.);
- méthode de calcul (déconvolution des équations de désintégration, analyse des spectres, etc.);
- détection directe ou indirecte;
- gamme de mesure;
- possibilités de recyclage (pièces jetables, remplacement des filtres, etc.).

NOTE Pour ce document, la classification retenue est celle basée sur la durée du prélèvement (c'est-à-dire prélèvement ponctuel, intégré ou continu).

Les méthodes décrites sont celles utilisées par les instruments concernés par la présente norme; elles concernent soit les instruments de référence utilisés pour la qualification des atmosphères de référence, soit les instruments à tester selon la présente norme (voir les futures CEI 61577-2-1, CEI 61577-2-2, CEI 61577-3-1 et CEI 61577-3-2).

## 4.3 Méthodes de mesure du radon dans une atmosphère

La classification présentée dans le tableau 1 indique les méthodes les plus couramment utilisées dans les instruments de mesure du radon concernés par la présente norme.

Des informations relatives à d'autres méthodes seront présentées dans la future CEI 61577-5.

Les incertitudes des mesures réalisées en radioprotection sont souvent importantes et limitent souvent, de ce fait, l'application des méthodes de mesure [5], [6], [7], [8], [9], [10].

This implies that, for a "method of measurement" consisting of separated detection and analysis, the whole measuring system shall be considered.

## 4.2 Criteria for the classification of radon and RnDP measuring instruments

The measuring instruments concerned by this standard can be separated into various groups depending on the criteria taken into account. The method of measurement used is generally related to this group.

The criteria which are commonly used for classification of these measuring instruments are as follows:

- type of application (i.e., outdoor, mines, etc.);
- duration of sampling (i.e., short-term sampling or grab sampling, long-term sampling or integrated sampling and continuous sampling);
- method of sampling (i.e., diffusion, pumping, etc.);
- method of counting (i.e., gross alpha, spectrometric, integrating, etc.);
- method of detection (silicon detector, scintillator, solid-state nuclear tracks detector, ionization chamber, etc.);
- method of calculation (deconvolution of decay equations, spectrum analyses, etc.);
- direct or indirect detection;
- working range;
- suitability for reuse (disposable equipment, filter exchange, etc.).

NOTE For this document, the classification which is referred to is the classification based on duration of sampling (i.e., grab sampling, integrated sampling, continuous sampling).

The methods described are those used by the instruments referred to in this standard. They refer either to the reference instruments used for the qualification of the reference atmospheres or to the instruments to be tested according to this standard (see the future IEC 61577-2-1, IEC 61577-2-2, IEC 61577-3-1 and IEC 61577-3-2).

## 4.3 Methods of measuring radon in an atmosphere

The classification given in Table 1 shows the methods that are currently in use in the measuring instruments referred to in this standard for radon measurements.

Some information concerning those methods will be found in the future IEC 61577-5.

In radiation protection measurements, uncertainties are often quite large, thus limiting the application of a method [5], [6], [7], [8], [9], [10].

**Tableau 1 – Classification des instruments de mesure du radon**

| Durée du prélèvement | Mode de détection                                                                             | Information obtenue                                    | Grandeur mesurée    |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------------------|
| <b>Ponctuel</b>      | Scintillation $\alpha$ (ZnS(Ag) + photomultiplicateur)                                        | Nombres d'impulsions                                   | Activité            |
|                      | Ionisation des gaz                                                                            | Courant, nombre d'impulsions, amplitude des impulsions | Activité, énergie   |
|                      | Semi-conducteur                                                                               | Nombre d'impulsions, amplitude des impulsions          | Activité, énergie   |
| <b>Continu</b>       | Scintillation $\alpha$ (ZnS(Ag) + photomultiplicateur)                                        | Nombres d'impulsions                                   | Activité            |
|                      | Ionisation des gaz                                                                            | Courant, nombre d'impulsions, amplitude des impulsions | Activité, énergie   |
|                      | Semi-conducteur                                                                               | Nombre d'impulsions, amplitude des impulsions          | Activité, énergie   |
| <b>Intégré</b>       | Détecteur solide de traces nucléaires (DSTN)                                                  | Nombre de traces                                       | Exposition au radon |
|                      | Thermoluminescence + photomultiplicateur                                                      | Intensité lumineuse                                    | Exposition au radon |
|                      | Adsorption sur charbon + scintillateur NaI(Tl) et photomultiplicateur ou semi-conducteur GeHP | Nombre d'impulsions                                    | Exposition au radon |
|                      | Electret                                                                                      | Différence de potentiel                                | Exposition au radon |

#### 4.4 Méthodes de mesure des descendants du radon dans une atmosphère

La classification présentée dans le Tableau 2 ci-dessous présente les méthodes les plus couramment utilisées dans les instruments de mesure des RnDP concernés par la présente norme.

NOTE Les méthodes impliquant un prélèvement perturberont systématiquement la mesure (par pertes des aérosols, appauvrissement ou enrichissement de la concentration en aérosols par modification de l'écoulement à l'entrée de l'orifice de prélèvement, etc.).

Des informations relatives à d'autres méthodes seront présentées dans la future CEI 61577-5.

Les incertitudes des mesures réalisées en radioprotection sont souvent importantes et limitent, de ce fait, l'application des méthodes de mesure.

**Tableau 2 – Classification des instruments de mesure des RnDP**

| Durée du prélèvement | Mode de détection                                                    | Information obtenue                                           | Grandeur mesurée                                  |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|
| <b>Ponctuel</b>      | Scintillation $\alpha$ (ZnS(Ag) et/ou $\beta$ + photomultiplicateur) | Nombres d'impulsions (sans discrimination en énergie)         | Activité, EAP                                     |
|                      | Semi-conducteur (détection $\alpha$ , détection $\beta$ )            | Nombre d'impulsions (avec ou sans discrimination en énergie)  | Activité, EAP                                     |
|                      | Semi-conducteur (détection $\gamma$ )                                | Nombre d'impulsions, amplitude des impulsions                 | Activité, EAP                                     |
| <b>Continu</b>       | Semi-conducteur (détection $\alpha$ )                                | Nombres d'impulsions (avec ou sans discrimination en énergie) | Activité, EAP                                     |
|                      | Semi-conducteur (détection $\gamma$ )                                | nombre d'impulsions, amplitude des impulsions                 | Activité, EAP                                     |
|                      | Ionisation des gaz                                                   | Nombres d'impulsions (avec ou sans discrimination en énergie) | Activité, EAP                                     |
| <b>Intégré</b>       | Semi-conducteur                                                      | Nombres d'impulsions (avec ou sans discrimination en énergie) | Activité moyenne, EAP moyenne, exposition au RnDP |
|                      | Détecteur solide de traces nucléaires (DSTN)                         | Nombre de traces                                              | EAP moyenne, exposition au RnDP                   |

**Table 1 – Classification of instruments used for measuring radon**

| Duration of sampling | Detection type                                                                         | Information collected                   | Measured quantity |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| <b>Grab</b>          | Alpha scintillation (ZnS(Ag) + photomultiplier)                                        | Pulse counts                            | Activity          |
|                      | Ionization of gases                                                                    | Current, pulse counts, pulse amplitudes | Activity, energy  |
|                      | Semi-conductor                                                                         | Pulse counts, pulse amplitudes          | Activity, energy  |
| <b>Continuous</b>    | Alpha scintillation (ZnS(Ag) + photomultiplier)                                        | Pulse counts                            | Activity          |
|                      | Ionization of gases                                                                    | Current, pulse counts, pulse amplitudes | Activity, energy  |
|                      | Semi-conductor                                                                         | Pulse counts, pulse amplitudes          | Activity, energy  |
| <b>Integrating</b>   | SSNTD (solid-state nuclear tracks detector)                                            | Number of etched tracks                 | Rn exposure       |
|                      | Thermo-luminescence + photomultiplier                                                  | Intensity of the light                  | Rn exposure       |
|                      | Adsorption on charcoal + NaI(Tl) scintillator + photomultiplier or GeHP semi-conductor | Pulse counts                            | Rn exposure       |
|                      | Electret                                                                               | Electrostatic voltage                   | Rn exposure       |

#### 4.4 Methods of measuring radon decay product in an atmosphere

The classification given in Table 2 shows the methods that are currently in use in the measuring instruments referred to in this standard for the measurement of RnDP.

NOTE Methods involving sampling will always disturb the measurement (by aerosol losses, depletion or enrichment of aerosol concentration due to air flow pattern modifications in front of the sampling orifice, etc.).

Some information referring to other methods will be found in the future IEC 61577-5.

In radiation protection measurements, uncertainties are often quite large, thus limiting the application of a method.

**Table 2 – Classification of instruments used for measuring RnDP**

| Duration of sampling | Detection type                                              | Information collected                                | Measured quantity                      |
|----------------------|-------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| <b>Grab</b>          | Alpha (ZnS(Ag) and/or beta scintillation + photomultiplier) | Pulse counts (without energy discrimination)         | Activity, PAE                          |
|                      | Semi-conductor (alpha detection, beta detection)            | Pulse counts (with or without energy discrimination) | Activity, PAE                          |
|                      | Semi-conductor (gamma detection)                            | Pulse counts, pulse amplitudes                       | Activity, PAE                          |
| <b>Continuous</b>    | Semi-conductor (alpha detection)                            | Pulse counts (with or without energy discrimination) | Activity, PAE                          |
|                      | Semi-conductor (gamma detection)                            | Pulse counts, pulse amplitudes                       | Activity, PAE                          |
|                      | Gas ionization                                              | Pulse counts (with or without energy discrimination) | Activity, PAE                          |
| <b>Integrating</b>   | Semi-conductor                                              | Pulse counts (with or without energy discrimination) | Mean activity, mean PAE, RnDP exposure |
|                      | SSNTD (solid-state nuclear tracks detector)                 | Number of etched tracks                              | Mean PAE, RnDP exposure                |

#### 4.5 Grandeurs d'influence

Certaines grandeurs peuvent plus ou moins influencer la réponse d'un instrument de mesure. Elles sont liées aux caractéristiques de l'appareil. Une liste non exhaustive des ces grandeurs d'influence est donnée ci-après.

- humidité relative;
- température;
- pression atmosphérique;
- irradiation gamma ambiante;
- aérosols;
- lumière solaire.

Dans certains cas précis, la présence de radon et de ses descendants à vie courte ou à vie longue ( $^{210}\text{Po}$ ), il convient que l'activité volumique des RnDP eux-mêmes soit considérée.

#### 4.6 Gamme de paramètres d'essais

Les gammes des paramètres à appliquer pour réaliser les essais des différents types d'instruments sont données dans les futures CEI 61577-2-1, CEI 61577-2-2, CEI 61577-3-1 et CEI 61577-3-2.

### 5 Nécessité d'une atmosphère de référence

#### 5.1 Limites des méthodes d'essai usuelles

Les essais des instruments de mesure du radon et de ses descendants sont souvent effectués en utilisant des sources de référence solides ou gazeuses qui sont composées d'un radionucléide bien défini dont l'activité est connue de façon précise: par exemple, les sources solides électrodéposées de  $^{241}\text{Am}$ ,  $^{239}\text{Pu}$  mises en œuvre pour essayer les appareils utilisant la mesure des émissions  $\alpha$ , les sources de  $^{137}\text{Cs}$ , ou  $^{90}\text{Sr}$  pour les essais des instruments utilisant la mesure des émissions  $\beta$ , et les sources gazeuses de  $^{85}\text{Kr}$  ou  $^{133}\text{Xe}$  utilisées pour les essais des instruments utilisant l'ionisation des gaz comme moyen de détection.

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

Dans quelques cas, cependant, ces essais peuvent s'avérer insuffisants parce que les sources utilisées ne sont pas assez représentatives du phénomène réel à mesurer.

Quel que soit le radionucléide choisi, l'énergie maximale des particules alpha émises par un radionucléide artificiel ne dépasse pas  $\approx 5,8$  MeV. Si les circuits d'analyse ont une réponse non linéaire à des énergies au-delà de cette valeur, cet artefact ne sera détecté dans aucun des essais cités ci-dessus. Le  $^{214}\text{Po}$  (RnDP<sub>222</sub>), par exemple, émet une particule  $\alpha$  de 7,687 MeV.

La gamme d'énergies correspondante ne pourrait donc pas être complètement contrôlée en utilisant les radionucléides artificiels classiques.

De plus, le dépôt par diffusion sur les surfaces, les systèmes de prélèvement et de comptage simultanés, la mesure simultanée du  $^{222}\text{Rn}$  et du  $^{220}\text{Rn}$ , le comportement de l'aérosol porteur des RnDP (qui est l'objet de la mesure) ne peuvent pas être simulés.

#### 4.5 Influence quantities

Some quantities can more or less influence the response of the measuring device. They depend on the characteristics of the apparatus. A non-exhaustive list of these influence quantities is given hereafter:

- relative humidity;
- temperature;
- atmospheric pressure;
- ambient gamma radiation;
- aerosols;
- sunlight.

In some special cases, radon or short-lived and long-lived ( $^{210}\text{Po}$ ) RnDP activity concentration itself, should be considered.

#### 4.6 Range of test parameters

The ranges of parameters for testing the different kind of instruments will be given in the future IEC 61577-2-1, IEC 61577-2-2, IEC 61577-3-1, IEC 61577-3-2.

### 5 Need for a reference atmosphere

#### 5.1 Usual test methods limitations

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

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

However, in some cases these tests may be deficient because the sources used are insufficiently representative of the real phenomenon to be measured.

Whatever radionuclide is chosen, the maximum energy of the alpha particles emitted by an artificial radionuclide does not exceed  $\approx 5,8$  MeV. If the analysis circuits have a non-linear response at energies beyond this value, this artefact would not be detected during any of the above-mentioned tests.  $^{214}\text{Po}$  (RnDP<sub>222</sub>), for example, emits an  $\alpha$ -particle of 7,687 MeV.

The corresponding energy range thus could not be completely tested using the artificial radionuclides.

Moreover, the plate-out effect, the simultaneous sampling and counting system,  $^{222}\text{Rn}$  and  $^{220}\text{Rn}$  simultaneous measurement, and the RnDP aerosol (which is the object of measurement) behaviour cannot be simulated.

Certains instruments, en particulier ceux qui sont utilisés pour l'évaluation de l'activité volumique des descendants du radon, utilisent des algorithmes informatiques basés sur les lois de la décroissance radioactive spécifiques au descendant radioactif en question. Ces algorithmes, eux non plus, ne peuvent pas être essayés en utilisant des sources de radionucléides artificiels à vie longue.

Quant aux appareils de mesure du radon gaz qui ne fonctionnent que par détection de l'émission  $\alpha$  propre au radon, ils ne peuvent évidemment qu'être incomplètement testés à l'aide de gaz radioactifs émetteurs  $\beta$  ou  $\gamma$ .

## 5.2 Mélanges d'isotopes du radon

Dans les atmosphères réelles, nous nous trouvons confrontés à un mélange d'isotopes du radon variés dans des proportions et avec des facteurs d'équilibre variables. Il convient qu'une atmosphère de référence soit capable de contenir de tels mélanges, du moins dans des proportions fixes et définies. Les gammes d'activités volumiques définies dans la future CEI 61577-4 peuvent être utilisées si elles s'appliquent à chaque isotope pris à part. L'énergie alpha potentielle et l'exposition à l'énergie alpha potentielle seront, quant à elles, mesurées, puisqu'il n'y a aucun moyen simple de prédire directement de telles grandeurs.

Dans quelques cas particuliers (par exemple une zone fortement ventilée avec une forte activité volumique du radon, mesure des  $\text{RnDP}_{222}$  en présence de  $\text{RnDP}_{220}$ , mesure des  $\text{RnDP}_{220}$  en présence de  $\text{RnDP}_{222}$ ), on doit considérer l'influence de l'isotope sur le radionucléide mesuré.

## 6 Le concept de STAR

La nécessité d'une atmosphère de référence relève de la nécessité de disposer d'essais complets et standardisés, dans des conditions contrôlées, des appareils de mesure concernés.

Les différents exemples illustrés indiquent la nécessité de disposer d'un dispositif d'essai qui permette d'établir une relation directe avec les éléments à mesurer. Ce dispositif complexe sera composé de quatre parties indissociables:

- le dispositif pour la production de l'atmosphère;
- le dispositif pour contenir l'atmosphère;
- l'atmosphère de référence ainsi créée;
- le matériel et les méthodes pour la surveillance en continu de cette atmosphère;

le tout associé à la traçabilité jusqu'à une organisation ou un laboratoire de référence reconnu.

Pour simplifier le texte de cette norme, un tel système est désigné sous le nom de STAR (Système de Test en Atmosphères contenant du Radon).

La Figure 3 montre la structure générale d'un STAR complet.

Ce système est parfois aussi appelé chambre à radon; ce terme, cependant, n'exprime pas le même concept intégré.

Il est aussi possible que certains STAR ne comprennent que certaines parties du système complet. Par exemple un STAR utilisé uniquement pour les instruments de mesure du radon n'a besoin ni d'un instrument de référence pour la mesure des  $\text{RnDP}$  ni de systèmes pour le contrôle et la mesure de l'aérosol, excepté dans le cas des essais d'instruments utilisant des détecteurs ouverts.

Some instruments, particularly those used for the evaluation of the volume activity of a radon decay product, use computer algorithms based on the decay laws specific to the radioactive decay product in question. These algorithms, too, cannot be checked with the help of sources using long-lived artificial radionuclides.

As for instruments that measure radon gas which operate only by detecting the alpha emission specifically from radon, it is obvious that they can be only incompletely tested using beta- or gamma-emitting radioactive gases.

## 5.2 Mixtures of radon isotopes

In real atmospheres, we are concerned with a mixture of different radon isotopes in varying proportions and with variable equilibrium fractions. A reference atmosphere therefore should be capable of containing such mixtures, at least in fixed and defined proportions. The ranges of volume concentrations defined in the future IEC 61577-4 will be used as if they are applied to each isotope taken separately. The potential alpha energy will be measured, since there is no simple way of predicting it.

In some special cases (i.e. ventilated area with high radon activity concentration,  $RnDP_{222}$  measurement in the presence of  $RnDP_{220}$ ,  $RnDP_{220}$  measurement in the presence of  $RnDP_{222}$ ), the influence of each one on the other shall be considered.

## 6 The concept of STAR

The need for a reference atmosphere arises from the necessity for a complete and standardized testing, under controlled conditions, of the measuring instruments concerned.

The various examples illustrated indicate a need for a test facility related directly to the elements to be measured. Such a facility will consist of four inseparable parts:

- the equipment for producing the atmosphere;
- the equipment for containing the atmosphere;
- the reference atmosphere thus created;
- the equipment and methods for monitoring this atmosphere;

and the whole associated with traceability to a recognized reference organisation or laboratory.

In order to simplify the text of this standard, such a system is referred to as a STAR (System for Test Atmospheres with Radon).

Figure 3 shows the general components of a complete STAR.

It is also sometime called a radon chamber; however, this term does not imply the same integrated concept.

In some cases, STAR may comprise only parts of the complete scheme. As an example, STAR used only for radon instrument testing needs neither reference  $RnDP$  measuring instrument nor aerosol control and measurement systems, except for testing instruments with open detectors.

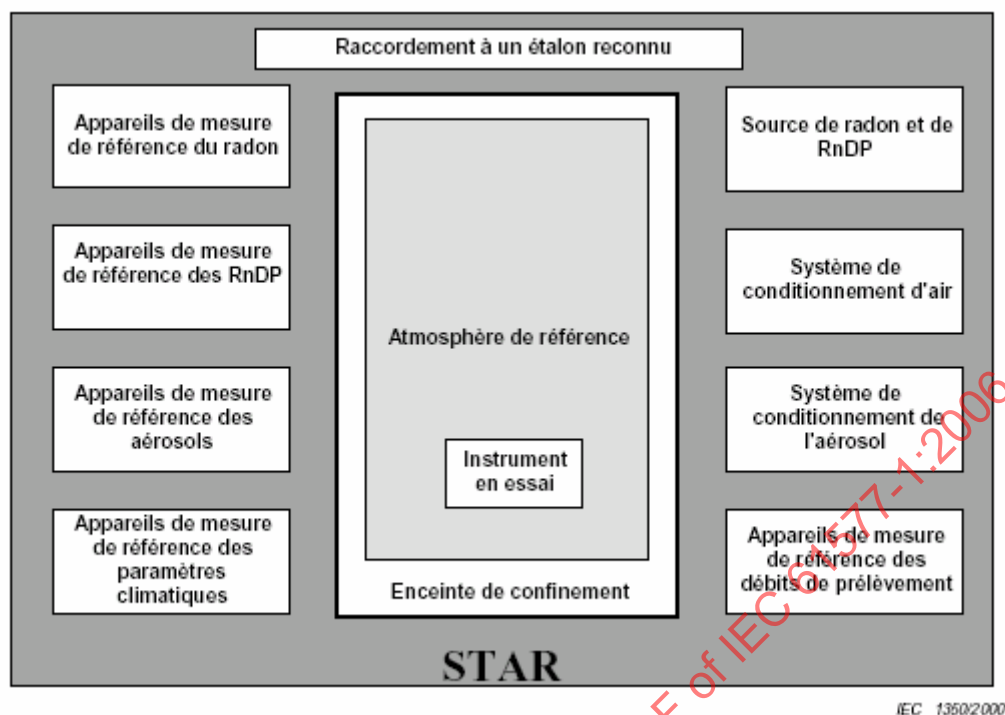


Figure 3 – Constitution d'un STAR

Des exemples de STAR seront présentés dans la future CEI 61577-4.

## 7 Procédures pour les essais des instruments de mesure du radon et des descendants du radon

Ces procédures concernent des exigences spécifiques.

### 7.1 Procédures pour les essais des instruments de mesure du $^{222}\text{Rn}$

Les procédures concernées seront décrites dans la future CEI 61577-2-1. Elles concernent les essais des instruments destinés à la mesure de l'activité volumique du  $^{222}\text{Rn}$  dans l'atmosphère. Ces essais doivent être effectués, avec variations des grandeurs d'influence, en utilisant des atmosphères de référence créées avec un STAR.

### 7.2 Procédures pour les essais des instruments de mesure du $^{220}\text{Rn}$

Les procédures concernées seront décrites dans la future CEI 61577-2-2. Elles concernent les essais des instruments destinés à la mesure de l'activité volumique du  $^{220}\text{Rn}$  dans l'atmosphère. Ces essais doivent être effectués, avec variations des grandeurs d'influence, en utilisant des atmosphères de référence créées avec un STAR.

### 7.3 Procédures pour les essais des instruments de mesure des $\text{RnDP}_{222}$

Les procédures concernées seront décrites dans la future CEI 61577-3-1. Elles concernent les essais des instruments destinés à la mesure de l'activité volumique des  $\text{RnDP}_{222}$  et/ou de l'énergie alpha potentielle volumique. Ces essais doivent aussi être effectués, avec variations des grandeurs d'influence, en utilisant des atmosphères radioactives de référence créées avec un STAR.